



Universidade Federal de Uberlândia
Faculdade de Engenharia Mecânica

Andrey Antonio Rodrigues de Almeida

Plano de Manutenção Preventiva e Preditiva do Protótipo Baja SAE da Equipe Cerrado

Uberlândia
2018



Universidade Federal de Uberlândia
Faculdade de Engenharia Mecânica

Andrey Antonio Rodrigues de Almeida

Plano de Manutenção Preventiva e Preditiva do Protótipo Baja SAE da Equipe Cerrado

Projeto de Fim de Curso apresentado à Faculdade de
Engenharia Mecânica da Universidade Federal de
Uberlândia, como requisito parcial para graduação no
Curso de Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Wisley Falco Sales

Assinatura do Orientador

Uberlândia
2018

Andrey Antonio Rodrigues de Almeida

Plano de Manutenção Preventiva e Preditiva do Protótipo Baja SAE da Equipe Cerrado

Projeto de Fim de Curso apresentado à Faculdade de
Engenharia Mecânica da Universidade Federal de
Uberlândia, como requisito parcial para graduação no
Curso de Engenharia Mecânica.

Uberlândia ____ de _____ de _____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Daniel Dall'Onder dos Santos
Universidade Federal de Uberlândia

Prof. MSc. Leonardo Rosa Ribeiro da Silva
Universidade Federal de Uberlândia

AGRADECIMENTOS

Primeiramente ao Prof. Dr Wisley Falco Sales pela disponibilidade, incentivo e por todo auxílio prestado durante este projeto. Agradeço também a banca examinadora, Prof. Dr. Daniel Dall'Onder dos Santos e Prof. MSc. Leonardo Rosa Ribeiro da Silva pela disposição em avaliar o trabalho.

A Equipe Cerrado por permitir acesso á oficina, aos equipamentos e também pelo apoio dos membros da equipe no decorrer do projeto.

Aos meus familiares pela paciência, motivação e compreensão durante todo o decorrer do curso e principalmente deste trabalho.

RESUMO

Este trabalho apresenta a elaboração de um plano de manutenção preventiva e preditiva para o protótipo off-road Baja SAE da equipe Cerrado de baja da Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Uberlândia, abrangendo conceitos e técnicas de manutenção preventiva e preditiva. Estabelece parâmetros com base na análise do equipamento, nas particularidades de sua utilização em competição, nas características da equipe e no histórico de falhas apresentadas pelo veículo. Sendo definido que as verificações deverão ser realizadas através de roteiros no período pré-competição, a fim de garantir a maior confiabilidade durante as provas. Os roteiros de manutenção estão organizados conforme a estrutura da equipe, contendo as verificações necessárias para minimizar a ocorrência de falhas, com um formato objetivo para facilitar sua utilização.

- Palavras chave

Plano de Manutenção, Manutenção preventiva, Manutenção preditiva, Protótipo Baja SAE.

ABSTRACT

This work aims to present the preparation of a preventive and predictive maintenance plan for the off-road Baja SAE prototype of the Baja Cerrado team of the Faculty of Mechanical Engineering of the Federal University of Uberlândia, covering concepts and techniques of preventive, predictive maintenance. Establishing parameters based on the analysis of the equipment, the particularities of its use in competition, the characteristics of the team and the history of failures presented by the vehicle. It is defined that the checks must be carried out through pre-competition scripts in order to guarantee the highest reliability during the tests. The maintenance routines will be organized according to the team structure, containing the necessary checks to minimize the occurrence of failures, having an objective format to facilitate their use.

- Key words

Maintenance Plan, preventive maintenance, predictive maintenance, Prototype Baja SAE.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Etapas da evolução da manutenção	13
Figura 2: Gráfico de frequência de ocorrência de falhas x tempo	17
Figura 3: Equipe Cerrado durante a competição nacional de 2014	19
Figura 4 - Representação da prova de aceleração e velocidade máxima	21
Figura 5 - Representação da prova de tração	22
Figura 6 - Imagem da prova de lama	22
Figura 7: Ilustrativo da avaliação dinâmica de suspensão	22
Figura 8: Veículos danificados durante o enduro	23
Figura 9: Veículo durante a competição regional de 2014	24
Figura 10: Representação das bandejas da suspensão	24
Figura 11: Lista de componentes da área Suspensão	25
Figura 12: Representação do sistema de direção	26
Figura 13: Lista de componentes da área Direção	27
Figura 14: Representação do sistema de freio	27
Figura 15: Lista de componentes da área Freio	28
Figura 16: Representação do sistema powertrain	28
Figura 17: Lista de componentes da área Powertrain	29
Figura 18: Alguns componentes da Eletrônica	30
Figura 19: Lista de componentes da área Eletrônica	30
Figura 20: Estrutura do veículo 2018	31
Figura 21: Lista de componentes da área Estrutura	32
Figura 22: Lista de componentes do piloto	33
Figura 23: Roteiro para verificações: Testes	38
Figura 21: Roteiro para verificações: Estrutura	39
Figura 22: Roteiro para verificações: Direção	40
Figura 23: Roteiro para verificações: Suspensão	41
Figura 24: Roteiro para verificações: Freio	42

Figura 25: Roteiro para verificações: Powertrain	43
Figura 26: Roteiro para verificações: Eletrônica.....	44
Figura 27: Roteiro para verificações: Piloto	45

LISTA DE ABREVIACOES E SIGLAS

UFU – Universidade Federal de Uberlândia

SAE - Society of Automotive Engineers

CVT – Conjunto de transmisso com relao continuamente variável

EUA – Estados Unidos da América

SENAI – Servio nacional de aprendizagem industrial

CV – Cavalo vapor

TPM - Total Productive Maintenance (Manuteno Produtiva Total)

SUMÁRIO

RESUMO	5
ABSTRACT	6
1 INTRODUÇÃO	12
1.1 OBJETIVO	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1 MANUTENÇÃO	13
2.1.1 HISTÓRIA	13
2.1.2 FORMAS DE MANUTENÇÃO	14
2.1.2.1 MANUTENÇÃO CORRETIVA	14
2.1.2.2 MANUTENÇÃO PREVENTIVA	15
2.1.2.3 MANUTENÇÃO PREDITIVA	15
2.1.2.4 MANUTENÇÃO DETECTIVA	15
2.1.2.5 ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO	16
2.1.2.6 MANTENÇÃO PROATIVA	16
2.1.3 OBJETIVOS DA MANUTENÇÃO	16
2.1.4 FALHAS	17
2.1.5 CONFIABILIDADE	18
2.2 PROTÓTIPO BAJA SAE	18
2.2.1 A COMPETIÇÃO	18
2.2.1.1 HISTÓRICO	18
2.2.1.2 A COMPETIÇÃO PARA OS ALUNOS	19
2.2.1.3 ETAPAS DA COMPETIÇÃO	20
2.2.1.3.1 INSPEÇÃO DE COMFORMIDADE TÉCNICA E SEGURANÇA	20
2.2.1.3.2 APRESENTAÇÃO DO PROJETO	20
2.2.1.3.3 AVALIAÇÕES DE PROJETO DINÂMICO	21
2.2.1.3.4 EVENTOS DINÂMICOS	21
2.2.1.3.5 ENDURO	23
2.2.2 DESCRIÇÃO DO PROTÓTIPO	23
2.2.3 ÁREAS E COMPONENTES	24
2.2.3.1 SUSPENSÃO	24

2.2.3.2	DIREÇÃO	26
2.2.3.3	FREIO	27
2.2.3.4	POWERTRAIN	28
2.2.3.5	ELETRÔNICA	30
2.2.3.6	ESTRUTURA	31
2.2.3.7	PILOTO	33
3	MÉTODO DE MANUTENÇÃO	34
3.1	PARTICULARIDADES	34
3.1.1	ALTA DISPONIBILIDADE	34
3.1.2	BAIXO ORÇAMENTO	34
3.1.3	MÃO DE OBRA NÃO ESPECIALIZADA	34
3.1.4	BAIXA TOLERÂNCIA A FALHAS	35
3.1.5	ALTA ROTATIVIDADE DE MEMBROS DA EQUIPE	35
3.2	PONTOS DE ATENÇÃO	35
3.2.1	LIMPEZA	35
3.2.2	LUBRIFICAÇÃO	36
3.2.3	TRINCAS, AMASSADOS E DEFORMAÇÕES	36
3.2.4	SOLDAS	36
3.2.5	VERIFICAÇÕES IMPORTANTES	37
3.2.6	COMPONENTES A SEREM SUBSTITUÍDOS	37
4	RESULTADOS	38
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	46
5.1	CONCLUSÕES	46
5.2	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	46
6	REFERÊNCIAS	47

1. INTRODUÇÃO

Veículos de competição são severamente exigidos, á busca por redução de peso, aumento de agilidade, melhora na eficiência, dentre outros fatores fazem com que os componentes trabalhem em seus limites. A competição da SAE, apesar de ser estudantil, é igualmente exigente, suas provas são projetadas para levar os veículos ao extremo, não são raros os veículos que capotam, perdem suas rodas ou apresentam outras falhas catastróficas.

Depois de finalizado o projeto e construção do veículo, é a manutenção a única capaz de maximizar a confiabilidade de cada componente, fazendo que estes apresentem desempenho satisfatório durante sua vida útil, e também indicar quando cada componente deve ser reparado ou substituído.

Tratando-se de uma máquina de relativa complexidade, têm-se um elevado número de peças e componentes. Seria inviável confiar a manutenção apenas ao instinto e avaliação dos operadores, se faz necessária uma administração dos vários fatores, e isso se dá através de um plano de manutenção que estabelece critérios, técnicas e períodos para que se realize, verifique e registre cada ação de manutenção.

A competição tem início com as avaliações estáticas, verificando se o veículo está em conformidade com as regras, sendo aprovado, a equipe é autorizada á participar das avaliações dinâmicas onde as capacidades de aceleração, tração, frenagem e manobrabilidade são julgadas. A prova mais severa é a de suspensão que conta com grandes pedras, troncos de árvores e grandes desníveis. São recorrentes os casos de equipes que deixam de participar desta prova por receio de danificar seus veículos e não poderem disputar o enduro final. No enduro a dificuldade do circuito não diminui, sendo determinante para o sucesso nesta prova a confiabilidade dos componentes e do veículo como um todo, são quatros horas de prova percorrendo diferentes obstáculos e somando pontos ao completar cada volta, o veículo com o maior número de voltas ao fim do tempo será o vencedor.

Chegando ao fim da competição são extremamente raros os veículos que passam por todas as provas sem apresentarem falhas, portanto a busca por confiabilidade deve ser contínua ano á ano, pois nesta competição o trabalho não é para que o veículo não falhe, pois isto é quase impossível, a busca é para que apresente apenas falhas de simples solução e em pequeno número.

A escolha do tema deste projeto se deu devido á recorrência de falhas nos componentes do veículo durante as competições, impedindo que a equipe alcançasse seus objetivos. A manutenção puramente corretiva como é utilizada pela equipe hoje, não garante confiabilidade, portanto o método que será apresentado neste trabalho visa desenvolver as práticas de manutenção preventiva e preditiva dentro da equipe.

Serão apresentadas as justificativas, parâmetros e contextos avaliados durante a elaboração dos roteiros de manutenção. Roteiros esses que através de checagens e verificações buscam garantir o ganho de confiabilidade para o protótipo nas competições.

1.1 OBJETIVO

O objetivo deste projeto é elaborar um plano de manutenção para o protótipo off-road denominado Baja SAE, visando um ganho de confiabilidade para o veículo e para a equipe como um todo, devendo este ser de relativa simplicidade para uma fácil e rápida implantação, estabelecendo uma base para que a manutenção evolua constantemente.

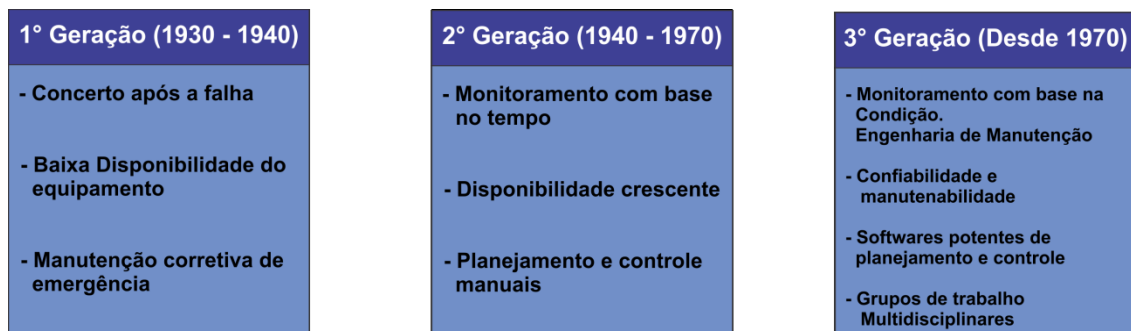
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 MANUTENÇÃO

2.1.1 História

A manutenção, mesmo que inconscientemente, sempre existiu, desde os primórdios da humanidade. Um simples ato de reafiar uma lança de caça, pode ser considerado como um procedimento de manutenção, sendo de grande importância para a consolidação da revolução industrial nos séculos XVIII e XIX e tendo sua importância definitivamente reconhecida durante e após a segunda guerra mundial.

A evolução da Manutenção, segundo Moraes (2004), pode ser dividida em três gerações:



Fonte: MORAES (2004)

Figura 1 – Etapas da evolução da manutenção

1ª geração (1930 a 1940): é caracterizada pelo conserto após a falha ou manutenção emergencial;

2ª geração (1940 a 1970): é caracterizada pela disponibilidade crescente e maior vida útil dos equipamentos, pelas intervenções preventivas baseadas no tempo de uso após a última intervenção, pelo custo elevado de manutenção quando comparado aos benefícios, pelos sistemas manuais de planejamento e registro das tarefas e ocorrências de manutenção e posteriormente pelo início do uso de computadores grandes e lentos para execução dessas tarefas;

3ª geração (Desde 1970): é caracterizada pelo aumento significativo da disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos, pela melhoria na relação entre o custo e o benefício da manutenção, pelas intervenções nos equipamentos baseadas na análise da condição e no risco da falha, pela melhor qualidade dos produtos, pelo controle dos riscos para a segurança e saúde do trabalhador, pela preocupação com o meio ambiente, por computadores portáteis e rápidos com potentes softwares para

intervenções e gerenciamento da manutenção, além do surgimento dos grupos de trabalho multidisciplinares. (MORAES, 2004)

2.1.2 Formas de Manutenção

Os tipos de manutenção são caracterizados pela maneira como são realizadas as intervenções nos equipamentos. A abordagem, planejamento e ações representam um ou outro método, podendo um método ser mais adequado que outro não apenas por suas definições, mas também pela aplicação e contexto.

2.1.2.1 Manutenção corretiva

A manutenção corretiva é considerada a forma mais básica de manutenção, realizando o reparo ou substituição após a ocorrência da falha. Por conta da imprevisibilidade das falhas não é possível eliminar em 100% a utilização desta prática.

Há duas formas de aplicação da manutenção corretiva. A primeira é considerada quando aplicada isoladamente, chamada de manutenção catastrófica ou manutenção bombeiro. A segunda é aplicada como um “complemento residual” da manutenção preventiva, qualquer que seja o nível da preventiva executada, sempre existirá uma parte de falhas que necessitem de ações corretivas. Esse tipo de manutenção corretiva é também denominado manutenção por melhorias. (CURY NETO, 2008 apud MONCHY, 1987)

Para SLACK (2002) a manutenção corretiva “significa deixar as instalações continuarem a operar até que quebrem. O trabalho de manutenção é realizado somente após a quebra do equipamento ter ocorrido [...]”. (SLACK et al. 2002, p. 625)

Kardec e Nascif (2009) dividem a manutenção corretiva em planejada e não planejada, conforme segue:

Manutenção corretiva não planejada:

Caracteriza-se pela atuação da manutenção em fato já ocorrido, seja este uma falha ou um desempenho menor do que o esperado. Não há tempo para preparação do serviço. Normalmente a manutenção corretiva não planejada implica altos custos, pois a quebra inesperada pode acarretar perdas de produção, perda da qualidade do produto e elevados custos indiretos de manutenção.

Manutenção corretiva planejada:

É a correção do desempenho menor do que o esperado ou correção da falha por decisão gerencial. Normalmente a decisão gerencial se baseia na modificação dos parâmetros de condição observados pela manutenção preditiva.

Um trabalho planejado é sempre mais barato, mais rápido e mais seguro do que um trabalho não planejado. E será sempre de melhor qualidade. (KARDEC, NASCIF, 2009)

2.1.2.2 Manutenção preventiva

Como o nome sugere é um método utilizado buscando prever as falhas, realizando as intervenções de forma periódica, garantindo assim maior previsibilidade de gastos e de disponibilidade dos equipamentos.

“Visa eliminar ou reduzir as probabilidades de falhas por manutenção (limpeza, lubrificação, substituição e verificação) das instalações em intervalos de pré planejados” (SLACK et al., 2002, p.645).

Conforme Kardec e Nascif (2009), a Manutenção preventiva:

É a atuação realizada de forma a reduzir ou evitar a falha ou quebra no desempenho, obedecendo a um plano previamente elaborado, baseado em intervalos definidos de tempo. Inversamente à política de manutenção corretiva, a manutenção preventiva procura obstinadamente evitar a ocorrência de falhas, ou seja, procura prevenir. (KARDEC, NASCIF, 2009)

2.1.2.3 Manutenção preditiva

É manutenção que prega o monitoramento constante ou periódico, visando obter um diagnóstico do equipamento, para que se realize a manutenção somente quando realmente for necessário, reduzindo assim os custos e mantendo a eficiência.

Visa realizar manutenção somente quando as instalações precisarem dela. Por exemplo, os equipamentos de processos contínuos, como os usados para cobrir papel fotográfico, funcionam por longos períodos de modo a conseguir a alta utilização necessária para a produção eficiente em custos. (SLACK *et al.* 2002, p.645)

Kardec e Nascif (2009) definem a manutenção preditiva como:

É a atuação realizada com base na modificação de parâmetros de condição ou desempenho, cujo acompanhamento obedece a uma sistemática. Através de técnicas preditivas é feito o monitoramento da condição e a ação de correção, quando necessária, é realizada através de uma manutenção corretiva planejada. (KARDEC, NASCIF, 2009)

2.1.2.4 Manutenção detectiva

Este método de manutenção tem como foco a detecção de falhas ocultas, sendo descrita por Kardec e Nascif (2009) de seguinte forma:

É a atuação efetuada em sistemas de proteção, comando e controle, buscando detectar falhas ocultas ou não perceptíveis ao pessoal de operação e manutenção. Deste modo, tarefas executadas para verificar se um sistema de proteção ainda está funcionando representam a manutenção detectiva. Um exemplo simples e objetivo é o botão de teste de lâmpada de sinalização e alarme em painéis. (KARDEC, NASCIF, 2009)

2.1.2.5 Engenharia de manutenção

É a forma mais completa de manutenção, envolvendo características de administração, gestão de pessoas, gestão da qualidade e outros conceitos.

Adota técnicas modernas de análise e prevenção de falhas e traz uma mudança cultural na forma de pensar a manutenção, com algumas ações como: procurar as causas básicas das quebras, mudar situações permanentes do desempenho das máquinas e equipamentos, melhorar os padrões e as sistemáticas de cuidados e controle de equipamentos. (KARDEC, NASCIF, 2009)

2.1.2.6 Manutenção proativa

A manutenção proativa pode ser facilmente entendida fazendo-se uma analogia com a medicina. Quando na medicina convencional buscam-se formas de tratar os sintomas de um determinado problema podemos compara-la a manutenção corretiva, os exames periódicos realizados para detectar possíveis doenças podem ser vistos como preventivas, o acompanhamento dos batimentos cardíacos, pressão arterial e índices glicêmicos são as preditivas. A proativa pode ser comparada a medicina genética que busca eliminar ou anular o gene causador da doença. As falhas são abordadas não por suas consequências, mas por suas causas.

Ao contrário da manutenção preditiva/preventiva, a manutenção proativa cria ações conetivas que objetivam as causas da falha-raiz, não apenas sintomas. Seu objeto central é aumentar a vida da máquina mecânica ao invés de (1) fazer reparos quando em geral nada está quebrado, (2) aceitar a falha como rotina e normal (3) substituindo a manutenção de falha de crise pela manutenção de falha programada. (FITCH, 2013)

2.1.3 Objetivos da manutenção

A manutenção tem como objetivos principais a redução de custos de produção, e o aumento de confiabilidade do equipamento.

Para SLACK et al. (2002, p.644) estes são os objetivos da manutenção:

- 1) Redução de custos: através da manutenção preventiva podem-se reduzir defeitos, impactando em menos ações corretivas, as quais têm valor de custo mais elevado que as ações de prevenção;
- 2) Maior qualidade de produtos: equipamentos em estado perfeito de funcionamento garantem a qualidade dos produtos finais;
- 3) Maior segurança: setor produtivo limpo e em boas condições de operação propicia maior segurança, confiança e motivação aos trabalhadores;
- 4) Melhor ambiente de trabalho: ambiente de trabalho limpo, seguro e organizado através de atividades da manutenção autônoma, melhoram o nível de trabalho dos funcionários;
- 5) Desenvolvimento profissional: o programa de manutenção produtiva total desenvolve novas habilidades e também crescimento profissional aos trabalhadores pelo seu envolvimento direto nas decisões de aumento de produtividade da empresa;
- 6) Maior vida útil dos equipamentos: o programa objetiva o aumento da vida útil dos equipamentos, através de ações de prevenção e melhorias específicas nos equipamentos;

- 7) Maior confiabilidade dos equipamentos: equipamentos bem cuidados têm intervalos de tempo maiores de uma falha para outra, o que resulta em maior disponibilidade e velocidade de produção;
- 8) Instalações da produção com maior valorização: instalações bem mantidas têm maior valor de mercado;
- 9) Maior poder de investimento: a redução de custos obtida através da TPM relação direta com o aumento de investimentos, o que beneficia os acionistas, os funcionários e a comunidade ao entorno da empresa;
- 10) Preservação do meio ambiente: com o bom regulamento das máquinas, há economia de recursos naturais e diminuição dos impactos ambientais.

2.1.4 Falhas

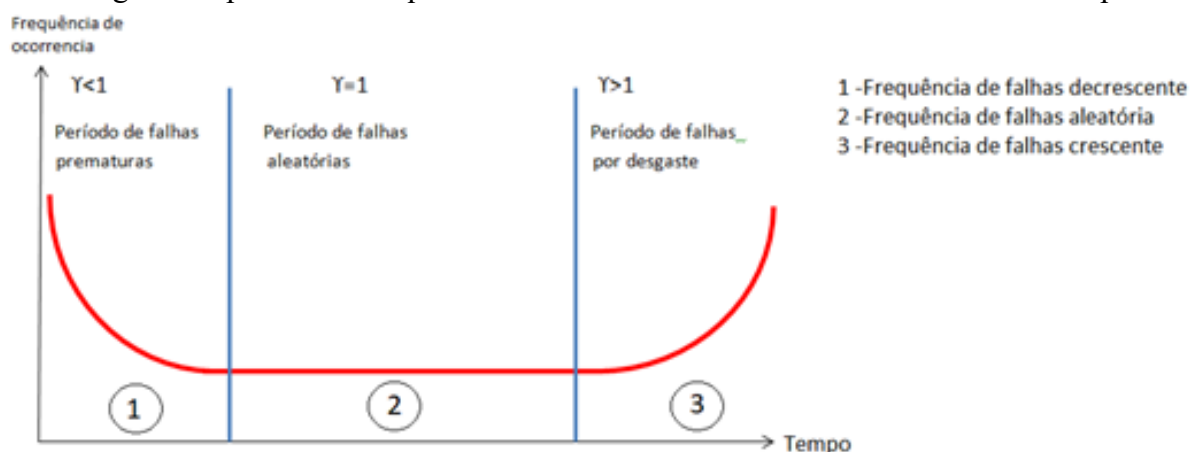
As Falhas são a razão da existência da manutenção, que sempre busca prorrogar, minimizar ou evitá-las, sendo a falha uma condição onde um componente ou um conjunto de componentes se comportam de forma diferente da qual foi projetado.

- 1) Uma condição acidental que faz com que uma unidade funcional não consiga executar sua função.
- 2) Um defeito que causa um mau funcionamento reproduzível ou catastrófico. Um mau funcionamento é considerado reproduzível se ocorre consistentemente sob as mesmas circunstâncias.
- 3) Em sistemas elétricos um curto-circuito (total ou parcial) não intencional entre condutores não energizados, ou entre um condutor e o terra. Nesses sistemas, uma distinção pode ser feita entre falhas simétricas e assimétricas. (FEDERAL STANDARD 1037C, EUA)

As interrupções da função do equipamento também podem ser definidas como mau funcionamento ou avarias.

- a) Avarias abruptas: – fatais: mais de três horas de duração; – de longa duração: mais de uma hora; – gerais: de cinco a dez minutos; – menores: menos de cinco minutos.
- b) Avarias por deterioração: inicialmente não levam à parada, mas ao longo do tempo comprometem a função do equipamento: – por deterioração funcional; – por deterioração da qualidade. (MORAES, 1993, p.10)

A Figura 2 representa a frequência de ocorrência de falhas com o decorrer do tempo.



Fonte: Moraes 2004

Figura 2 – Gráfico de frequência de ocorrência de falhas x tempo

Nos últimos anos as falhas foram recorrentes nas participações da Equipe Cerrado nas competições, foram também determinantes para que a equipe não obtivesse o resultado esperado, mesmo que algumas das falhas tenham origem em erros de projeto, com uma verificação adequada teriam sido detectadas e minimizadas.

Na competição regional 2014 houveram duas falhas principais, uma do suporte da pinça de freio, que quebrou durante a prova de frenagem e a outra o rompimento da corrente que se deu por falta de alinhamento do sistema de transmissão. Embora sejam dois problemas distintos havia um modo único para evita-los, a manutenção. Se na ocasião uma verificação fosse realizada estes problemas seriam detectados e medidas seriam tomadas a fim de minimiza-los. Um caso que demonstra muito bem como a falta de manutenção é diretamente responsável pelas falhas, ocorreu durante a competição regional 2016, quando a equipe não conseguiu fazer o motor funcionar por falta de inspeção e manutenção.

Outras falhas também ocorreram nas competições nacionais de 2017 e 2018, com quebra de componentes da suspensão, transmissão, direção e estrutura. Além dos diversos casos ocorridos durante os testes. Isto comprova a grande incidência e gravidade das falhas que seriam evitadas ou ao menos minimizadas com a aplicação dos conceitos de manutenção.

2.1.5 Confiabilidade

Para Kardec e Nascif (2009) a confiabilidade é:

“A capacidade de um item desempenhar uma função requerida sob condições especificadas, durante um intervalo de tempo.” E também “ a probabilidade de um item desempenhar uma função requerida sob condições definidas de uso durante um intervalo de tempo estabelecido.”

2.2 – PROTÓTIPO BAJA SAE

2.2.1 A competição

2.2.1.1 Histórico

Conforme a SAE:

O projeto Baja SAE foi criado na Universidade da Carolina do Sul, Estados Unidos, sob a direção do Dr. John F. Stevens, sendo que a primeira competição ocorreu em 1976. O ano de 1991 marcou o início das atividades da SAE BRASIL, que, em 1994, lançava o Projeto Baja SAE BRASIL.

No ano seguinte, em 1995, era realizada a primeira competição nacional, na pista Guido Caloi, bairro do Ibirapuera, cidade de São Paulo. No ano seguinte a competição foi transferida para o Autódromo de Interlagos, onde ficaria até o ano de 2002. A partir de 2003 a competição passou a ser realizada em Piracicaba, interior de São Paulo, no ECPA – Esporte Clube Piracicabano de Automobilismo.

Desde 1997 a SAE BRASIL também apoia a realização de eventos regionais do Baja SAE BRASIL, através de suas Seções Regionais. Desde então dezenas de eventos foram realizados em vários estados do país como Rio Grande do Sul, São Paulo, Minas Gerais e Bahia. (SAE BRASIL, 2018)

2.2.1.2 A competição para os alunos

O Programa Baja SAE é um desafio estudantil com o objetivo de promover aos participantes uma experiência de aplicar na prática seus conhecimentos adquiridos academicamente, sob a forma de um processo integrado de desenvolvimento, garantindo excelência no âmbito internacional. A sua preparação para o mercado de trabalho e uma vivência real no desenvolvimento de um projeto são os seus principais aspectos. No Brasil, o projeto recebe o nome de Programa Baja SAE BRASIL. Para participar da Competição Baja SAE BRASIL, cada equipe deve projetar e construir um veículo monoposto, fora-de-estrada, esportivo, cuja estrutura contenha o condutor. (SAE BRASIL, 2018)

Além de todo o conhecimento técnico adquirido durante a competição vale destacar também o trabalho em equipe e a interação entre as equipes que apesar de competirem entre si, auxiliam umas as outras para que todas alcancem seus objetivos, como exemplo temos um caso ocorrido na competição regional de 2014. Quando a pinça de freio da Equipe Cerrado quebrou outra equipe forneceu uma pinça nova sem requerer nada em troca.

Na figura 3 pode-se ver a Equipe Cerrado após o primeiro dia de competição no Nacional de 2014, onde mesmo com diversas dificuldades a equipe permaneceu unida trabalhando para que o veículo tivesse condições de participar das provas.



Fonte: Arquivo da Equipe Cerrado
Figura 3- Equipe Cerrado durante a competição nacional de 2014

O projeto BAJA SAE tem seu ápice nas competições nacional e regional, sendo realizadas a cada ano, tendo assim o veículo duas competições por ano, o nacional geralmente no mês de março e o regional em setembro. Porém é na preparação para a competição que está o maior aprendizado para os alunos. Projetar, construir e testar um veículo envolve muito mais que cálculos e ferramentas, o trabalho em equipe é o principal fator para o sucesso ou insucesso nesta jornada, a equipe deve trabalhar com sinergia em busca de recursos financeiros para a construção do veículo que apesar de simples demanda alto investimento. O projeto do veículo é dividido em áreas: Suspensão e Direção, Powertrain, Freio, Estrutura, Eletrônica e Marketing. As equipes de cada área trabalham juntas para que as necessidades e dificuldades possam ser superadas e tenham como resultado um veículo que atenda todos os requisitos.

2.2.1.3 Etapas da Competição

A competição é dividida em etapas, com cada etapa tendo sua importância na pontuação final e concedendo ao veículo a aprovação para participar das etapas subsequentes. A primeira prova realizada ainda na oficina da equipe é a redação do relatório de projeto, descrevendo todo o desenvolvimento do protótipo. A próxima etapa, já no local da competição, é a inspeção de conformidade técnica e segurança, seguida pela apresentação do projeto, avaliações dinâmicas e por fim, o ápice, o enduro.

“O Relatório de Projeto é um documento escrito que deve apresentar de forma clara, limpa e organizada as considerações de engenharia e os processos utilizados no desenvolvimento de cada sistema.” (SAE BRASIL, 2018)

2.2.1.3.1 Inspeção de conformidade técnica e segurança

Nesta etapa os juízes da SAE avaliam se o veículo encontra-se dentro das regras pré-estabelecidas, determinando assim se o veículo satisfaz os requisitos mínimos de segurança. Caso haja alguma divergência a equipe tem um prazo para corrigir, e retorna para nova avaliação. Nesta etapa também são solicitados a ficha de inspeção da gaiola, ficha de inspeção técnica e segurança e o manual do motor.

A ficha de inspeção técnica e segurança é um checklist que a equipe deve preencher avaliando se o protótipo encontra-se dentro das regras, estas verificações não têm como objetivo garantir a confiabilidade do veículo, mas sim, atestar que os requisitos mínimos de segurança são atendidos, garantindo assim segurança ao piloto. Ainda dentro desta etapa é realizada a verificação dos freios e a capacidade do veículo para transpor obstáculos.

“Apenas veículos aprovados na Inspeção de Conformidade Técnica e Segurança serão liberados para participar dos Eventos Dinâmicos e do Enduro de Resistência. Esta aprovação também é necessária para que um veículo possa andar sob própria potência na competição.” (SAE BRASIL, 2018)

2.2.1.3.2 Apresentação do projeto

Durante a apresentação do projeto os membros da equipe, divididos por áreas, devem expor o desenvolvimento do projeto para um time de juízes. Esta apresentação deve estar de acordo com o relatório já elaborado e com o veículo apresentado na competição, justificando as soluções adotadas pela equipe. Nesta etapa também há a apresentação da área Marketing, que deve expor um plano para a comercialização em massa do veículo, abordando temas como plano de vendas, design, plano de fabricação, fluxo de caixa, entre outros.

“O projeto apresentado como aquele que seria produzido em massa não pode ser incompatível com o projeto real do protótipo levado à competição. Diferenças deverão ser justificadas tecnicamente.” (SAE BRASIL, 2018)

2.2.1.3.3 Avaliações de projeto dinâmico

Esta etapa tem como o objetivo comprovar a capacidade dinâmica do protótipo, na avaliação o veículo é pilotado por um juiz da SAE que julga a ergonomia, acessibilidade e esforços necessários para operar o veículo. Em caso de aprovação nesta e nas etapas anteriores o veículo estará apto a participar dos eventos dinâmicos e do enduro.

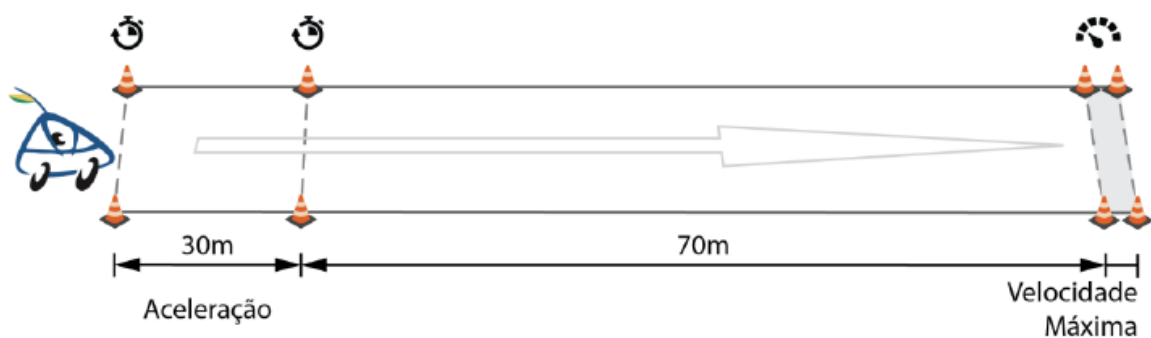
2.2.1.3.4 Eventos dinâmicos

“Os eventos dinâmicos destinam-se a avaliar o funcionamento dos veículos sob uma variedade de condições.” (SAE BRASIL, 2018)

Os eventos dinâmicos são compostos pelas provas de aceleração e velocidade máxima (figura 4), tração (figura 5), lama (figura 6), suspensão e por fim a prova de manobrabilidade. A prova mais desafiadora dentre as citadas a cima é a de suspensão, pois contém os obstáculos mais severos e representam um enorme risco a integridade do veículo (figura 7), esta prova é de tamanha dificuldade que algumas equipes optam por não participar, mesmo deixando de pontuar, para não correrem o risco de terem seus carros danificados ficando assim impedidos de participar do enduro final.

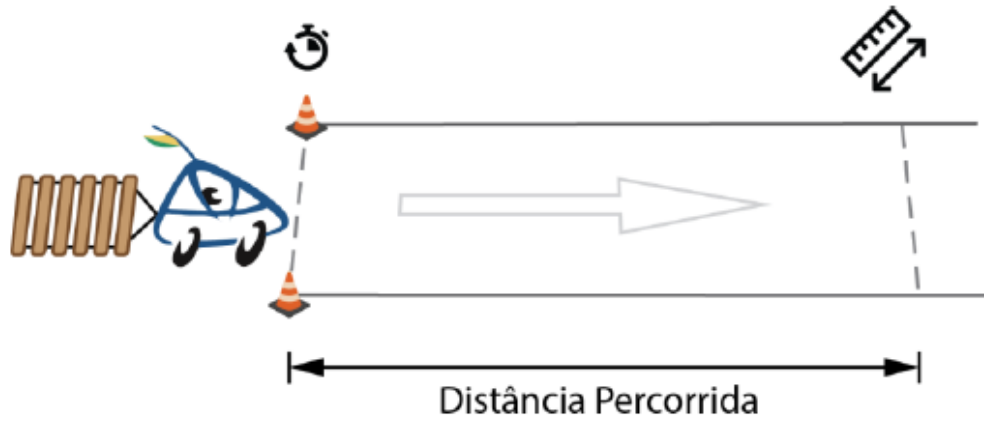
Esta avaliação consiste em percorrer um traçado sinuoso e com obstáculos onde será testada a capacidade de manobras e tração do veículo. O percurso da prova pode conter curvas abertas e fechadas, subidas, descidas, inclinações e obstáculos como areia, lama, pedras, troncos de árvore, etc. (SAE BRASIL, 2018)

Sobre a prova de manobrabilidade a SAE (2018) a descreve como, “Este evento consiste de um percurso sinuoso e tem como objetivo avaliar a capacidade do veículo ser manobrado em um traçado estreito e com curvas de raio pequeno”.



Fonte: Regulamento da competição nacional 2018 Baja SAE

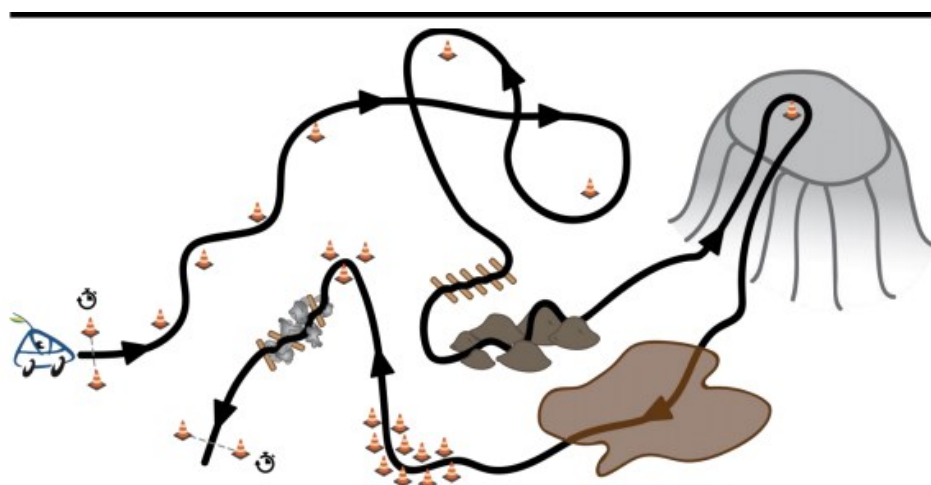
Figura 4 - Representação da prova de aceleração e velocidade máxima



Fonte: Regulamento da competição nacional 2018
Figura 5 - Representação da prova de tração



Fonte: Regulamento da competição nacional 2018
Figura 6 - Imagem da prova de lama



Fonte: Regulamento da competição nacional 2017 Baja SAE
Figura 7 - Ilustrativo da prova de suspensão

2.2.1.3.5 Enduro

O enduro é a prova final e a mais aguardada por todas as equipes, uma corrida de resistência na qual o veículo que completar a maior quantidade de voltas dentro de quatro horas é o vencedor. Como pode-se ver na figura 8, é comum os veículos se danificarem durante o enduro, sendo normalmente o vencedor aquele que não apresentar falhas ou aquele que as corrigir rapidamente.

“No Enduro de Resistência, os veículos devem completar voltas em uma pista de terreno irregular, fora de estrada, com obstáculos, em qualquer condição climática, por um período de 4 horas.” (SAE BRASIL, 2018)



Fonte: Arquivo da Equipe Cerrado
Figura 8 - Veículos danificados durante o enduro

2.2.2 Descrição do protótipo

O objeto deste estudo é um Protótipo Baja SAE, um veículo monoposto, fora-de-estrada, esportivo, cuja estrutura contenha o condutor. O veículo deve ser confiável, de fácil manutenção, econômico e ergonômico. Construído em estrutura tubular o veículo utiliza um motor de origem estacionária, com a potência de 10 cv transmitida às duas rodas traseiras por um conjunto CVT e duas reduções por coroas dentadas. Possui um conjunto com duas bandejas e um amortecedor em cada roda, formando assim o sistema de suspensão. O direcionamento do veículo se dá por um volante que transmite a solicitação do piloto às rodas por meio de uma caixa de direção. A frenagem é realizada pela compressão de três pinças flutuantes, sendo uma em cada roda dianteira e uma no eixo traseiro.

2.2.3 Áreas e componentes:

Apesar do veículo ser dividido em áreas para seu projeto e construção, a sinergia entre elas é de suma importância para o sucesso do protótipo, uma área não existe sem a outra e cada um dessas tem influência direta sobre as outras. A figura 9 mostra o veículo em funcionamento durante a competição regional de 2014.



Fonte: Arquivo da Equipe Cerrado
Figura 9 - Veículo durante a competição regional de 2014

2.2.3.1 Suspensão

As funções básicas de um sistema de suspensão veicular são absorver as vibrações e os impactos provenientes das rodas, proporcionar conforto aos ocupantes, garantir contato permanente das rodas com o solo e ainda atuar como um filtro mecânico, permitindo ou rejeitando determinadas frequências.



Fonte: Arquivo da Equipe Cerrado
Figura 10 - Representação das bandejas da suspensão

Durante a competição a suspensão é uma das áreas mais exigidas, pois é a responsável por fazer o veículo superar os diversos obstáculos encontrados e garantir controle e estabilidade mesmo nos terrenos mais acidentados. Neste protótipo tem-se tanto a suspensão dianteira como a traseira sendo do tipo “Duplo-A” contendo um conjunto de duas bandejas, um amortecedor e uma manga de eixo em cada roda. O sistema é conectado ao veículo por meio de cinco pontos de fixação, que permitem a movimentação do sistema na direção pré-determinada para que possa absorver as irregularidades do terreno, na figura 11 tem-se a listagem dos componentes de suspensão.

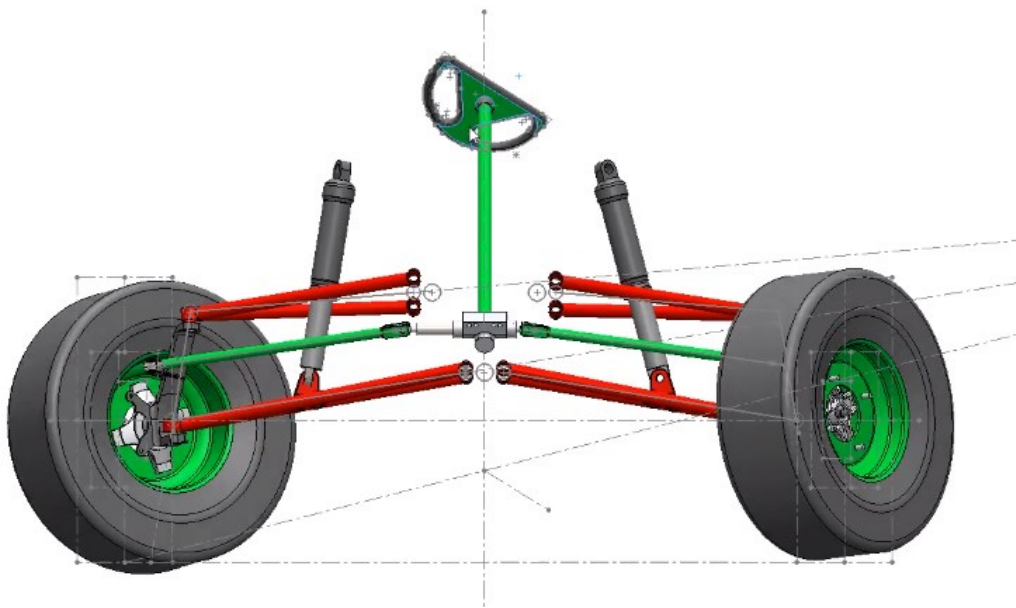
Quantidade	Descrição
Suspensão Dianteira	
2	Amortecedores Fox Float 3 Evol R
4	Ball joints M16 (Fixação na Manga com parafuso M8)
4	Bandejas (Aço 1020 Diâmetro 1" espessura 3,17mm)
8	Buchas das bandejas
2	Cubos de Roda
2	Mangas de Eixo (Honda TRX 400EX)
2	Rodas
2	Pneus
Suspensão Traseira	
2	Amortecedores Fox Float 3 Evol R
4	Bandejas (Aço 1020 Diam 1")
8	Buchas das bandejas
2	Mangas de Eixo (Yamaha Rhino)
2	Cubos de roda
2	Rodas
2	Pneus

Figura 11 - Lista de componentes da área Suspensão

No sistema de suspensão os pontos críticos são as bandejas que estão sujeitas a grandes esforços e podem vir a falhar, como já ocorreu durante testes e durante a competição nacional de 2017. Outro componente que exige atenção são os ball joints por serem peças articuladas necessitam de limpeza e lubrificação para um funcionamento eficaz. Os amortecedores são os componentes mais complexos dessa área e possuem alto valor, por isto, requerem cuidados especiais, sendo indicado buscar mão de obra especializada para efetuar reparos quando necessário. Além dos cuidados já citados também é necessário avaliar a fixação de cada componente. Após analisar o sistema de suspensão como um todo e cada componente que o compõe foi possível elaborar o roteiro para a manutenção da área, figura 26.

2.2.3.2 Direção

Como o próprio nome sugere o sistema de direção é o responsável pelo direcionamento, fazendo com que o piloto tenha o controle sobre a movimentação do veículo. Um bom sistema de direção permite ao veículo realizar manobras bruscas em espaços curtos com rapidez, e também manter a estabilidade do veículo em qualquer velocidade sem comprometer segurança. A manobrabilidade é um fator importante durante a competição, pois o veículo precisa percorrer trajetórias sinuosas e curvas agressivas. A capacidade de realizar manobras em um curto espaço é um requisito para que o veículo tenha um bom desempenho nas competições. Para o projeto do sistema de direção são considerados muitos parâmetros sendo necessária a realização de simulações como a da figura 12, para um bom projeto.



Fonte: Arquivo da Equipe Cerrado
Figura 12 - Representação do sistema de direção

Na figura 13 tem-se a listagem dos componentes da área Direção, sendo um sistema compacto não contém tantos componentes como outras áreas, mas nem por isto requer menor cuidado, tendo a caixa de direção e seus adaptadores como principal ponto de atenção, pois já vieram a falhar durante a competição nacional de 2018. Conhecendo os componentes e cuidados que requerem foi elaborado o roteiro da figura 25.

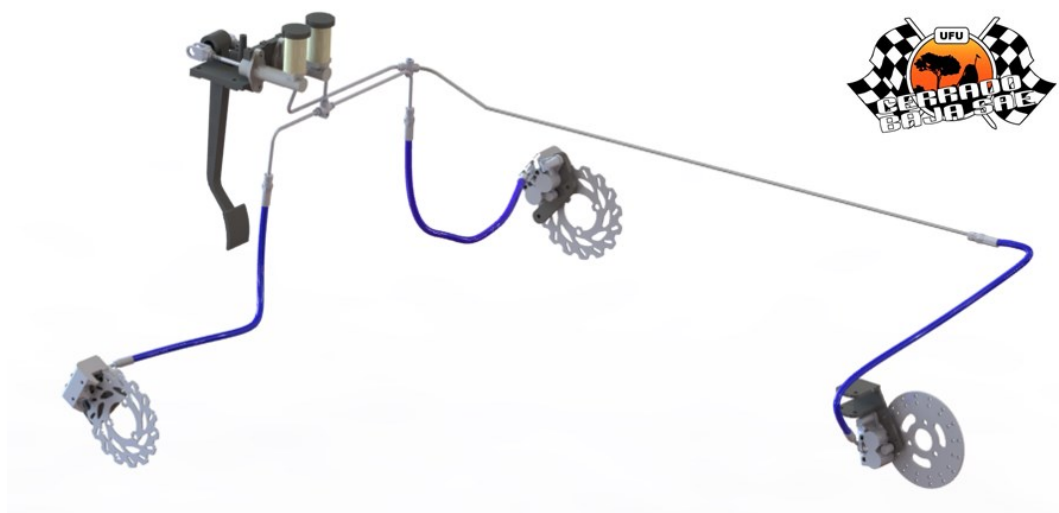
Quantidade	Descrição
Sistema de Direção	
4	Ball joints (fixação na cremalheira com M10 e na manga com M8)
1	Caixa direção (Pinhão-cremalheira, 0,75 volta para cada lado)
1	Eixo para fixação do volante
1	Eixo/coluna de direção (Ligação volante ao pinhão)
2	Juntas Universais (junção do volante com eixo de direção e do eixo com o pinhão)
2	Limitadores de direção
1	Parafuso M5 (Fixação do eixo do volante com uma das juntas universais)
2	Parafusos M8 longos para fixação da caixa
1	Rolamento cônico com uma carreira de rolos cônicos
1	Rolamento Esférico com uma carreira de esferas
1	Volante

Figura 13 - Lista de componentes da área Direção

2.2.3.3 Freio

É o sistema responsável pela desaceleração do veículo, de suma importância para a manobrabilidade e segurança. O freio é acionado por meio de um pedal, que comprime o fluido acionando as pinças flutuantes que comprimem os discos transformando energia cinética em térmica por meio do atrito, fazendo assim o veículo desacelerar. Havendo uma prova durante a competição na qual o veículo precisa travar as quatro rodas em um curto espaço estabelecido.

Como pode-se ver na figura 14 o veículo conta com três conjuntos de pinça e disco, localizados em cada roda dianteira e no eixo traseiro, um pedal, dois cilindros mestres, dois reservatórios de fluido e a tubulação que contém o fluido entre os êmbolos e as pinças.



Fonte: Arquivo da Equipe Cerrado
 Figura 14 - Representação do sistema de freio

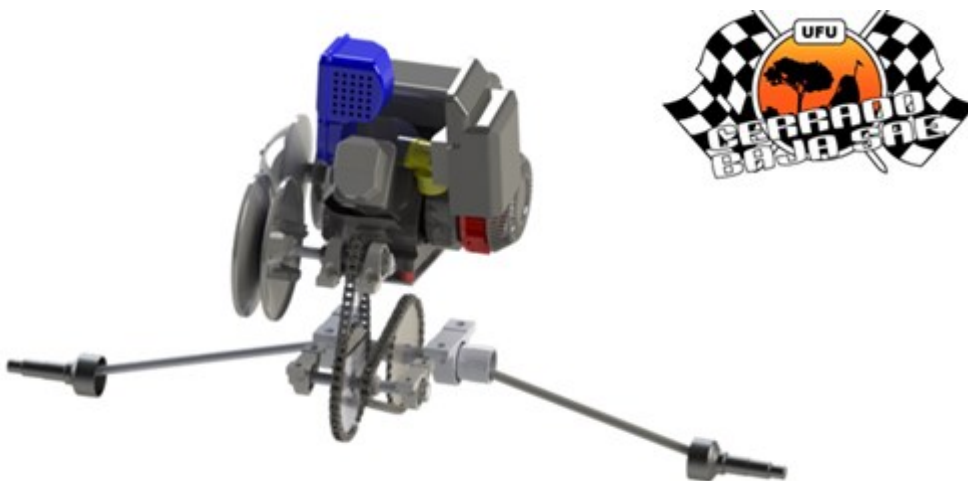
Quantidade	Descrição
Sistema de freio	
1	Balance Bar (Willwood)
2	Cilindro mestre
2	Disco de freio dianteiro
1	Disco de freio traseiro
500 ml	Fluido de freio DOT3
3 m	Linha de freio (Rígido)
3	Linha de freio Flexível com 40 cm
3 pares	Pastilhas de freio
1	Pedal do freio
3	Pinça de freio CBX250 Twister
3	Suporte de pinça

Figura 15 - Lista de componentes da área Freio

Na competição regional de 2014 o suporte da pinça e a própria pinça apresentaram falhas, portanto conhecendo os componentes da figura 15 pode-se afirmar que as pinça e seus suportes são os pontos de atenção da área. As verificações do roteiro da figura 27 visam minimizar as falhas desta área.

2.2.3.4 Powertrain

Na tradução literal, trem de força, o powertrain é o responsável pela geração e transmissão de potência, que é gerada no motor, transmitida pela CVT para o segundo conjunto transmissor, que por sua vez transfere para as homocinéticas e conseqüentemente para as rodas, a potência exigida para a movimentação do veículo. Como pode-se ver na figura 16, o motor e os sistemas de transmissão a ele acoplados formam esta área.



Fonte: Arquivo da Equipe Cerrado
 Figura 16 - Representação do sistema powertrain

Quantidade	Descrição
Powertrain	
1	Cabo de aço do acelerador
1	Correia para CVT
4	Coxins do motor
1	CVT Comet 790
2	Eixo com estrias externas (conjunto redutor)
1	Eixo com estrias internas (luva)
1	Flange 20 mm
1	flange 30 mm
1	Flange fixação da coroa (furo 20 mm)
2	homocinética/semi-eixo Yamaha Rhino 450
2	Kit Transmissão CBX 250 (com corrente)
1	Limitador de curso do acelerador
1 m	Mangueira de combustível
1	Motor Briggs & Stratton 10HP modelo 20S232
1	Pedal do acelerador
1	Tanque de combustível
1	Suporte do tanque de combustível

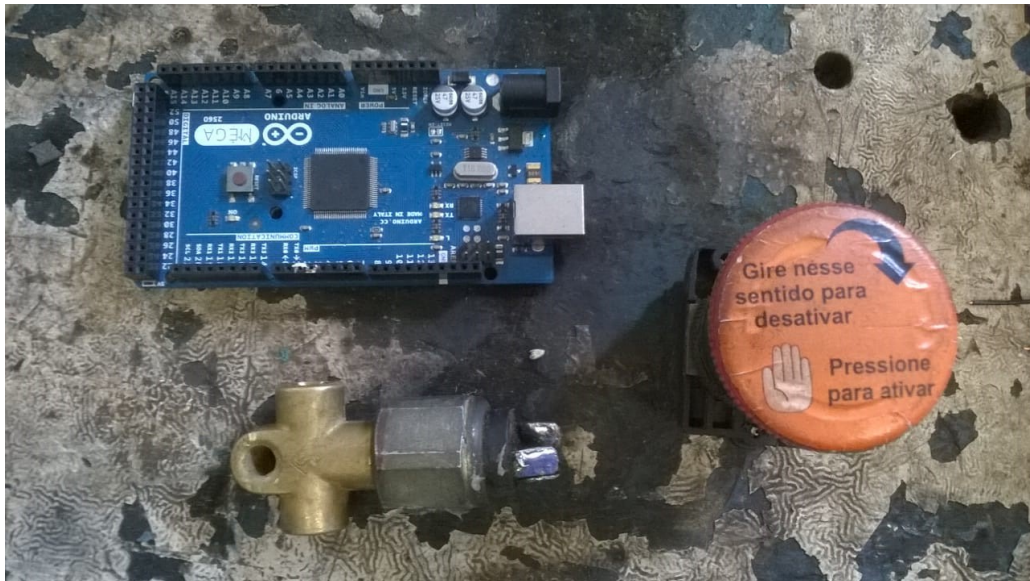
Figura 17 - Lista de componentes da área Powertrain

Composto pelo motor, transmissão do tipo CVT, uma segunda transmissão por correntes, mancais de rolamento, homocinéticas. e os demais itens da imagem 17. Esta área tem o motor com o principal componente, sendo que este não é construído nem projetado pela equipe, é um modelo padrão para todas as equipes. Por ser um componente produzido industrialmente ele apresenta boa confiabilidade desde que tenha correta manutenção e uso. O motor por ter um alto valor e restrições das regras para seus reparos e regulagens, deve ser manuseado com cuidado, sendo indicada no roteiro da figura 28 a utilização de mão de obra especializada.

Apesar de o motor ser o principal componente é a transmissão por correntes o ponto de atenção da área, pois já apresentou falhas nas competições regional 2014 e nacional 2015, com o rompimento da corrente.

2.2.3.5 Eletrônica

Esta área é responsável por ações básicas como o acionamento da luz de freio, mas também por ações complexas e tão importantes quanto, como o sensoriamento do veículo. É ela a responsável pela instalação de sensores para a captação e processamento de dados que fornecem para a equipe informações valiosas a respeito do funcionamento do veículo. Pode-se ver na figura 18 alguns dos componentes que compõe esta área.



Fonte: Arquivo da Equipe Cerrado
 Figura 18 - Alguns componentes da Eletrônica

Quantidade	Descrição
Eletrônica	
1	Arduino ATMEGA 2560
1	Bateria chumbo ácido 12 V 7Ah
1	Display ST7920 128x64 pixels
1	Fusível de 1A
22	Cabos AWG de 2 e 4 vias (bitola 1mm ²)
2	Interruptor acionado pela pressão do fluido de freio (cebolinha)
1	Luz de freio automotiva de led 12V
1	Fita led laranja 12V
1	Sensor indutivo I18-5-DPC
2	Sensor capacitivo C188DNC
1	Sensor de temperatura DS18B20
2	Kill Switch modelo cogumelo
1	Suporte para a bateria
1	Placa com circuitos de tratamento de sinal dos sensores e regulação de tensão
1	Suporte para display
1	Central elétrica automotiva

Figura 19 - Lista de componentes da área Eletrônica

Composta dos itens listados na imagem 19 a Eletrônica tem como objetivo inicial o funcionamento da luz de freio e dos botões de emergência, sem estes o carro fica impedido de participar da competição. Porém apesar de não serem obrigatórios os sensores e processadores fornecem parâmetros valiosos para a avaliação e desenvolvimento do projeto. Na figura 29 tem-se as verificações indicadas para esta área, com destaque aos botões de emergência e luz de freio por serem itens obrigatórios para a competição.

2.2.3.6 Estrutura

A estrutura é a base de todo o veículo e da união de todas outras áreas, tem como objetivo fornecer segurança ao piloto, rigidez, robustez e leveza.

Construída a partir de tubos de aço 4130, a estrutura da figura 20, foi projetada de modo a cumprir todos os requisitos da competição, sendo as posições e ângulos de alguns tubos pré-determinados, de modo que forneça a maior rigidez com o menor peso, além de integrar de forma sinérgica todos os outros componentes inclusive o piloto.



Fonte: Arquivo da Equipe Cerrado
Figura 20 - Estrutura do veículo 2018

Como pode-se ver na figura 21, a área Estrutura é responsável por outros itens além da gaiola, devendo esta área atentar-se às soldas utilizadas na união dos elementos. Soldas representam descontinuidades na estrutura e conseqüentemente pontos de concentração de tensão, assim são recorrentes falhas nas uniões soldadas. O roteiro da figura 24 apresenta verificações para que as falhas na estrutura sejam minimizadas.

Quantidade	Descrição
Estrutura	
1	Assento do banco
12	Botões de pressão 12 mm
1	Capô
2	Carenagens de polipropileno 2.0mm
1	Parede corta-fogo
1	Chapa de aço 0.9mm (sob assento)
1	Chapa de alumínio (sob pedais)
1	Chapa do tanque (aço 0.9 mm)
1	Chapa frontal (aço 0.9 mm)
1	Chapéu / Teto (Polipropileno 2.0 mm)
1	Encosto de cabeça
1	Encosto do banco
1	Gaiola em aço 4130
2	Painel para adesivo da Petrobrás (PP 2.0 mm)
1	Proteção do tanque (aço 0.9 mm)
2	Proteções dos cintos de segurança (aço 0.9mm)
2	Retrovisores
2 m	Velcro
2	Pontos de reboque
1	Haste da bandeira
1	Suporte para extintor
1	Extintor
1	Conjunto de proteção das partes móveis do powertrain

Figura 21 - Lista de componentes da área Estrutura

2.2.3.7 Piloto

Os componentes listados na figura 22 não fazem parte diretamente de nenhuma das áreas da equipe, porém a importância deles para a segurança do piloto foi determinante para a elaboração do roteiro de verificações da figura 30.

Quantidade	Descrição
Itens de segurança do piloto	
1	Cinto de segurança de 5 pontos
8m	Espuma de proteção
1	Capacete
1	Restritores de braço
1	Macacão
1	Calçado fechado
1	Luvas
1	Óculos

Figura 22 - Lista de componentes do Piloto

Dentre estes componentes vale chamar atenção para o prazo de validade e condição do cinto de segurança e capacete, pois além das regras serem rígidas quanto a isto, a vida do piloto depende diretamente deles em caso de acidente.

3. MÉTODO DE MANUTENÇÃO

3.1 PARTICULARIDADES

Não existe um método definitivo de manutenção, cada equipamento possui suas particularidades, assim o plano de manutenção deve ser adequado a cada contexto. Dois equipamentos iguais em ambientes diferentes apresentarão utilizações e necessidades diferentes. Assim foram levantadas as particularidades que neste caso são importantes para o desenvolvimento do plano de manutenção.

3.1.1 Alta disponibilidade

Em uma indústria tem-se equipamentos de uso contínuo, que suas paradas para manutenção geram custos, pois deixam de produzir. Assim o planejamento deve ser realizado pela equipe de manutenção em conjunto com a equipe de produção, estabelecendo datas e critérios para realizar as manutenções no equipamento. No caso da equipe Cerrado o veículo passa grande parte do ano parado na oficina, reduzindo assim a possibilidade de efetuar-se um monitoramento contínuo, por outro lado o veículo estando sempre disponível facilita a realização de verificações. Portanto a disponibilidade equipamento não é um problema neste caso.

3.1.2 Baixo orçamento

A Equipe Cerrado não conta com grande orçamento para o projeto, construção e manutenção do protótipo. O projeto que apesar de aparentemente simples demanda grande quantia para sua realização, assim a manutenção deve ser planejada e realizada de maneira que a equipe consiga efetuar-la de forma eficiente com pouco custo. Por se tratar de um protótipo o veículo possui alguns componentes com alto valor, assim deve-se tratar estes componentes com cautela no momento da manutenção, sendo indicado terceirizar a manutenção por conta do risco de danificar estes componentes.

3.1.3 Mão de obra não especializada

O veículo é planejado e construído por alunos da Universidade Federal de Uberlândia, que apesar de contar com auxílio de professores e técnicos da universidade não possuem conhecimentos técnicos suficientes para desmontar e aplicar a correta manutenção em alguns itens do veículo.

3.1.4 Baixa tolerância a falhas

Um equipamento de competição exige grande confiabilidade no período de provas, diferente da indústria que utiliza parâmetros como quilômetros rodados e tempo de utilização como critérios para a manutenção, este caso pede outra abordagem. As verificações devem ser realizadas utilizando como critério a data da competição, devendo ser realizadas com antecedência, para que exatamente durante esta é que se tenha a maior confiabilidade. Portando aproximadamente um mês antes da competição devem iniciar-se as verificações, desde que o projeto esteja finalizado e construído. Durante as competições não se pode correr riscos.

3.1.5 Alta rotatividade de membros da equipe

No decorrer do projeto alguns membros, por diferentes motivos, se desligam da equipe. Havendo assim a necessidade de repor a mão de obra perdida são realizados processos seletivos na busca por novos membros. Neste processo de troca de membros grande parte de informação é perdida, fazendo-se necessário o registro das atividades de manutenção. Arquivando os roteiros de forma organizada e segura tem-se a construção de um banco de dados rico em informações, que serão úteis durante as próximas manutenções e também será uma base de informação para novos projetos.

3.2 PONTOS DE ATENÇÃO

Apesar de existir a necessidade de uma avaliação personalizada para cada equipamento, alguns fatores são comuns para a maioria deles, estabelecendo os pontos de atenção. Pontos estes que determinam o caminho pelo qual a manutenção seguirá, pois as necessidades impostas por estes pontos são a base para o desenvolvimento do plano de manutenção.

3.2.1 Limpeza

Sujeira, detritos e corpos estranhos são a causa de inúmeras falhas, reduzem, contaminam ou eliminam a lubrificação, inserem elementos abrasivos, elevando o atrito de forma geral. Além do efeito psicológico sobre os trabalhadores, um ambiente pouco salutar reduz a motivação e eleva a indiferença de toda equipe. Assim a limpeza deve ser primordial, tanto no aspecto macro (lavar o carro e a oficina) como no micro (limpar cada peça separadamente). Apesar de simples a limpeza requer alguns cuidados. Cada peça deve ser avaliada quanto seu material e sua utilização. Solventes e materiais abrasivos devem ser utilizados com cautela.

3.2.2 Lubrificação

Todo componente ou conjunto desses que possuam movimentação e contato está sujeito ao atrito, que na maioria das vezes é indesejado por ser um potencializador de desgastes. No entanto o atrito nunca é evitado por completo, cabendo apenas minimizar seu efeito e suas consequências. Cada componente exige uma lubrificação adequada ao seu ambiente e às suas características de funcionamento, assim, não existe um lubrificante ideal para todas as aplicações, deve-se atentar aos manuais dos fabricantes e utilizar os lubrificantes recomendados por estes.

3.2.3 Trincas, amassados e deformações

Um veículo off- road de competição é exposto a obstáculos e provas que levam seus componentes ao extremo não sendo anormal colisões, saltos, e até mesmo capotagens que levem os componentes a falhar. Trincas, amassados e deformações, quando não representam falhas, são indicativos que esta está prestes a ocorrer. Assim, ao realizar a desmontagem e limpeza dos componentes, deve-se atentar a presença destas anomalias.

Amassados e deformações podem em alguns casos não serem tão comprometedores quanto as trincas, porém mesmo que não representem risco iminente de falha eles representam mudanças na geometria das peças e isto pode comprometer toda a dinâmica do veículo, portanto não devem ser desprezados.

3.2.4 Soldas

Se tratando de uma estrutura tubular em sua maioria soldada, deve-se atentar às soldas, muitas vezes uma simples inspeção visual e dimensional é capaz de detectar problemas graves, devendo ser realizada mesmo durante a fabricação da estrutura, para Ferraresi (2018),

É um tipo de inspeção de fácil aplicação, rápido e barato (não requer equipamentos especiais). O ensaio visual é usado em soldas para garantir:

- A preparação adequada da junta, ajustagem apropriada, conformidade com o procedimento, etc.;
- O controle durante a soldagem para minimizar ou eliminar as discontinuidades;
- A detecção de discontinuidades superficiais;
- A conformidade dimensional das soldas;
- A conformidade das soldas com as especificações. O ensaio visual é usado em componentes fabricados ou itens para determinar:
 - A quantidade, tamanho e formato dos itens;
 - A presença de trincas e discontinuidades inaceitáveis expostas;

(FERRARESI, 2018)

Como este procedimento depende da habilidade do inspetor, é aconselhado que a equipe conte ao menos com um membro capacitado para estas inspeções, podendo este ser treinado pelos professores da própria faculdade.

Além disso, uma inspeção mais detalhada deve ser realizada em pontos críticos e em locais que vierem a sofrer impactos de maior magnitude como quando o veículo vem a colidir ou capotar. Um método muito utilizado é o ensaio por líquido penetrante.

3.2.5 Verificações importantes

Existem verificações que apesar de simples são de extrema importância para garantir a segurança do veículo e do piloto. Assim, foi proposto também um checklist para a verificação antes de qualquer uso, mesmo que se trate de um curto teste. A não verificação destes itens representa um risco grave para o veículo, para o piloto e para as demais pessoas que acompanham os testes, este checklist pode ser visto na figura 23.

3.2.6 Componentes a serem substituídos

Alguns itens mesmo que não apresentem desgastes têm vida útil limitada pelo tempo, como por exemplo, os dispositivos de segurança utilizados pelo piloto, óleo e filtros do motor, fluidos de freio e alguns outros itens. Portanto mesmo que o tempo em funcionamento do veículo seja curto é necessária a substituição destes componentes. Estas substituições previnem falhas catastróficas que trariam a custos mais elevados.

Na figura 24 tem-se o roteiro a ser utilizado pela área de Estrutura na realização da manutenção, ressaltando a importância das verificações das soldas visto que estas podem comprometer a estrutura como um todo.

Equipe Cerrado de Baja			
Roteiro de Manutenção - Estrutura			
Responsável pela verificação: _____			
Data: ___ / ___ / ___		Precede competição ___ Nacional ___ Regional	
V	Verificado OK	T	Trocar peças ou reparar
N°	DESCRIÇÃO		V ou T
Verificações com o veículo desmontado			
1	Desmontar e limpar todos componentes		
2	Realizar a verificação das soldas quanto a trincas		
3	Nos pontos de fixação da suspensão, direção, freio, motor e cinto de segurança realizar inspeção minuciosa das soldas, se possível com líquido penetrante		
4	Caso a estrutura tenha sofrido algum choque excessivo (colisões e capotamento) realizar a inspeção minuciosa dos pontos de solda		
5	Verificar existência de amassados e trincas nas tubulações		
6	Verificar trincas, rasgos e amassados nas carenagens		
7	Verificar tubulação e soldas quanto a oxidações		
8	Realizar a pintura da estrutura para evitar oxidação		
Verificações com o veículo montado			
9	Verificar capô quanto a trincas, amassados e fixação		
10	Verificar vedação da parede corta fogo		
11	Verificar fixação das carenagens		
12	Verificar fixação do suporte do extintor		
13	Verificar a integridade e funcionamento dos pontos de reboque		
14	Verificar assoalho quanto a trincas, amassados e fixação		
15	Verificar estanqueidade e escoamento do conjunto de proteção do tanque de combustível		
16	Verificar trincas, amassados e fixação do tanque de combustível		
17	Verificar fixação dos retrovisores		
18	Verificar fixação da luz de freio		
19	Verificar fixação e integridade da haste da bandeira		
20	Verificar trincas, amassados e fixação do conjunto de proteção das partes móveis do powertrain		
21	Verificar fixação e integridade do assento do piloto		
Observações (Ações adotadas para corrigir as falhas detectadas)			
Este documento deve ser arquivado			

Figura 24 - Roteiro para verificações: Estrutura

O roteiro de manutenção da área Direção exposto na figura 25 deve ser utilizado minuciosamente sabendo que estes componentes já apresentaram falhas em competições, assim realizando estas verificações a confiabilidade da área será melhorada.

Equipe Cerrado de Baja		
Roteiro de Manutenção - Direção		
Responsável pela verificação: _____		
Data: ___ / ___ / ___ Precede competição <input type="checkbox"/> Nacional <input type="checkbox"/> Regional		
V	Verificado OK	T Trocar peças ou reparar
N°	DESCRIÇÃO	V ou T
Verificações com o veículo desmontado		
1	Desmontar e limpar todos componentes	
2	Verificar se há vazamento da lubrificação da caixa de direção	
3	Verificar trincas e desgastes na caixa de direção	
4	Verificar trincas e empenamentos nas barras de direção	
5	Verificar rosca interna das barras de direção	
6	Verificar desgaste dos estriados internos das juntas da coluna de direção	
7	Verificar trincas, desgastes e empenamento da coluna de direção	
8	Verificar desgaste dos estriados externos da coluna de direção	
9	Verificar e lubrificar rolamentos do volante	
10	Verificar trincas e empenamento do volante	
11	Verificar desgaste do revestimento do volante	
12	Verificar funcionamento dos terminais rotulares das barras de direção	
13	Verificar desgaste e trincas nos adaptadores das barras de direção	
14	Verificar movimentação e integridade dos terminais rotulares da barra de direção	
Verificações com o veículo montado		
15	Verificar fixação do conjunto coluna e volante	
16	Verificar fixação da caixa e das barras de direção	
Observações (Ações adotadas para corrigir as falhas detectadas)		
Este documento deve ser arquivado		

Figura 25 - Roteiro para verificações: Direção

A área Suspensão por ser uma das mais exigidas durante a competição, inclusive vindo a falhar no nacional de 2017, tem suas verificações focadas nos componentes mais críticos e em suas regulagens.

Equipe Cerrado de Baja			
Roteiro de Manutenção - Suspensão			
Responsável pela verificação: _____			
Data: ____ / ____ / ____		Precede competição _____ Nacional _____ Regional	
V	Verificado OK	T	Trocar peças ou reparar
Nº	DESCRIÇÃO		V ou T
Verificações com o veículo desmontado			
1	Desmontar e limpar todos componentes		
2	Verificar empenamentos ou deformações nas bandejas		
3	Verificar cordões de solda das bandejas		
4	Verificar a existência de trincas nos tubos das bandejas		
5	Verificar a existência de folga nas buchas		
6	Verificar desgaste interno e externo das buchas		
7	Lubrificar os terminais rotulares		
8	Verificar Desgastes que dificultem o funcionamento dos terminais rotulares		
9	Verificar a existência de trincas nos terminais rotulares		
10	Verificar a condição dos fios de rosca dos terminais rotulares		
11	Verificar trincas, amassados e deformações nos cubos de roda e mangas de eixo		
12	Verificar estado dos rolamentos dos cubos e mangas de eixo		
13	Lubrificar partes móveis dos cubos		
14	Retirar os pneus das rodas para verificar a parte interna dos pneus		
15	Verificar os pneus interna e externamente quanto a desgaste excessivo		
16	Verificar o funcionamento da válvula quanto a vazamentos		
17	Verificar trincas e amassados nas rodas		
18	Efetuar o balanceamento dos conjuntos de rodas e pneus		
Verificações com o veículo montado			
19	Calibrar os amortecedores iniciando pelo Evol (não exceder 300PSI)		
20	Calibrar câmara principal (não exceder 150 PSI)		
21	Verificar a existência de vazamento no amortecedor (Existindo vazamentos ou outros problemas deve-se encaminhar os amortecedores a uma oficina especializada)		
22	Calibrar os pneus		
Observações (procedimentos realizados para corrigir as falhas detectadas)			
Este documento deve ser arquivado			

Figura 26 - Roteiro para verificações: Suspensão

O roteiro mostrado na figura abaixo lista as verificações propostas para a área Freio, visando garantir o correto e eficiente funcionamento dos componentes durante as competições, deve-se atentar às pinças e seus suportes tendo em vista as falhas já apresentadas por estes componentes.

Equipe Cerrado de Baja			
Roteiro de Manutenção - Freio			
Responsável pela verificação: _____			
Data: ___/___/___		Precede competição ___ Nacional ___ Regional	
V	Verificado OK	T	Trocar peças ou reparar
N°	DESCRIÇÃO		V ou T
Verificações com o veículo desmontado			
1	Desmontar e limpar todos componentes		
2	Verificar regulagem do sistema de balanço dos êmbolos		
3	Substituir o fluido de freio (efetuar o "sangramento" do sistema eliminando o ar contido nas tubulações)		
4	Verificar trincas e amassados nas tubulações		
5	Verificar trincas no reservatório do fluido		
6	Verificar vedação das tampas do reservatório do fluido		
7	Verificar o desgaste das pastilhas de freio (observar indicação na pastilha)		
8	Verificar trincas e desgastes no suporte das pinças de freio		
9	Verificar empenamento e desgaste dos discos		
Verificações com o veículo montado			
10	Verificar fixação e integridade do pedal de freio		
11	Verificar vazamento nas conexões da tubulação		
12	Verificar fixação da tubulação na estrutura do veículo		
13	Verificar fixação dos discos de freio		
14	Verificar fixação das pinças de freio		
Observações (Ações adotadas para corrigir as falhas detectadas)			
Este documento deve ser arquivado			

Figura 27 - Roteiro para verificações: Freio

A área Powertrain por sua complexidade e grande número de componentes tem o maior número de verificações propostas, e esta área pode ser a que apresente o maior ganho de confiabilidade. Sabendo que tem apresentado falhas recorrentes o roteiro visa reduzir a probabilidade de ocorrência durante a competição. Ressaltando a indicação de terceirizar a manutenção do motor por sua complexidade e alto custo. Portanto segue o roteiro Powertrain na figura 28.

Equipe Cerrado de Baja			
Roteiro de Manutenção - Powertrain			
Responsável pela verificação:			
Data: / /		Precede competição	Nacional Regional
V	Verificado OK	T	Trocar peças ou reparar
Nº	DESCRIÇÃO	V ou T	
Verificações com o veículo desmontado			
1	Desmontar e limpar todos componentes		
2	Verificar desgaste do cabo do acelerador		
3	Verificar desgaste do conduíte do cabo do acelerador		
4	Verificar integridade da mangueira de combustível		
5	Verificar as conexões da mangueira de combustível		
6	Verificar tanque de combustível quanto a trincas e amassados		
7	Limpar e lubrificar todos os mancais		
8	Verificar a integridade dos mancais quanto a trincas		
9	Verificar a condição de todos os rolamentos (trincas, empenados, dificuldade de movimentação)		
10	Verificar os eixos da transmissão quanto a trincas e deformações		
11	Verificar deformações e trincas nos estriados externos dos eixos		
12	Verificar rodas dentadas quanto a trincas, falta ou deformação de dentes		
13	Verificar condição das correntes (se há alguma deformação ou desgaste nos elos)		
14	Substituir as correntes quando a variação do comprimento atingir aproximadamente 3% do comprimento original		
15	A cada desmontagem inverter o sentido da corrente para maximizar sua vida útil		
16	Verificar coifas das homocinéticas quanto a rasgos (se houver rasgos é necessário desmontar, realizar a limpeza do mecanismo interno retirando toda graxa e lubrificar novamente com graxa não		
17	Verificar desgaste nos estriados das homocinéticas		
18	Verificar desgaste no eixo com estriado interno ("luva")		
19	Verificar deformações e trincas nas chavetas dos eixos da transmissão		
20	Verificar desgaste e deformação dos coxins do motor		
21	Verificar correia da CVT quanto a desgaste e deformação (não lubrificar a correia ou as polias)		
22	Verificar integridade e funcionamento das molas da CVT		
23	Verificar a existência de trincas e ranhuras nas polias da CVT		
25	Realizar a troca de óleo do motor antes de cada competição (SAE 20W-50)		
26	Verificar se há vazamento de óleo na junta de vedação		
27	Verificar condição da vela do motor		
28	Substituir o conjunto de elementos do filtro de ar		
29	Substituir o filtro de combustível uma vez ao ano		
30	Verificar o desgaste da corda de partida do motor		
31	Verificar se há trincas e amassados no conjunto de escape		
32	Verificar integridade e encaixe do cabo de vela		
33	Verificar trincas e desgastes no eixo do motor		
Verificações com o veículo montado			
34	Verificar fixação e integridade do pedal do acelerador		
35	Verificar integridade e funcionamento do batente do acelerador		
36	Verificar movimentação do governador (quando acionado deve ir ao máximo, quando não acionado deve permanecer no mínimo)		
37	Verificar o funcionamento do motor em marcha lenta		
38	Verificar fixação do conjunto do tanque de combustível		
39	Verificar alinhamento das correntes		
40	Realizar a lubrificação das correntes		
41	Antes de qualquer utilização verificar o correto acoplamento das homocinéticas		
42	Verificar alinhamento das polias da CVT		
43	Verificar fixação do escapamento		
44	Verificar se há fuga de gases pelo encaixe do conjunto de escape no motor		
45	Verificar funcionamento da alavanca do "afogador" do motor		
46	Verificar fixação da carenagem do motor		
Observações (Ações adotadas para corrigir as falhas detectadas)			
Este documento deve ser arquivado			

Figura 28 - Roteiro para verificações: Powertrain

O roteiro de manutenção da área Eletrônica tem suas verificações voltadas a garantir o funcionamento dos itens obrigatórios por regra como os botões de emergência e também os componentes de sensoriamento e controle.

Equipe Cerrado de Baja		
Roteiro de Manutenção - Eletrônica		
Responsável pela verificação: _____		
Data: ___/___/___ Precede competição ___ Nacional ___ Regional		
V	Verificado OK	T Trocar peças ou reparar
Nº	DESCRIÇÃO	V ou T
Verificações com o veículo desmontado		
1	Verificar integridade do fusível de proteção	
2	Desmontar e limpar todos componentes	
3	Verificar carga da bateria	
4	Verificar trincas, amassados e isolamento no suporte da bateria	
5	Verificar continuidade dos condutores elétricos	
6	Verificar isolamento, trincas e amassados na central elétrica	
7	Verificar funcionamento microcontrolador	
8	Verificar integridade e a continuidade das trilhas da placa mãe	
Verificações com o veículo montado		
9	Verificar funcionamento do interruptor de pressão do fluido de freio ("cebolinha")	
10	Verificar funcionamento do sensor indutivo	
11	Verificar o funcionamento dos sensores capacitivos	
12	Verificar o funcionamento do sensor de temperatura do motor	
13	Verificar todas funcionalidades do display	
14	Verificar funcionamento da luz de freio	
15	Verificar o funcionamento dos botões de emergência	
16	Verificar o funcionamento do botão de acionamento dos faróis	
17	Verificar funcionamento dos faróis	
18	Verificar o isolamento e a integridade das conexões elétricas	
Observações (Ações adotadas para corrigir as falhas detectadas)		
Este documento deve ser arquivado		

Figura 29 - Roteiro para verificações: Eletrônica

Os equipamentos do Piloto são importantes e necessários para a segurança do condutor do veículo, assim as verificações do roteiro apresentado na figura abaixo fizeram-se necessárias mesmo que estes componentes não façam parte diretamente das divisões da equipe.

Equipe Cerrado de Baja			
Roteiro de Manutenção - Piloto			
Responsável pela verificação: _____			
Data: ____ / ____ / ____		Precede competição <input type="checkbox"/> Nacional <input type="checkbox"/> Regional	
V	Verificado OK	T	Trocar peças ou reparar
Nº	DESCRIÇÃO	V ou T	
Verificações com o veículo desmontado			
1	Lavar macacão, luvas e balaclava do piloto		
2	Limpar capacete e protetor de pescoço		
3	Verificar se existem rasgos no macacão, luva e balaclava		
4	Verificar desgaste e prazo de validade do capacete		
5	Verificar cinto de segurança quanto a desgaste e data de validade		
6	Verificar desgaste dos restritores de braço (alergas)		
7	Verificar óculos quanto a quebrados e trincas		
8	Verificar funcionamento do sistema de limpeza dos óculos		
9	O piloto deve utilizar meias e calçados de material que não propague chamas		
10	Verificar desgaste do banco e encosto de cabeça do piloto		
11	Verificar nível de carga e validade do extintor		
Verificações com o veículo montado			
12	Verificar desgaste e fixação das espumas de proteção do piloto		
13	Verificar existência de pontos cortantes dentro e fora do cockpit		
14	Verificar mecanismo de trava do cinto de segurança		
Observações (Ações adotadas para corrigir as falhas detectadas)			
Este documento deve ser arquivado			

Figura 30 - Roteiro para verificações: Piloto

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 CONCLUSÕES

Concluindo este projeto, pode-se considerar que os objetivos foram alcançados, sendo apresentadas todas as considerações e justificativas para chegar a este método e aos roteiros apresentados. Abordando de uma forma geral e focando em cada área pode-se ter uma melhor compreensão dos componentes do veículo e os cuidados que cada um exige. Do mesmo modo que as falhas ocorridas até a redação deste trabalho foram importantes, as que vierem a ocorrer também devem ser analisadas e os roteiros adequados para estas.

A aplicação desde plano de manutenção ficará a cargo da Equipe Cerrado com todo o auxílio e suporte do autor deste trabalho. Espera-se que este trabalho possa contribuir para a constante evolução do Projeto da Equipe Cerrado, que tão importante foi na jornada acadêmica deste autor.

5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Sendo o orçamento um fator limitante e determinante no decorrer do projeto, ficará a cargo da equipe determinar o quanto poderá aprofundar-se nas técnicas e métodos de manutenção. Em épocas de maior disponibilidade financeira é de extrema importância o investimento em novas técnicas e ferramentas de manutenção. Sabe-se que em engenharia como um todo, o surgimento de novas ferramentas e métodos é rápido e constante, assim um método que hoje se faz inviável, em um futuro próximo poderá ser utilizado.

Conforme o projeto do veículo se alterar ao decorrer dos anos, o plano de manutenção também deve ser revisto incluindo ou excluindo verificações conforme necessário for.

6. REFERÊNCIAS

COSTA, A. H. ; MARUYAMA, M. H. ; INGRACI NETO, R. R. **Manutenção Preditiva**. 2014. Disponível em: http://wwwp.feb.unesp.br/jcandido/manutencao/Grupo_8.pdf. Acesso em: 20 mai. 2018.

CURY NETTO, W. A. **A importância e a aplicabilidade da manutenção produtiva total (TPM) nas indústrias**. 2008. 53 f. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção)- Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2008.

DELGADO, N. ; LARANJEIRAS, J. **Apostila do Motor**. Equipe Mangue Baja. UFPE – CTG – DEMEC – Laboratório de Engenharia da Mobilidade. Recife/PE. 2008. Disponível em: <https://www.ufpe.br/demec/infraestrutura>. Acesso em: 20 mai. 2018.

FERRARESI, V. A. **Ensaio visual e dimensional**. Material didático. 2014. Disponível em: <ftp://ftp.mecanica.ufu.br/LIVRE/Valtair%20-%20END/INSPE%C7%C3O%20VISUAL-%20ABS%20-%20Valtair-ufu.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2018

FERRARESI, V. A. **Ensaio por líquido penetrante**. Anotações de aula. Disponível em: <ftp://ftp.mecanica.ufu.br/LIVRE/Valtair%20-20END/L%CDQUIDO%20PENETRANTE.pdf>. Acesso em: 13 dez. 2017

FITCH, J. C. **Manutenção proativa pode economizar 10 vezes mais do que práticas de manutenção preditiva/preventiva convencionais** Disponível em: <http://www.ufjf.br/seguranca/files/2013/12/Manuten%C3%A7%C3%A3o-proativa.pdf>. Acesso em 25 jun. 2018

KARDEC, A.; NASCIF J. **Manutenção: função estratégica**. 3ª edição. Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobrás, 2009. 384 p.

MANUAL FLOAT 3 EVOL R . **CHRIS BURANDT SIGNATURE SERIES OWNERS MANUAL**. s/d. Disponível em: http://www.ridefox.com/fox17/dl/snow/605-00-123_Rev%20B.pdf. Acesso em: 20 mai. 2018.

MATUOKA, P .O. **Manutenção Mecânica**. Transmissão Por Correias x Transmissão Por Correntes. Slides. 2018. Disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAgPhsAC/manutencao-mecanica-correia-s-correntes>. Acesso em: 20 mai. 2018.

MONCHY, F. **A Função Manutenção**. São Paulo: Durban, 1987.

MORAES, P. H. de A. **Manutenção produtiva total: estudo de caso em uma empresa automobilística**. Taubaté: UNITAU, 2004.

SAE BRASIL, **Regulamento Administrativo e Técnico 2018**. Disponível em http://portal.saebrasil.org.br/Portals/0/PE/BAJA-2018/RATBSB_emenda_01.pdf. Acesso em: 01 de fev. 2018

SENAI, **Módulos especiais - Mecânica**. Material didático extraído do módulo “Manutenção” telecurso profissionalizante 2000. 2018. Disponível em: <http://bmalbert.yolasite.com/resources/Manuten%C3%A7%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 20 mai. 2018.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 2002.

SOUZA, A. V. de ; GOMES, J. C.; FERNANDES, R. S. **Manutenção e lubrificação de equipamentos**. Qualidade da mão de obra na manutenção. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. 2012. Disponível em: <http://energycold.com.br/public/img/upload/fabricante-18/Conceito%20de%20manuten%C3%A7%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 20 mai. 2018.