

PLANEJAMENTO, DESENVOLVIMENTO, FABRICAÇÃO E MONTAGEM DE UM PROTÓTIPO VEÍCULAR FORA DE ESTRADA (OFF ROAD)

Marina Langoni Linares, mlangoni@id.uff.br¹
Filipe de Bona Sartor, filipesartor@hotmail.com¹
Douglas Avila Silva de Oliveira, cidaou_mouffron@hotmail.com¹
Antonio José Oliveira Cabral, ajoc@metal.eeimvr.uff.br¹
Adauto Martins de Assis, adauto@metal.eeimvr.uff.br¹

¹Universidade Federal Fluminense, Avenida dos Trabalhadores, n° 420, Vila Santa Cecília, CEP 27.255-125, Volta Redonda RJ, Brasil

Resumo: Este artigo visa o desenvolvimento do projeto de um protótipo veicular fora de estrada realizado por alunos de cursos de graduação em engenharia para participar das Competições Baja SAE Brasil (nacional e etapa sudeste). Para isto, precisam-se atender os requisitos da SAE: ser capaz de superar obstáculos em diversos terrenos; ser eficiente e resistente, suportar vários tipos de esforços de modo seguro, ser um produto comercialmente atrativo ao público entusiasta e ter baixo custo. Ainda, busca-se a interação de alunos graduandos de engenharia com o cotidiano de um profissional desta área. As etapas utilizadas e suas principais características são: Etapa de Planejamento os alunos foram agrupados em sete subgrupos, que são: Gerenciamento e Controle do Projeto; Captação de Recursos e Marketing; Estrutura e Carenagem; Freio e Rodas; Suspensão e Direção; Transmissão e Motor; Sistema Elétrico e telemetria. Cada subgrupo ficou encarregado de desenvolver melhorias e soluções para o protótipo nas respectivas áreas do projeto. Então com os grupos formado partiu-se para fase de concepção nesta fase realizam-se estudos, análise e pesquisas para propor uma estrutura idealizada do projeto (Projeto Conceitual). Decidido o que se almeja construir passa-se para fase de aprofundamento teórico com planejamento, pesquisas, análise e cálculos. Esta fase é o Detalhamento do projeto, que para sua execução realizam-se planejamento, pesquisas modelagens, simulações, fabricações, compras, montagem, testes e ajustes finais. Nesta última fase são levantados os problemas encontrados em cada etapa e meios para resolvê-los. No desenvolvimento técnico do projeto, foram usados softwares do tipo CAD/CAE para interface gráfica das modelagens, simulações das cargas e esforços que alguma peça sofrerá em seu trabalho, modificações e inovações propostas para o protótipo e também. Assim, foram fornecidos resultados que possibilitaram validar a escolha de materiais e peças, no que diz respeito à sua eficiência e confiabilidade.

Palavras-chave: engenharia automotiva, protótipo veicular, planejamento, gerenciamento de projeto, veículo off road

1. INTRODUÇÃO

Um projeto deve ter uma metodologia organizacional para que se possa desenvolver um produto ou serviço, que no presente caso é desenvolvimento de um protótipo veicular fora de estrada para participar nas Competições Baja SAE Brasil (Nacional e etapa sudeste) seguindo o regulamento proposto pela SAE Brasil.

A equipe de trabalho é dividida em Administrativo e Técnica. O Administrativo encontra-se subdividido em Gerenciamento do Projeto e Controle do desenvolvimento; Marketing, Captação de Recursos e Compras; A Técnica divide-se em relação aos subsistemas do protótipo, sendo estes: Estrutura e Carenagem; Freio e Rodas; Suspensão e Direção; Transmissão e Motor; e Telecomunicações, Sistema Elétrico e telemetria. Assis et. al. (2011) e Assis et. al. (2012).

A subdivisão Gerenciamento de Projeto e Controle do desenvolvimento planeja o trabalho da equipe, tendo em vista prazos e recursos, e garante a realização deste. A equipe do Marketing, Captação de Recursos e Compras divulga o projeto, compra materiais e arrecada recursos. m Assis et. al. (2011) e Assis et. al. (2012).

A equipe da subdivisão Estrutura e Carenagem constrói uma gaiola que acopla os subsistemas do veículo e garante o conforto e a segurança do piloto, seguindo as normas do regulamento. A equipe da Subdivisão de Freio e Rodas tem foco na especificação dos pneus e rodas e projeta um sistema que realiza a parada total do veículo na menor distância possível de forma controlada e confortável para o piloto. A equipe da subdivisão Suspensão e Direção cria uma suspensão que resista às oscilações de terrenos irregulares com eficiência e segurança, e faz um sistema de direção confortável ao piloto e de boa manobrabilidade. A equipe da subdivisão de Telecomunicações, Sistema Elétrico e telemetria garante o controle das variáveis do protótipo, melhorando a visibilidade dos problemas encontrados, além de ser responsável pela comunicação piloto-equipe via rádios comunicadores. A equipe da subdivisão de Transmissão

projeta um sistema capaz de transferir a potência do motor para as rodas com a maior eficiência possível. . Assis et. al. (2011) e Assis et. al. (2012). RBSB 5 (2012), RBSB 7 (2011) e RBSB 9 (2011) e RBSB 11 (2011).

2. METODOLOGIA

O projeto é dividido em nove etapas: Projeto Conceitual, Planejamento, Pesquisas, Modelagens, Simulação, Fabricação, Montagem, Testes e Ajustes Finais.

2.1. Projeto Conceitual

Configura-se como a primeira etapa do projeto, em que cada subdivisão técnica idealiza qual será o projeto utilizado no protótipo. Através de análises de projetos anteriores, são verificados os sucessos e as falhas de cada um. Há uma seleção das ideias bem sucedidas, para a escolha de quais serão utilizadas no projeto atual, e uma verificação nas falhas, para averiguar se são reaproveitáveis, corrigindo os erros, ou se deverão ser descartadas.

Após essa análise, é feita uma pesquisa em sites e literaturas especializadas para encontrar as modificações e correções necessárias e, também, para formular novos conceitos para o projeto.

No término dessas seleções, cada subdivisão terá seu respectivo Projeto Conceitual estipulado.

2.2. Planejamento

A fase de planejamento é sem dúvida a mais importante em qualquer projeto, pois projeto é um conjunto de atividades, que tem custos e prazos associados, para atender um objetivo comum seja a execução de um produto ou de um serviço. Então na execução de projetos de engenharia é essencial o planejamento mesmo antes do início da fase de "projeto conceitual". Porque é preciso saber o pesquisar? Como pesquisar? Quais análises devem ser realizadas para acatar ou descartar uma idéia? Outro fato importante é saber quanto custa? Qual é viabilidade da execução do projeto? Qual o tempo necessário para execução do projeto? Quais recursos serão necessários? Todos os questionamentos devem ser respondidos a cada fase do projeto. Então planejar deve ser a palavra-chave de um bom projeto!

O planejamento do projeto é o processo para quantificar o tempo e orçamento que um projeto custará. A finalidade do planejamento do projeto é criar um plano do projeto que um gestor de projeto possa usar para acompanhar o progresso de sua equipe.

2.2.1. Planejamento de Um Projeto

Inicialmente determine-se claramente quais são os objetivos do projeto, então são estabelecidas algumas condições para que o projeto seja finalizado ou completado. Faça-se um inventário da maioria do trabalho que precisa ser feito. Identifica-se os recursos necessitados para executar cada elemento terminal de cada atividade. Definem-se algumas dependências entre as atividades.

As atividades para as quais seja impossível estimar o prazo com precisão devem ser colocadas fora do caminho crítico e um planejamento em separado deve ser feito para estas atividades. Um cronograma geral do projeto deve ser criado e o comprometimento da organização deve ser obtido para iniciar a execução do projeto sob sua aprovação.

2.2.2. Gerenciamento de Projetos

O gerenciamento de projetos pode ser definido como o processo através do qual se aplicam conhecimentos, capacidades, instrumentos e técnicas às atividades do projeto de forma a satisfazer as necessidades e expectativas das diversas partes interessadas que podem ser afetadas positivamente ou negativamente.

Na sua forma mais simples aplicada a uma das suas nove áreas do conhecimento o gerenciamento de projetos, pode ser aplicado para manter os riscos de fracasso em níveis aceitáveis durante o ciclo de vida do projeto, aumentando, ao mesmo tempo, as possibilidades de eventos favoráveis do projeto. O risco de fracasso aumenta de acordo com a presença de incerteza e da sua probabilidade, durante todos os estágios do projeto. A variação da probabilidade dos riscos diminuem ao longo do ciclo de vida do projeto e aumenta o impacto do risco na razão inversa, sem que seja, na mesma proporção. A relação entre estas duas variáveis é designada, na gestão dos riscos do projeto, como valor esperado consiste numa medida de avaliação da importância e influência do risco, para alcançar o objetivo do projeto.

Um ponto-de-vista alternativo diz que gerenciamento de projetos é processo de definir e alcançar objetivos ao mesmo tempo em que se otimiza o uso de recursos (tempo, dinheiro, pessoas, espaço, etc).

A gestão de projetos é de responsabilidade do gerente de projeto, quase não participa direto das atividades que produzem o resultado final. Ao invés disso, o gerente de projeto trabalha para manter o progresso e a interação mútua progressiva dos diversos participantes do projeto de modo a reduzir o risco de fracasso do projeto. PMBOK (2004).

2.2.3. O Gerente de Projeto

Um gerente de projeto tem a função é gerenciar o progresso do projeto e através das variáveis (qualidade, custo, prazo e âmbito) verificar seus desvios. Desta forma, seu objetivo geral é proporcionar que as falhas inerentes aos

processos sejam minimizadas. Ele determina e executa as necessidades do cliente, baseado nos seus conhecimentos. A habilidade de adaptar-se aos diversos procedimentos pode lhe proporcionar um melhor gerenciamento das variáveis e desta forma uma maior satisfação do cliente.

Em campo, um gerente de projeto bem sucedido deve imaginar o projeto inteiro do seu começo ao seu término e desta forma assegurar que esta visão seja realizada. Ainda, qualquer produto ou serviço: edifícios, veículos, eletrônicos, software de computador, serviços financeiros, entre outros devem ser supervisionado por um gerente de projeto e suas operações por um gerente de operações. PMBOK (2004).

2.2.4. Abordagens

Há dois tipos de abordagens comumente utilizadas no gerenciamento de projetos. A "tradicional" que identifica uma sequência de passos a serem completados. Essa abordagem contrasta com a abordagem conhecida como desenvolvimento ágil, em que o projeto é visto como um conjunto de pequenas tarefas, ao invés de um processo completo. O objetivo desta abordagem é reduzir ao mínimo possível a sobrecarga. Essa abordagem tem suas dificuldades em projetos muito complexos. PMBOF (2004).

Na abordagem tradicional, distinguem-se cinco grupos de processos no desenvolvimento de um projeto: Iniciação; Planejamento; Execução; Monitoramento e controle; Encerramento.

Alguns projetos não seguem todos estes estágios, pois podem ser encerrados antes do previsto. Outros projetos têm o ciclo de Planejamento; Execução; Monitoramento e controle repetidos múltiplas vezes. O projeto visa a satisfação de uma necessidade, onde muitas áreas e/ou pessoas são envolvidas.

Sempre existe mais que uma solução para atender às mesmas necessidades. A técnica usada para definir a solução final passa pelo desenvolvimento de alternativas extremas. A primeira, *de baixo custo*, que atende as necessidades mínimas para ser funcional. A segunda tenta atender a maior parte das exigências das diversas áreas envolvidas no escopo, que resulta num projeto com custo muito maior e pouco competitivo. A partir destas as alternativas é elaborada uma solução intermediária entre estas, que atende a uma boa parte das exigências com um custo competitivo.

Há variações destes estágios. Alguns projetos progridem de estágios como pré-planejamento para projeto conceitual; projeto esquemático; projeto de desenvolvimento; criação de: desenhos, documentos e contratos; e administração de execução. Embora os nomes difiram em cada setor, os estágios reais seguem os passos comuns à resolução de problemas: definir o problema, balancear opções, escolher um caminho, implementar e avaliar.

Para manter o controle sobre o projeto do início ao fim, um gerente de projetos utiliza várias técnicas, dentre as quais se destacam: Planejamento de projeto; Análise de valor agregado; Gerenciamento de riscos de projeto; Cronograma; e Melhoria de processo. PMBOK (2004).

2.2.5. As Variáveis

Alguns projetos precisam ser executados e entregues sob determinadas variáveis restrições. O gerenciamento de projetos tenta adquirir controle sobre três variáveis: Tempo; Custo; e Escopo. Mas, em projetos complexos existem restrições que são: Escopo, Qualidade, Cronograma, Orçamento, Recursos e Riscos. Portanto, qualquer alteração em uma dessas interferem em uma ou mais variáveis. Conhecido como "triângulo da gerência de projeto", ou "*triângulo de restrições*", onde cada lado representa uma variável. Um lado do triângulo não pode ser mudado sem impactar no outro.

A Variável tempo influencia o prazo até o término do projeto. O custo informa o valor monetário incluído no orçamento disponível para o projeto. Já o escopo designa o que deve ser feito para produzir o resultado de fim do projeto. Estas três variáveis estão competem entre si: o escopo for aumentado o tempo e o custo também aumentam, uma restrição apertada de tempo pode significar custos aumentados e o escopo reduzido, e um orçamento apertado pode significar o tempo aumentado e o escopo reduzido.

O gerenciamento de projeto fornece as ferramentas e as técnicas que permitem a equipe de projeto e ao gerente de projeto, organizar seu trabalho para lidar com essas variáveis.

2.2.6. Tempo e Custo

O tempo requerido para terminar as componentes do projeto é normalmente alterado quando se pretende baixar o tempo para execução de cada atividade que contribui diretamente à conclusão de cada componente. Ao executar atividades usando a gerenciamento de projeto, é importante dividir o trabalho em diversas partes menores, de modo que seja fácil a definição das condições de criticidade e de folgas.

O Custo para desenvolver um projeto depende das condições iniciais disponíveis para o desenvolvimento de cada projeto tais como: taxas labor, taxas materiais, gerência de risco, planta (edifícios, máquinas, etc), equipamentos e lucro.

2.2.7. Escopo

As exigências especificadas para o objetivo final, ou seja, o que se pretende, e o que não se pretende realizar. A qualidade do produto final pode ser tratada como um componente do escopo. A quantidade de tempo empregada em cada atividade é determinante para a qualidade total do projeto.

Essas variáveis podem ter origens externas ou internas. A definição dos valores das variáveis remanescentes fica a cargo do gerente do projeto, idealmente baseada em sólidas técnicas de estimativa. Os resultados finais devem ser acordados em um processo de negociação entre o gerenciamento do projeto e o cliente. Geralmente, os valores em termos de tempo, custo, qualidade e escopo são definidos por contrato.

2.2.7.1 No projeto utilizado como estudo

A subdivisão de Gerenciamento do Projeto e Controle do desenvolvimento cria a Estrutura Analítica do Projeto, representada na Fig. (1). Em seguida, juntamente com as subdivisões técnicas, elabora o escopo do projeto, que é "o trabalho" que precisa ser realizado para entregar um produto com as características e funções especificadas. Isto permite elaborar um planejamento detalhado das atividades a serem executadas no projeto.



Figura 1: Estrutura Analítica de Projeto utilizado no trabalho referente.

2.2.7.2 Definição de Escopo

É feita na etapa de iniciação do projeto e detalhada na etapa de planejamento e descreve as características do produto e o trabalho necessário para realizá-lo.

O consenso inicial sobre o escopo do projeto é estabelecido entre subdivisões e coordenador do projeto. Embora pareça tratar de informações redundantes, é um processo necessário para explicitar a percepção do que se esperado do protótipo final e o que a equipe precisa estudar analisar, projetar, executar, produzir, entregar.

Neste momento, todos os fatores, especialmente prazos e custos, ficam expostos, para não deixar margem a interpretações errôneas ou ambíguas, embora seja necessário mais adiante revê-los para ajustes das expectativas sobre o produto (o Protótipo). Estes fatores são negociados antes do início do projeto e explicitados no Termo de Abertura do Projeto, documento formal que cria o projeto sob forma de um acordo.

No Termo de Abertura do Projeto ficam explicitados os aspectos: nome do projeto, objetivos gerais, necessidades que atende; descrição sumária; produtos do projeto (arquivos, palestras, treinamento, manuais, suporte, o protótipo, acompanhamento pós-lançamento); produtos intermediários (entregues no final de cada etapa, como relatórios, cronogramas atualizados, resultados de testes e pesquisas, orçamentos de terceiros, apresentações); patrocinadores. O gerente responsável e principais colaboradores (contratados, terceirizados, alocados de um projeto para outro, colaboradores com dedicação exclusiva ou eventual); etapas definidas pela entrega dos produtos produzidos; prazos (cronograma preliminar ou linha do tempo, com descrição de macro-processos); recursos necessários (orçamento preliminar, com valores escalonados por etapas); restrições de uso de informações; procedimentos necessários em caso de mudança de escopo; procedimentos necessários para a aprovação dos produtos de cada etapa; serviços adicionais;

A definição de escopo ajuda a evitar que as equipes de projeto percam tempo e recursos resolvendo problemas que fogem da sua alçada.

A inserção, no termo de relevância ou em plano de trabalho, de cláusulas sobre "o que o projeto não cobre", deixa claro todos os produtos realizados pelo projeto e evidencia as mudanças de escopo. O termo de relevância deve ser assinado pelas partes envolvidas na realização.

No caso do projeto do protótipo de um veículo baja *off road* o gerenciamento do projeto é executado de modo a firmar compromisso com a sua realização. Neste caso as partes incluem na proposta um resumo da sua percepção do projeto em relação à realização dos objetivos e à sua contribuição. Também uma descrição curta dos processos de trabalho, se a equipe de execução verificar a necessidade de ajuda para entender como o trabalho será realizado. Neste documento, evitam-se os jargões técnicos ou profissionais para facilitar a compreensão do escopo se comparado a outra proposta.

Ao longo do projeto, é necessário o detalhamento do escopo definido nesta etapa, em que componentes genéricos como "orçamento" e "cronograma" são subdivididos e descritos com mais detalhes.

A segmentação posterior facilita o acompanhamento e o estabelecimento de prioridades em cada macro etapa, e a verificação do uso dos recursos estimados inicialmente.

2.2.8 Cronograma

Após a definição do escopo a subdivisão de gerenciamento do projeto e controle de desenvolvimento, juntamente com as subdivisões técnicas, faz um detalhamento das atividades a serem feitas, as quais são postas em seqüência. Logo após, estima-se a duração de cada uma delas, e determinam-se, também, os vínculos entre as tarefas, dando origem aos cronogramas por subdivisões, cronograma geral do projeto mostrado nas Figs. (2a) e (2b), respectivamente. Ainda gera cronogramas individuais para cada colaborador do projeto.

1	Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors
1	Transmissão	253 days	Mon 5/21/12	Wed 5/8/13	
2	Pesquisa	23 days	Mon 5/21/12	Wed 6/20/12	
3	Modelagem	75 days	Thu 6/21/12	Wed 10/3/12	
4	Calculo	40 days	Thu 6/21/12	Wed 8/15/12	2
5	Desenho	20 days	Thu 8/16/12	Wed 9/12/12	4
6	Seleção de Materiais	15 days	Thu 9/13/12	Wed 10/3/12	5
7	Simulação	50 days	Thu 10/4/12	Wed 12/12/12	3
8	Orçamento e Compras	37 days	Thu 12/13/12	Fri 2/1/13	7
9	Confecção das Peças	60 days	Mon 2/4/13	Fri 4/26/13	8
10	Montagem	37 days	Mon 4/29/13	Tue 6/18/13	9
11	Estrutura	30 days	Mon 4/29/13	Fri 6/7/13	9
12	Trasmissoao	5 days	Mon 6/10/13	Fri 6/14/13	11
13	Suspensao e Direcao	5 days	Mon 6/10/13	Fri 6/14/13	11
14	Sistema Eletrico	2 days	Mon 6/17/13	Tue 6/18/13	11, 12, 13
15	Freio	1 day	Mon 6/17/13	Mon 6/17/13	11, 12, 13
16	Teste	3 days	Wed 6/19/13	Fri 6/21/13	10

2-a

1	Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors
1	Geral	285 days	Mon 5/21/12	Fri 6/21/13	
2	Pesquisa	23 days	Mon 5/21/12	Wed 6/20/12	
3	Modelagem	75 days	Thu 6/21/12	Wed 10/3/12	
4	Calculo	40 days	Thu 6/21/12	Wed 8/15/12	2
5	Desenho	20 days	Thu 8/16/12	Wed 9/12/12	4
6	Seleção de Materiais	15 days	Thu 9/13/12	Wed 10/3/12	5
7	Simulação	50 days	Thu 10/4/12	Wed 12/12/12	3
8	Orçamento e Compras	37 days	Thu 12/13/12	Fri 2/1/13	7
9	Confecção das Peças	60 days	Mon 2/4/13	Fri 4/26/13	8
10	Montagem	37 days	Mon 4/29/13	Tue 6/18/13	9
11	Estrutura	30 days	Mon 4/29/13	Fri 6/7/13	9
12	Trasmissoao	5 days	Mon 6/10/13	Fri 6/14/13	11
13	Suspensao e Direcao	5 days	Mon 6/10/13	Fri 6/14/13	11
14	Sistema Eletrico	2 days	Mon 6/17/13	Tue 6/18/13	11, 12, 13
15	Freio	1 day	Mon 6/17/13	Mon 6/17/13	11, 12, 13
16	Teste	3 days	Wed 6/19/13	Fri 6/21/13	10

2-b

Figura 2: a) Cronograma individual da subdivisão Transmissão; b) Cronograma geral do projeto.

São utilizados programas específicos para montar o cronograma das atividades e controlá-lo. Este controle é responsabilidade da subdivisão de gerenciamento do projeto e controle do desenvolvimento, sendo atualizado, no mínimo, duas vezes por semana.

Outro método utilizado para averiguar o desempenho da equipe de trabalho e a carga horária cumprida, já que o projeto exige de cada membro uma carga horária mínima de 16 horas semanais, são as fichas de atividades. Essas são entregues a subdivisão de gerenciamento do projeto e controle do desenvolvimento toda semana, em reuniões gerais da equipe. Todos os membros escrevem uma lista de atividades que foram realizadas durante a semana anterior, juntamente com o tempo gasto para realizá-las.

2.3 Pesquisas

A etapa de estudos e pesquisas ocorre durante todas as fases do projeto buscando sempre o aperfeiçoamento dos colaboradores nos assuntos pertinentes as suas atividades no projeto. Também com este aprofundamento científico e tecnológico almeja-se um aumento no desempenho do protótipo a ser construído. Tópicos como: gerenciamento de projeto; planejamento; dinâmica veicular; dinâmica de frenagem, sistema de transmissão; suspensão, direção e suas dinâmicas, aquisição, tratamento e processamento de sinais são alguns dos tópicos serem pesquisados para o desenvolvimento do projeto, que é iniciado após a definição do cronograma. Realizam-se pesquisas para complementar o embasamento teórico do projeto, sendo verificadas as variáveis e os parâmetros necessários para a realização deste.

2.4. Modelagens

Os cálculos dos parâmetros e das variáveis necessários a cada subdivisão iniciam essa etapa. Ao serem finalizados, começam a ser feitos os desenhos das peças que serão fabricadas e o orçamento do material que deverá ser comprado.

Nesta etapa, também, existe uma interação maior entre as subdivisões para discutirem seus projetos em relação ao conjunto final, resolver problemas de interferência entre componentes e chegarem a um denominador comum. Após as devidas modificações, faz-se a modelagem do carro inteiro em software do tipo CAD/CAE, para uma visualização completa do protótipo. Nesta etapa também são gerados os desenhos de execução (modelagem gráfica). A Fig. (3) mostra o fluxograma das etapas e das decisões que devem ser tomadas durante o processo.

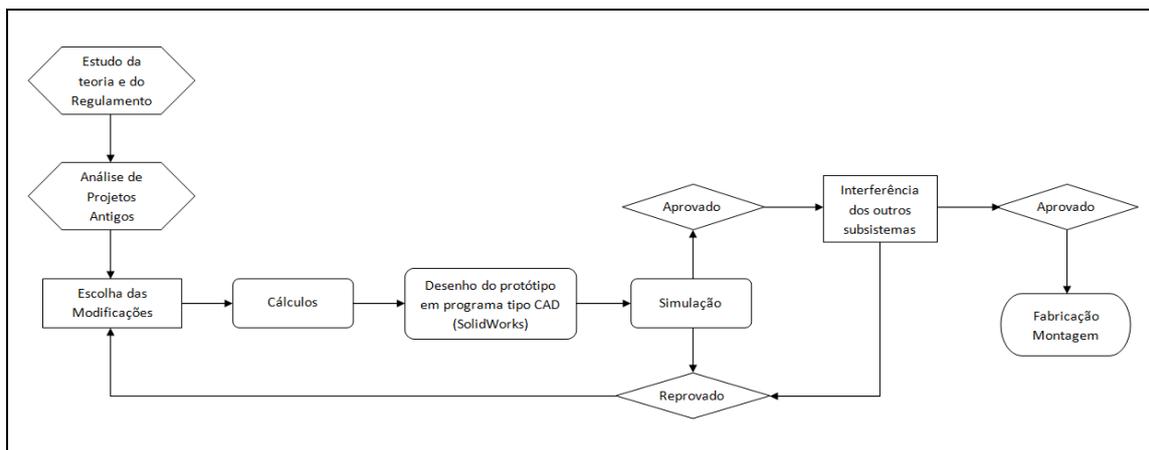


Figura 3. Fluxograma das etapas do projeto.

2.5. Simulação

A partir dos modelos gráficos tridimensionais são executadas simulações dos diversos carregamentos estáticos e dinâmicos que ocorrer em cada peças do protótipo ou em um conjunto de peças que forma um sistema como exemplo suspensão dianteira ou sistema de frenagem. Também é simulada a junção de todos os sistemas formado o protótipo propriamente dito em diversas condições de pistas como: areia, cascalho, lama, valetas, costelas ou lombadas, rampas, asfalto liso, molhados e outras condições. Para a simulação são selecionados num banco de dados as propriedades dos materiais que compõem cada peça que será utilizada no protótipo, para a obtenção de resultados que validem as escolhas dos materiais e das peças, e, assim, confirmem os desenhos e o orçamento.

Estudam-se os esforços e condições a que as peças estão sujeitas, por exemplo, a Fig. (4a) mostra a gaiola sujeita a um carregamento estático e a Fig. (4b) mostra a gaiola sujeita ao carregamento dinâmico produzido pela queda do protótipo de uma altura de 3m sobre apenas uma roda, e a partir disto, com a ajuda de programas de simulação como: ANSYS, MSC ADAMS e outros. Faz-se uma previsão de como será o comportamento da peça e se esta está corretamente projetada e dimensionada. DS Solidworks (2010), MSC Software (2010).

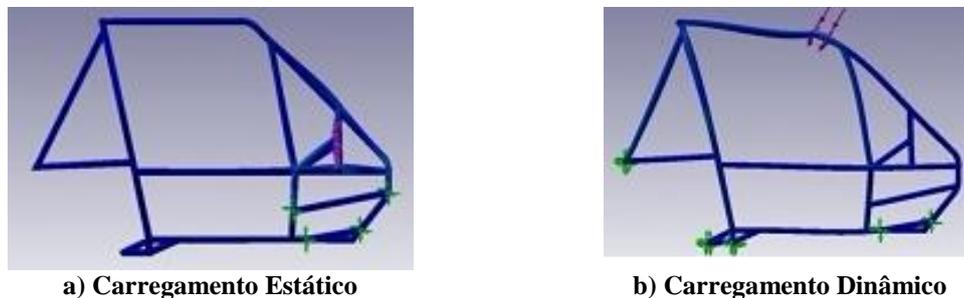


Figura 4. Exemplos de simulação da estrutura (gaiola) do protótipo (carregamento estático e dinâmico)

Por outra simulação pôde-se constatar a dinâmica da suspensão dianteira no que diz respeito à variação de parâmetros básicos desse tipo de suspensão como ângulo de cambagem através do software MSC. ADAMS de forma que se analisou o movimento das rodas em fase, oposto e o carro em curva. Obtendo os gráficos da Fig. (5):

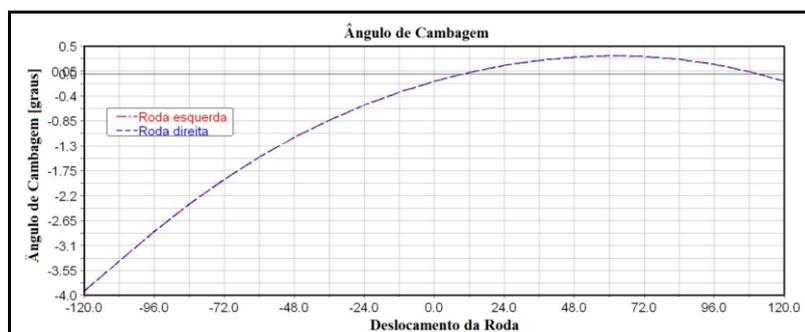
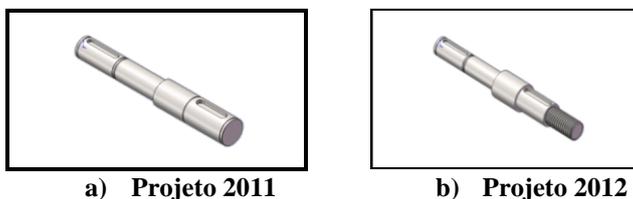


Figura 5. Variação de cambagem x Deslocamento vertical do pneu

2.6. Fabricação

As peças são fabricadas e/ou compradas, dependendo da disponibilidade destas no mercado. As fabricadas, dependendo das condições, são feitas no laboratório da universidade pelos integrantes da subdivisão, supervisionados por um técnico responsável. As máquinas encontradas no laboratório para fabricação são: Esmeril e Esmerilhadeira - usados para lixar e dar acabamento nas peças de aço; Furadeira e Furadeira de bancada - para fazerem os furos necessários nas peças; e Máquina de Solda para soldar as peças de aço, prensas para permitir montagens e desmontagens de conjunto mecânicos. As peças usinadas são enviadas para serem feitas em locais especializados. Os eixos das rodas traseiras são exemplos de peças usinadas, as Fig. (6a) e (6b) mostram exemplos destes eixos do protótipo de 2011 e os eixos corrigidos do protótipo de 2012.



a) Projeto 2011

b) Projeto 2012

Figura 6. Eixos árvores traseiros

As Figuras (7a) e (7b) mostram os pneus que foram comprados para o protótipo sendo os Pneus *Pirelli Race Rail* dianteiros 22x7-10 NHS AT, e os Pneus *Pirelli Scorpion ATV Mudwiser* Traseiros 22x8-10 NHS AT respectivamente.



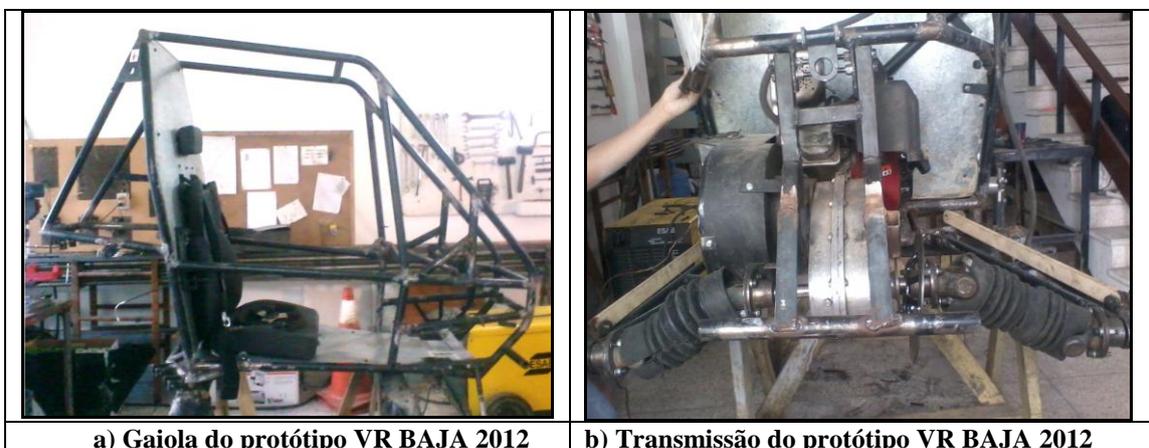
a) Pneu Dianteiro Pirelli

b) Pneu Traseiro Scorpion

Figura 7. Tipos de pneus utilizados no projeto

2.7. Montagem

Com o material e as peças prontos, começa-se a montagem do protótipo, também feita no laboratório pelas subdivisões. Esta tem uma ordem para ser seguida. Primeiramente, a Estrutura finaliza a gaiola com os olhais (pontos de pivotamento) para que os outros subsistemas sejam alocados, representada na Fig. (8a). Em seguida, com o carro ainda suspenso, é montada a transmissão localizada na parte traseira do protótipo, mostrado na Fig. (8b), juntamente, são montadas as suspensões dianteira, apresentada na Fig. (9), e traseira e a direção.



a) Gaiola do protótipo VR BAJA 2012

b) Transmissão do protótipo VR BAJA 2012

Figura 8. Montagem do protótipo 2012



Figura 9. Suspensão dianteira do protótipo VR BAJA 2012.

Após a montagem das duas suspensões, coloca-se o carro no chão para o alinhamento da direção e regulagem da cambagem. Quando pronto, monta-se o sistema de freios e realiza-se o “sangramento” do sistema, para retirar possíveis bolhas de ar dos mangotes, que conduzem o fluido, e o sistema elétrico do veículo; e, finalmente, é fixada a carenagem, terminando assim a montagem do protótipo.

2.8 Testes

Com o protótipo montado inclusive com a carenagem, que o acabamento final, Fig. (10), é hora de testá-lo, para verificar se as projeções foram corretamente planejadas e se há necessidade de algum tipo de reparo.



Figura 10. Protótipo montado

O Gerenciamento realiza um Plano de Teste, que contém todas as informações sobre como este ocorrerá, faz uma listagem dos itens a serem testados e como será feito cada um deles, sendo, também, descrito o percurso que o piloto deverá efetuar e o número de repetições de cada um. Teste é dividido em três etapas

Etapa I: Realizada em pista plana e reta com pelo menos 100 metros disponíveis, são feitos os testes de Aceleração, Velocidade Máxima, Distância de Frenagem, Tempo de Frenagem, Ergonomia dos Pedais, Assentamento das Pastilhas de Freio, Estabilidade do Veículo Durante a Frenagem, Travamento das Quatro Rodas, Luz de Freio, Visibilidade do Piloto com a Carenagem, Trepidação e Resistência da Carenagem, Direção, Raio de Curvatura, Esterçamento, Comportamento dos Ângulos de Direção, Influência do Câmbio, Funcionamento do Batente de Direção, Chave Geral de Funcionamento do Motor, Buzina, Conforto e Cinco Segundos para a Saída do Piloto do Veículo.

Etapa II: Realizada em pista *off road*, são feitos testes para verificar a Tração e o Comportamento da Suspensão.

Etapa III: Também realizada em pista *off road*, é simulado parte de um Enduro de Resistência, para verificar o tempo que o protótipo suporta na pista e o Consumo de Combustível do Motor.

2.9. Ajustes Finais

Após os testes, o protótipo é desmontado e cada subdivisão elabora um relatório com os dados obtidos, e é montada uma lista dos ajustes que devem ser feitos no protótipo. Então, são efetuadas as correções e o protótipo é montado novamente. Preenche-se uma lista de Inspeção Técnica e de Segurança para que todos os requisitos exigidos pelo regulamento das competições sejam atendidos e que os ajustes finos realizados para resolver pequenos problemas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na etapa de Projeto Conceitual nem sempre é possível fazer uma análise de todos os protótipos antigos, devido à falta de informação sobre estes, por falta de registros detalhados do projeto impossibilitando a verificação completa dos dados. Mas, nos projetos mais recentes é possível, já que alguns membros ainda estão na Universidade.

Outro problema que surge no desenvolvimento do protótipo é apontado na segunda etapa (Planejamento), visto que, devido a não exclusividade dos membros da equipe para o projeto, pois todos têm outras atividades nos cursos de Engenharia da Universidade, há um não cumprimento das atividades nos prazos estabelecidos pelo cronograma, o que atrasa o projeto, prejudicando não só o bom andamento deste, como também o desempenho das atividades finais, que devem ser executadas com rapidez, fugindo ao tempo ideal, não permitindo que o escopo do projeto seja totalmente cumprido. Porém, foi observado que, quando o Gerenciamento do projeto e Controle do desenvolvimento começou a atualizar o cronograma duas vezes por semana, o cumprimento dos prazos começou a ser mais eficaz do que a atualização feita apenas uma vez na semana ou uma vez por quinzena.

Outro fator que prejudica o andamento correto do cronograma é o excesso de atividades concentradas em um só membro da equipe, o que ocorrer por falta de qualificações de outros membros.

A implementação da ficha de atividades não foi bem sucedida no início, pois os membros esqueciam de entregá-las e não lhe davam o devido valor, porém esse problema foi resolvido quando passaram a ser preenchidas durante a reunião semanal. Foi visto que a implementação das fichas foi de grande valia, pois, ao prestarem contas da carga horária trabalhada, os membros passaram a se preocupar em cumpri-las.

Na parte de Pesquisa, os membros que não possuem um bom conhecimento da Língua Inglesa encontram muita dificuldade, já que a maioria dos livros e fontes de pesquisa está escritos em inglês. Entretanto, até mesmo os membros que conhecem a língua sentem dificuldade com as expressões técnicas. Porém há um lado vantajoso, onde requer que os membros não fluentes aprendam e aperfeiçoem a língua, havendo uma difusão desta no meio de trabalho.

Na etapa de Modelagem, os maiores problemas são as interferências entre os projetos, gastando-se muito tempo para se chegar a um consenso entre as subdivisões e, às vezes, é necessário fazer grandes mudanças nos projetos.

Na etapa de Simulação, é verificado que há dificuldade com a utilização dos *softwares* para esse trabalho, em relação ao entendimento destes e às condições dos computadores utilizados no projeto, que nem sempre suportam gerar as simulações. Os *softwares* só funcionam através de licença compradas, o que limita bastante as suas utilizações por existirem poucas licenças na universidade, além de pouco pessoal que conhecem a utilização de programas específicos, e os que conhecem, nem sempre tem tempo para ensinar. Ainda, na região não há cursos preparatórios fora da universidade, o que causa mais dificuldades.

Quando chega a parte de Fabricação, o envio das peças que serão feitas fora do laboratório gera conflitos e atrasos, já que dependem de um prazo de entrega, que, na maioria das vezes, não é cumprido pelas empresas que fazem o serviço, e, em vários casos, é preciso também reenviar a peça ao local para retrabalhos, porque o acabamento está ruim ou, até mesmo, com as dimensões erradas.

No laboratório, há máquinas que apenas o técnico responsável e pouquíssimos membros têm conhecimento e experiência para manuseá-las, o que gera sobrecargas e atraso no andamento do projeto.

A fabricação das peças no laboratório e a Montagem são feitas pelos membros da equipe, dando experiência e pratica de Engenharia, possibilitando uma melhor formação profissional e uma oportunidade que nem sempre a graduação, apenas, pode proporcionar ao aluno.

Na etapa de Teste, alguns problemas podem ser visualizados. Primeiramente a dificuldade em conseguir um local propício para sua realização, pois na Região não há muitas pistas de terreno *off road* e as poucas pistas disponíveis são muito distantes da Universidade, o que gera muitos gastos para o transporte do protótipo. Outro empecilho é o tempo disponível para a realização dos testes, pois nem sempre se consegue testar todos os quesitos necessários. Não há recursos suficientes para a execução de diversos testes, fazendo-os somente duas ou três vezes antes de cada Competição, podendo assim, ficar algum item pendente.

A lista feita com os ajustes finais que cada subdivisão terá que fazer no protótipo, auxilia a equipe e evita o esquecimento de algum item necessário. A ficha de Inspeção Técnica e de Segurança é uma das provas realizadas na Competição, cada quesito esquecido ou mal acabado gera atraso e perda de pontos, e dependendo a importância do item pode levar até a desclassificação, por isso a importância de ser preenchida assim que o protótipo estiver pronto.

4. AGRADECIMENTOS

Os Autores agradecem a FEC - Fundação Euclides da Cunha pelo suporte financeiro essencial a elaboração deste projeto. Agradecem também a MSC Software pelo apoio através da concessão de licença universitária de seus programas e Usibarra Modelação e Usinagem pelo apoio operacional através de serviços de usinagem. e à FAPERJ, Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro pelo apoio Financeiro através de bolsa de iniciação científica.

5. REFERÊNCIAS

Assis, A. M.; Carvalho, V. C.; Fernandes, C; Fernandes, G. L.; Freitas, R. S; Lacerda, M. V. C.; Linares, M. L.; Machado, D. S.; Machado, V. M. C.; Medeiros, G. C.; Monteiro, G.A.; Nunes, M. M. C.; Oliveira, D. A. S.;

- Peixoto, D. R. S.; Peres, R. A.; Pimenta, M. B.; Pinto, D. C. F.; Sartor, F. B.; Silva, V. O.; 2012, "Equipe VR Baja Carro #50", Relatório Técnico, 18ª competição Baja SAE Brasil - Petrobras, Piracicaba - SP, SAE Brasil, São Paulo - SP.
- Assis, A. M. Almeida, T. S. A.; Domingues, G. C.; Ferreira, P. H. M. R.; Hoth, M. A.; Junior, V. T. C.; Lima, E. F.; Lourenço, T. R. M.; Paula, I. F.; Pimenta, M. B.; Pinto, D. C. F. Pires, F. S. S.; Prado, V. P. S.; Santos, N. S.; Silva, P. P.; Silva, P. V. B.; Silveira, C. J. S.; Silveira, D. P., 2011, "Equipe VR Baja Carro #57", Relatório Técnico, 17ª competição Baja SAE Brasil - Petrobras, Piracicaba - SP, SAE Brasil, São Paulo - SP.
- DS SolidWorks, 2007, "User Guide Reference", Dassault Systèmes SolidWorks Corp, Vélizy, França.
- MSC Software, 2010, "Adams User Guide Reference", MSC Software Corporation, Santa Ana, California USA.
- PMBOK, 2004, "Project Management Body of Knowledge", PMBOK 4ª Edição, Project Management Institute, USA,
- RBSB 5, 2012, "Requisitos Gerais do Veículo - Emenda 2", - Regulamento Baja SAE Brasil, Capítulo 5, SAE Brasil, São Paulo - SP.
- RBSB 7, 2011, "Requisitos Mínimos de Segurança - Emenda 3", - Regulamento Baja SAE Brasil, Capítulo 7, SAE Brasil, São Paulo-SP.
- RBSB 9, 2011, "Avaliações e Pontuações - Emenda 3", - Regulamento Baja SAE Brasil, Capítulo 9, SAE Brasil, São Paulo-SP.
- RBSB 11, 2011, "Procedimentos da Competição- Emenda 2", - Regulamento Baja SAE Brasil, Capítulo 11, SAE Brasil, São Paulo - SP.

6. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluídos no seu trabalho.

PLANNING, DEVELOPMENT, MANUFACTURING AND ASSEMBLY OF A OFF ROAD VEHICLE PROTOTYPE

Marina Langoni Linares, mlangoni@id.uff.br¹
Filipe de Bona Sartor, filipesartor@hotmail.com¹
Douglas Avila Silva de Oliveira, cidao_mouffron@hotmail.com¹
Antonio José Oliveira Cabral, ajoc@metal.eeimvr.uff.br¹
Adauto Martins de Assis, adauto@metal.eeimvr.uff.br¹

¹Universidade Federal Fluminense, Avenida dos Trabalhadores, n° 420, Vila Santa Cecília, CEP 27.255-125, Volta Redonda RJ, Brazil

Abstract. *This paper describes the project development of an off-road vehicle prototype design performed by students of undergraduate engineering courses. The purpose of the prototype is participate of the Baja SAE Brazil Competitions (national and southeast stage). for it must meet the requirements proposed by SAE Brazil: to be able to overcome obstacles in various terrain types, to be efficient and structurally resistant; must support multiple work types safely. Furthermore, this prototype must be a commercially attractive to the enthusiast public and it has low cost. Still, it searches the interaction of the undergraduate engineering students with the daily life of a professional in this area. In the project developing stand out from the steps used in the process and the main features of these. Initially in the planning stage the students were grouped into seven subgroups, which are: Project Management and Development Control, Marketing Fund-raising and Purchasing; Structure and Cowling, Brake and Wheel, Suspension and Steering, Engine and Transmission, and Telecommunications, Electrical System and telemetry. Each subgroup was assigned to develop improvements and solutions to the prototype in their project areas. Then, the formed groups it starts the design stage where they are carried out studies, analysis and research to propose an idealized structure of the project, this is Conceptual Design. it is decided what's aims is to build. It spends to the theoretical studies phase with planning, research, analysis and calculations. This stage is called: Project Breakdown, for its execution are carried out planning, research, modeling, simulation, fabrication, purchasing, assembly, testing and final adjustments. In this last step are listed the problems encountered at each step and means to solve them. In the project technical development were used software of CAD (Computer Aid Design), so that to have a graphical interface for modeling, changes and innovations proposed for the prototype. Softwares of CAE (Computer Aid Engineering) also used so that they could simulate the loads and efforts that will suffer some part in their work or their use. Thus, results are provided which enable validating the choice of materials and parts, with respect to their efficiency and reliability.*

Keywords: *automotive engineering, prototype vehicle, planning, project management, off-road vehicle*

7. RESPONSIBILITY NOTICE

The authors are the only responsible for the printed material included in this paper.