

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Departamento de Engenharia Mecânica

Projeto Mecânico

Projeto e Construção de Veículo de Lazer

- Estudo do Conjunto -

Autor : Marcos Tetsuo Kotani

Orientador : Nicola Getshko

1988

Este projeto trata-se do projeto e construção de um veículo automotor de quatro rodas, destinado ao uso em fora-de-estrada e basicamente voltado ao lazer.

O projeto é subdividido em quatro partes :

- Estudo do conjunto
- Chassi
- Suspensão
- Transmissão, Freio e Direção

Um ponto a se observar neste projeto é a integração entre as partes que fazem o conjunto de modo que um não se desenvolve sem as outras.

A integração entre as partes é de grande importância uma vez que este trabalho não se resume "apenas" a estudos teóricos e desenhos, mas principalmente à exequibilidade física do projeto proposto.

A opção por "construir" aquilo que viesse a ser projetado trouxe uma série de dificuldades que somente pode ser avaliado por quem as "viveu". No entanto esta convivência com estes problemas serviu para podermos sentir as dificuldades na transferência da idéia do papel para o "real", de modo que acreditamos ser de grande importância este tipo de convivência para a formação de um engenheiro que realmente se preocupe com a viabilidade das idéias de serem executadas.

ÍNDICE

Apresentação	I
Introdução	II
Índice	III
Estudo do Conjunto	
I - O Estabelecimento da Necessidade	01
II- Síntese de Soluções	06
III-O Projeto Básico	22
IV- Comentários Finais	32
Bibliografia	33-A
Anexos	34

ESTUDO DO CONJUNTO

I- O ESTABELECIMENTO DA NECESSIDADE

No início do corrente ano - 1988 - havia a necessidade de se optar por um assunto para desenvolver a disciplina denominada Projeto Mecânico I e II, um determinado grupo de alunos tinha o desejo de desenvolver um projeto não apenas para poder cursar a disciplina em si mas também ter satisfação pessoal com o mesmo, então a opção por executar fisicamente o objeto que viesse a ser projetado se mostrou como opção válida sendo portanto "adotada".

Colocada a situação como no parágrafo anterior a opção pode parecer até certo ponto leviana, no entanto a situação foi bem pensada e pesada nos diversos pontos que viriam a ser envolvidos caso adotada a opção de projeto e construção, pontos estes tais como:

- O nível de minúcias dos detalhes do projeto.
- Como, quando, onde, tornar possível a construção do projeto.
- Qual o tempo disponível para o projeto e construção.
- Viabilidade econômica e financeira do projeto.

Uma vez superada esta etapa e decidido que durante o decorrer do ano seria conduzido um projeto para ser executado, a etapa seguinte seria a de proceder a escolha do objeto.

Por uma questão de interesse pessoal e adequação do mesmo optou-se pelo projeto de um veículo automotor de quatro rodas que teria como uso básico o lazer sem se preculpar com desempenho puramente dinâmico, que tivesse custo baixo- em relação encontrado no mercado atualmente, e que fosse pequeno e ágil para poder atender ao requisito de lazer.

Para poder justificar a opção adotada além do gosto pessoal podemos justificar através da seguinte argumentação. é notável o grande impulso que tem tomado as atividades que de uma forma ou de outra proporciona um maior contato com o que se chama de modo genérico como "natureza", tal como montanhismo, camping, passeios etc.

Entre estas atividades vamos nos ater às chamadas de OFF-ROAD, nos dias atuais para esta palavra de maneira geral associa-se a imagem de veículos próprios e/ou adaptados para se locomover por vias não pavimentadas, seja asfalto ou outro tipo de pavimentação qualquer. Veículos estes que podem ser voltados tanto para o lazer como para trabalho ou competição, e dependendo da aplicação diferentes níveis de preparação e/ou adaptação.

No caso da prática do OFF-ROAD voltado ao lazer o que se busca é um maior contato com a natureza seja por meio de passeios por trajetos que busquem os locais menos "civilizados", ou de acesso mais difícil, ou a simples vontade de se "dar umas voltas" como um sem "destino".

Os tipos de veículos existentes para a prática do OFF-ROAD são os mais diferentes possíveis, por exemplo:

- Veículos tipo jipe.
- Automóveis de uso geral.
- Motociclistas.

O que se pode notar nestes veículos voltados para a prática do OFF-ROAD é que em geral, sendo veículos voltados para o tráfego em vias nas quais as condições não são as mais favoráveis apresentam certas características que são comuns entre si tais como :

- Suspensões de grande curso.

- Suspensões mais reforçadas.
- Estruturas mais robustas.
- Pneus mais adaptados ao uso fora-de-estrada.
- Relações de marcha mais reduzidas.
- Em alguns casos tração em mais de um eixo.
- Outros.

Obviamente a quantidade e qualidade dos diversos equipamentos é ligado ao uso e mercado à qual se destina especificamente o veículo.

No largo leque de opções que existem, notamos que existe uma lacuna para um tipo determinado de veículo que seria um veículo pequeno, leve, ágil, barato, destinado basicamente como veículo de lazer no fora-de-estrada.

Um veículo com as características acima citada pela própria definição dos itens componentes apresentaria limitações de desempenho em alguns itens no entanto o que se busca é exatamente uma lacuna entre as opções oferecendo um veículo que tem as suas deficiências no entanto que deve prevalecer pelas suas características próprias.

Os veículos atualmente existentes em mercado em quase todos os casos são veículos para transporte de mais de duas pessoas montados em estruturas baseadas em veículos não específicos ao uso fora de estrada sendo adaptações, quando não são veículos destinados ao uso exclusivo ou quase que exclusivo em trabalho sendo até certo ponto pouco econômicos e desconfortáveis, no primeiro grupo podemos citar os BUGIES, e veículos com tração nas quatro rodas (Bamba, Balina da FORD) e no segundo grupo os jipes Engesa-4, ou Toyota Bandeirante.

Uma vez definido a direção a ser tomada, é necessário agora especificar o projeto do veículo. Numa indústria, muito provavelmente os dados para a especificação são mais precisos e claros, no entanto levando em consideração as condições técnicas, financeiras e também de tempo disponível temos pelo menos por este nível que adotar as seguintes características mesmo que um tanto quanto "nebulosas".

- Veículo de quatro rodas.
- Baixo peso.
- Dimensões reduzidas.
- Capacidade para 1 pessoa adulta.
- Uso predominante em fora-de-estrada.
- Grande maneabilidade.
- Grande agilidade.
- Baixo custo inicial.

De acordo com as características acima citadas devemos ter em mente de que a concepção do veículo deverá ser a mais simples possível em vista das questões peso e custo, características constitutivas simples de serem executadas, e na medida do possível a adoção de maior número possível de peças e componentes encontrados em outros veículos ou máquinas para diminuição de custo e diminuição das peças exc usivas a serem fabricadas .

Como em quase todos os problemas encontrados na chamada "vida real" deparamos com o problema de ter de compatibilizar características antagônicas, por exemplo , para que o veículo possa trafegar em caminhos fora-de-estrada a estrutura sendo provavelmente mais solicitada do que numa utilização sobre piso pavimentado deverá ser mais resistente, agora a priori maior resistência significa a utilização de maior quantidade de material o que poderia acarretar possivelmente um aumento de peso característica esta indesejável.

Caso o projeto não levasse em consideração a viabilidade de execução no item anteriormente citado uma saída seria a de se lançar mão do uso de materiais que apresentassem maior resistência com menor peso materiais tais como a fibra de carbono ou Kevlar no entanto estes materiais são muito caros a disponibilidade quase nula sendo o uso praticamente impossível .

Como no exemplo acima citado o compromisso entre o que seria viável de se adotar como solução e a execução do mesmo tornou-se um ponto de grande importância neste trabalho. Uma maior experiência da nossa parte neste interfaceamento entre o projeto enquanto desenho e o físico real teria sido de grande ajuda para um desenrolar mais rápido do projeto.

A perfeita noção das dificuldades, tempos, inconvenientes que são envolvidos num processo de fabricação somente pode ser adquirido com a experiência para tanto consideramos que uma maior convivência com o mesmo dentro do curso seria importante, este foi um fato que podemos sentir durante a fabricação do veículo projetado. Por exemplo quando da usinagem do eixo de tração traseiro, o tempo previsto se mostrou infinitas vezes menor do que o realmente gasto e também as dificuldades de execução do mesmo, além destes fatos vem contra o bom andamento a disponibilidade de ferramentas e máquinas.

II - SINTESE DE SOLUÇÕES

A fase de síntese de soluções foi levada de tal modo que de de a complexidade e quantidade de problemas a serem resolvidos não pode ser possível - pelo menos até a definição final - desenvolver um conjunto único que apresentasse características que o tornasse mais satisfatório do que os demais e portanto passasse a ser a solução a ser desenvolvida a níveis mais profundos de especificação.

Tal maneira de condução do projeto levou à um caminho na qual foi adotada uma ordem de importância nas diferentes subsistemas. Sendo desta maneira escalonados, na medida do possível, subsistemas de ordem menor deveriam ser desenvolvidos em função dos subsistemas de ordem superior.

Logicamente apesar desta divisão dos itens em diversos subsistemas o conjunto como um todo deveria continuar atendendo às características inicialmente propostas para o projeto.

Este tipo de preocupação se faz necessária uma vez que na ânsia de resolver um problema acaba-se em alguns casos adotando soluções que se desviam da idéia básica, como exemplo podemos citar o defletor de ar para refrigeração do motor adotado no veículo, um defletor realizado com material mais leve cumpriria a mesma função sem prejuízo do desempenho, sem aumentar mais o peso do veículo.

O fato de se adotar alguns itens para servirem como base para o desenvolvimento dos demais também se justifica na medida em que as soluções possíveis para todos os itens componentes não estão definidos então neste "ato sem cachorro" uma saída é a de definir o mais importante para depois adaptar o "resto" do conjunto.

Note-se que no procedimento adotado caso a concepção do item adotado como base não seja muito bem realizado pode acarretar no comprometimento dos itens a ele agregados posteriormente e logo baseados.

O exemplo que pode ser citado neste caso é acerca da distribuição de massas ao longo do comprimento útil do veículo, devido a este fato na montagem final do conjunto pode-se notar uma relativa falta de espaço para a curva do escapamento do motor, um maior espaçamento entre o banco do condutor e o motor ou outra curvatura no cano de escape resolveria o inconveniente no entanto um estudo mais cuidadoso da planta do veículo quanto à distribuição de massas teria evitado o problema.

No entanto esta linha de conduta permite que como cada detalhe é baseado e realizado em função da base ou do anterior em ordem de importância, uma vez que a "base" não apresente maiores inconvenientes, problemas na concepção do mesmo podem ser resolvidos antes que venham a se tornar fonte de maiores problemas para os itens seguintes do projeto.

Como ilustração do exposto acima podemos citar o conjunto da suspensão dianteira, este conjunto além da função de suspensão deveria trabalhar como elemento de direção do veículo. Neste conjunto a função de suspensão foi considerada mais importante portanto as peças foram concebidas inicialmente e principalmente para cumprir a esta função, e posteriormente a ela é adaptado os componentes para a função de direção do veículo, então a fase de implantação dos elementos de direção só é feita após completada a função de suspensão e caso a função de direção não seja satisfatoriamente atendida ela pode ser reprojetaada sem prejuízo da função de suspensão.

Uma questão a ser assinalada é de que uma vez atingida a fase de projeto executivo praticamente não nos foi permitido "errar" tendo como consequência o abandono da solução para o desenvolvimento de outra solução por questões de falta de tempo e disponibilidade de condições para nova fabricação, além da questão de conduta adotada na qual itens considerados mais importantes são base para outras menos importantes sendo estas dependentes das outras mais importantes.

Para a determinação das partes que seriam consideradas como mais importantes e que por conseguinte atuariam como "base", foi criada uma classe de itens que são:

- Disponibilidade da peça.
- Custo da peça.
- Nível de interdependência com outros componentes.
- Flexibilidade de mudança sem comprometimento do conjunto.
- Volume relativo do componente em relação ao conjunto.
- Complexidade da peça ou sistema.

Os itens acima foram aplicados para os diversos componentes sendo atribuídos valores comparativos entre si, ou seja tal peça é mais cara do que outra portanto para sua definição deve se dispensar mais atenção, por exemplo.

Deste modo chegamos a quatro itens que consideramos como os mais importantes e que deveriam ser planejados com o maior cuidado possível para não comprometer a concepção dos demais componentes, os itens são:

- Estrutura (Chassi) .
- Suspensão.
- Motorização.
- Transmissão.

Note-se que no início deste capítulo foi citado que não foi possível a síntese e o desenvolvimento de um conjunto único, como no entanto era necessário à fixação de alguns como sendo a solução, nesta etapa o que foi realizado é a combinação entre os itens considerados importantes de modo que obteríamos diversos conjuntos de soluções possíveis.

Então tivemos a seguinte situação:

Estrutura - Soluções 1,2,3,4...n

Suspensão - Soluções A,B,C,D...

Motorização - Soluções I,II,III,....

Transmissão - Soluções a,b,c,d....

Veículo A = 1+A+I+a

Veículo B = 1+A+I+b

etc

Nas opções de soluções na medida do possível procurou-se manter em mente a idéia do veículo em suas características básicas de lazer, fora de estrada, agilidade etc.

Dentre as diversas soluções surgidas para o veículo (Veículo A, Veículo B etc) muitas delas - a grande maioria - foram abandonadas a nível de idéias, uma vez que mesmo com uma análise superficial não é difícil se notar que muito provavelmente não viria se tornar uma solução muito viável de ser concretizada e portanto não foram levadas a estudos mais aprofundados em fases seguintes.

Para a continuidade do processo de desenvolvimento do projeto neste capítulo faremos as citações das soluções possíveis sem maiores aprofundamentos .

A análise mais aprofundada das soluções finais adotadas podem ser encontrados nos capítulos correspondentes e integrantes do projeto.

Temos então que as soluções a serem estudadas seriam as seguintes:

Chassi

- Monobloco de chapa de aço
- Tubular
- Convencional tipo escada
- Chassi perimetral

Suspensões

- Macpherson
- Barras de torção - Tipo Volkswagen
- Braços "A" desiguais
- Eixo rígido e fações
- Eixos oscilantes

Motorização

- Motores de combustão interna
 - Automóvel
 - Motocicleta
 - Motor estacionário
- Motor elétrico

Transmissão

- Quantos eixos tracionantes
 - Dianteira
 - Traseira
 - Quatro rodas
- Meios de transmissão
 - Juntas homocinéticas
 - Eixo Cardan
 - Por atrito
 - Corrente

Nas páginas seguintes encontram-se algumas ilustrações das soluções propostas para melhor visualização das mesmas.

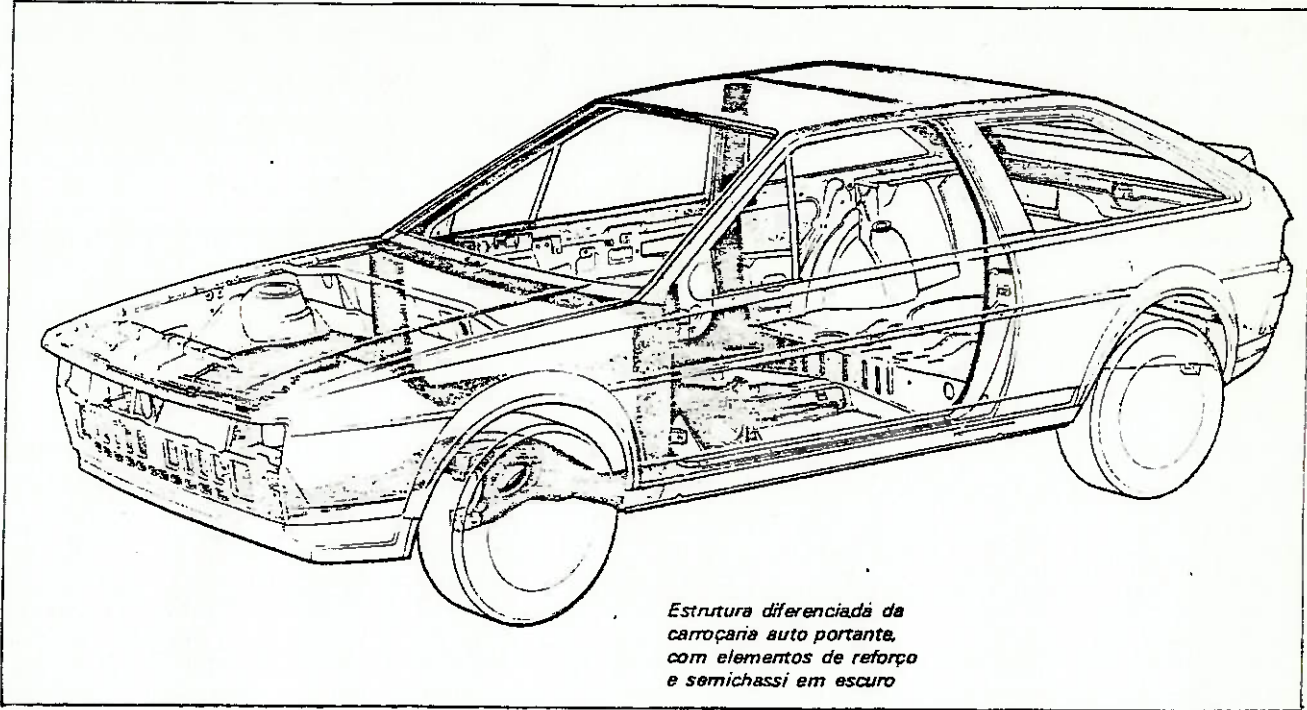


FIGURA 1

FIGURA 2
Estrutura Tubular

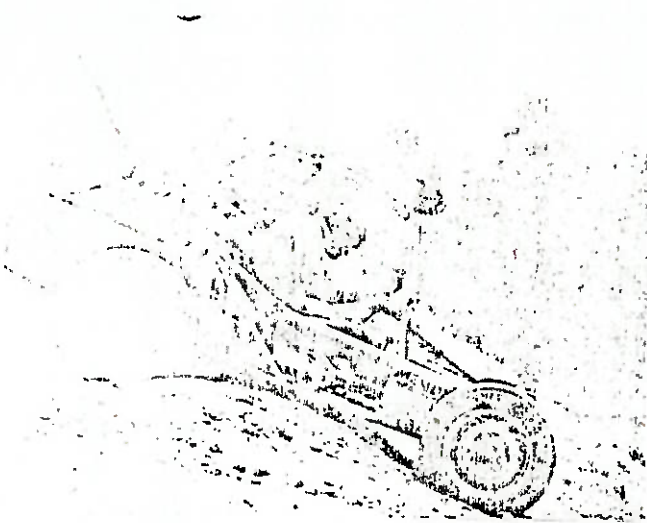


FIGURA 3
Chassi tipo escada

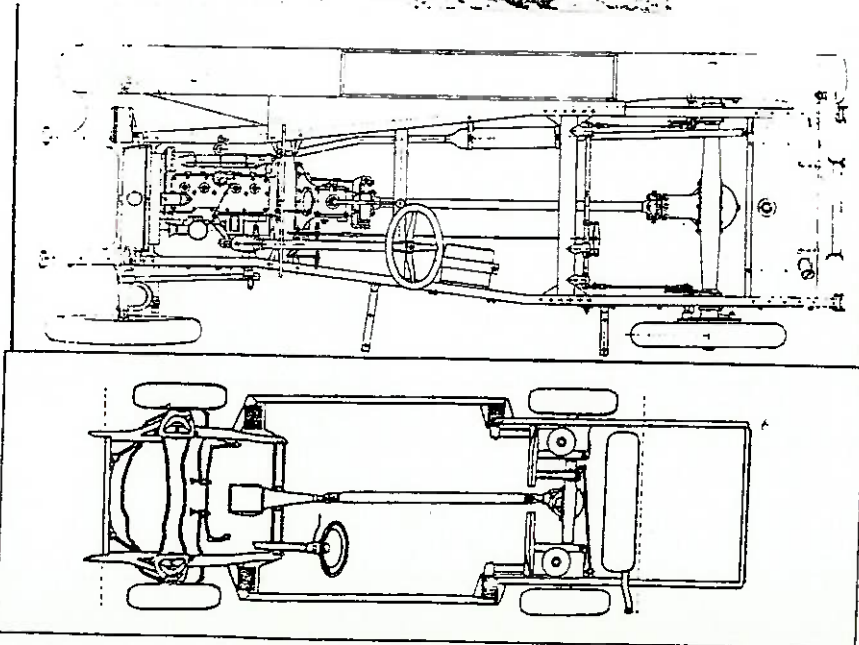


FIGURA 4
Chassi Perimetral
(Ford Landal)

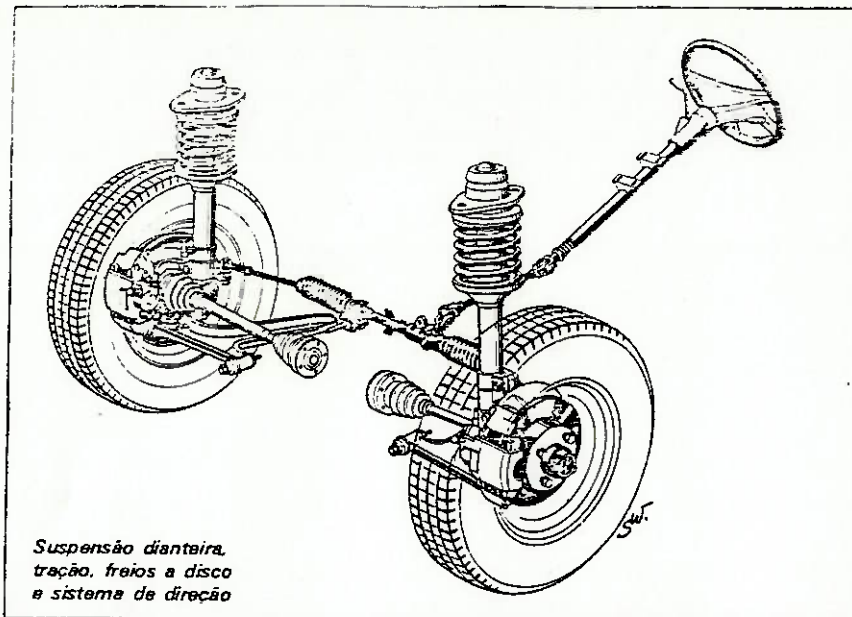
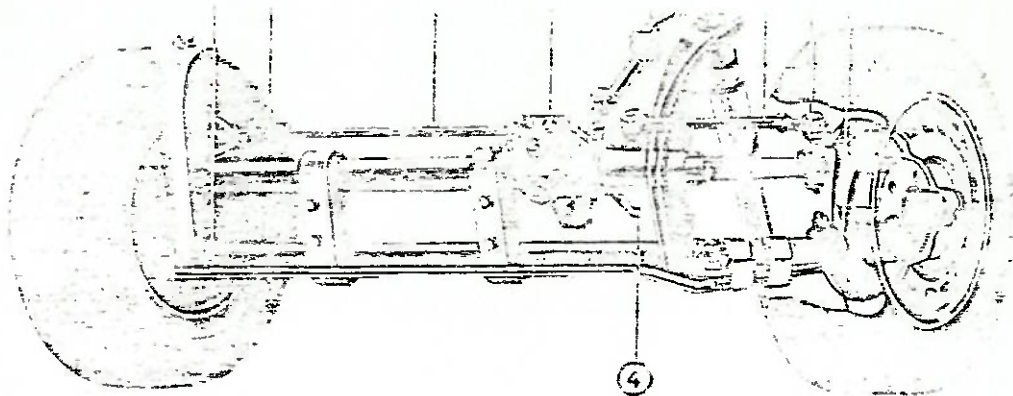
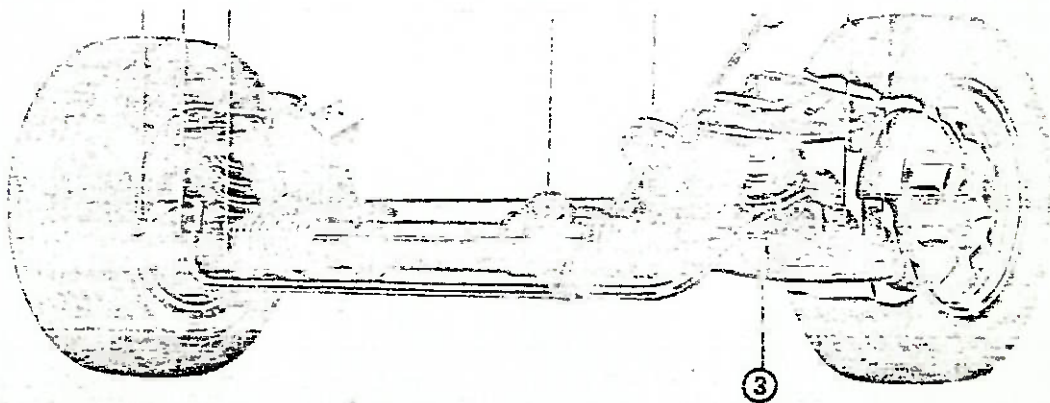


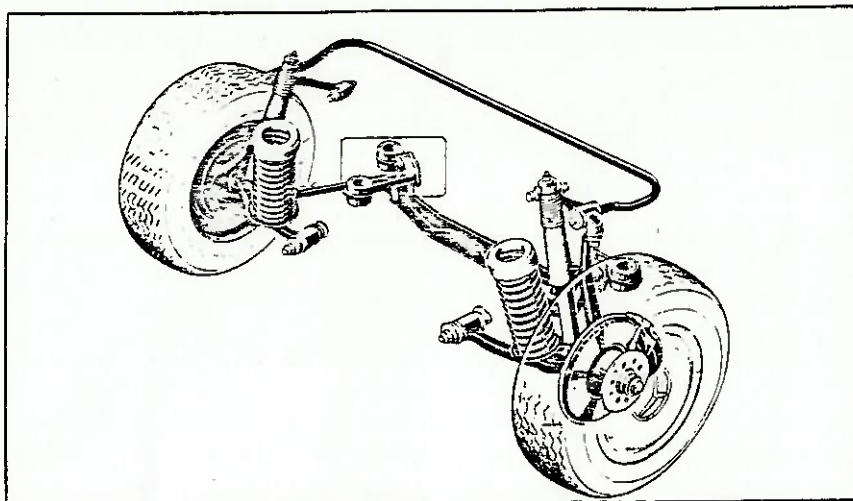
Fig. 5 - Suspensão tipo macpherson



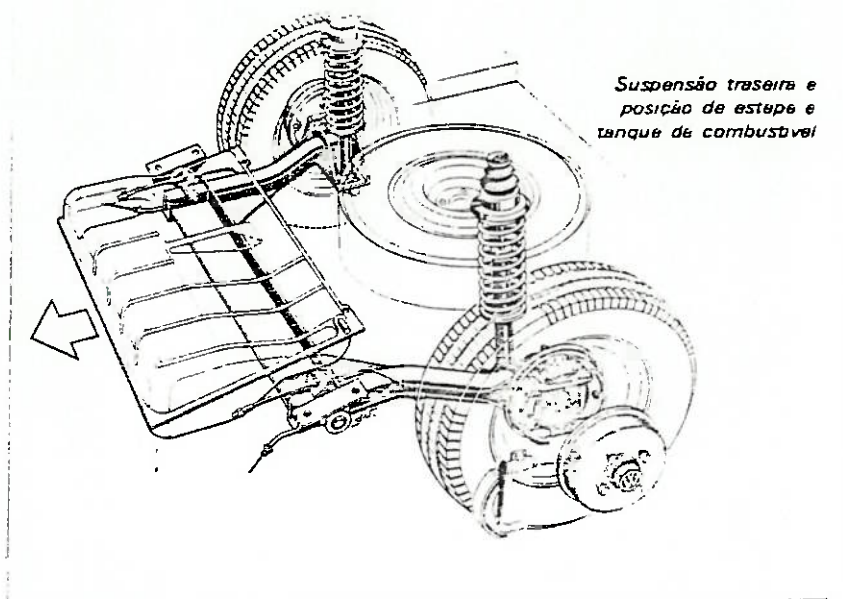
**Fig. 6 - Suspensão dianteira por barras de torção
sem tração e direção por setor e sem fim**



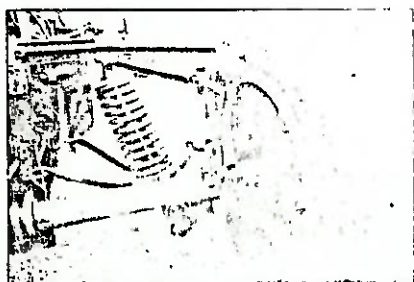
**Fig. 7 - Suspensão dianteira por braços desiguais
sem tração e direção por pinhão e cremalheira**



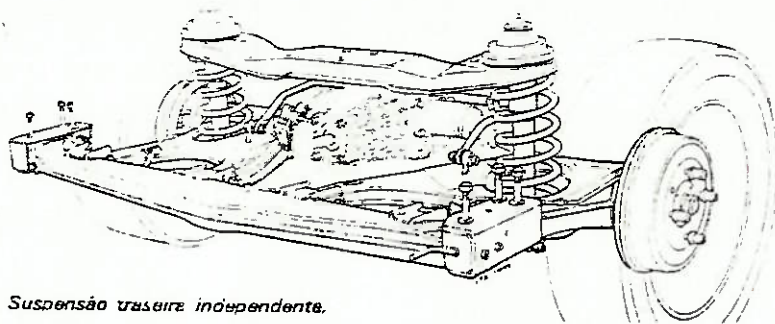
**Fig. 8 - Suspensão dianteira independente
por braços de posicionamento**



**Fig. 9 - Suspensão por eixo rígido
não tracionante**



**Fig. 10 - Suspensão no caso
de figure traseiro por
eixo oscilante e tracionante**



Suspensão traseira independente.

Fig. 11 - Suspensão independente e tracionante.

Dentre as combinações possíveis de serem realizadas com os itens citados anteriormente nem todas são exequíveis de modo a apresentar funcionamento satisfatório de modo que não serão nem ao menos citados como solução nos parágrafos a seguir; por exemplo a combinação de tração nas quatro rodas com transmissão por atrito, provavelmente devido à perda na transmissão e à disposição devido as transmissões o resultado não seria muito satisfatório.

Desta maneira chegamos a algumas soluções que a priori se mostram como as viáveis de serem concretizadas.

Solução I

- Chassi tubular
- Suspensão dianteira por barras de torção
- Suspensão traseira por barras de torção
- Conjunto motor-transmissão de automóvel

Solução II

- Chassi tubular
- Suspensão dianteira por braços "A"
- Suspensão traseira por eixo rígido
- Conjunto motor-transmissão de automóvel

Solução III

- Chassi tubular
- Suspensão dianteira por eixos oscilantes
- Suspensão traseira por eixo rígido
- Motor estacionário
- Variação de velocidade por atrito; polias variáveis

Solução IV

- Chassi tubular
- Suspensão dianteira por eixos oscilantes
- Suspensão traseira por eixo rígido
- Conjunto motor transmissão de motocicleta

Como já foi citado as soluções possíveis são inúmeras mas por questões de viabilidade técnico /financeira os estudos mais aprofundados se ateram às quatro soluções anteriormente citadas para podermos proceder a escolha da aparente melhor solução que seria objeto de estudo do projeto básico.

Não devemos nos esquecer que seja qual for a solução escolhida, deve atender ou pelo menos responder mais fielmente possível às características determinadas na análise de viabilidades.

Então sobre esta ótica analisemos as quatro soluções pré-selecionadas. No caso deste projeto, esta pré -seleção das soluções faz parte do conjunto global do desenvolvimento do projeto onde a real exequibilidade do projeto é muito levado em consideração o que faz refletir nesta pré-seleção e também em futuras escolha e determinação de soluções.

Solução I

A apreciação dos componentes desta solução nos leva a concluir que esta solução se assemelha muito aos veículos chamados de "Gaiola" mesmo que venhamos a adotar soluções diversas para os sistemas. Os veículos tipo "Gaiola" em geral adotam chassi tubular de aço em geral \varnothing 3/4 ou \varnothing 1/2 unidos por solda, suspensões da linha Volkswagen e também motor e transmissão desta marca.

Os motivos para o uso dos componentes desta marca são o menor custo em comparação aos componentes mecânicos de outras marcas comprovada robustez e principalmente a facilidade de adaptação destes componentes a nível de fixações que são mais simples.

A adoção desta solução traria uma série de vantagens quanto à realização uma vez que os componentes básicos podem ser encontrados no mercado de autopeças e desmanches com certa facilidade.

No entanto esta solução tornaria mais difícil atender ao requisito de baixo custo uma vez que os veículos semelhantes os "Gaiolas" apresentam custo de compra não muito baixo relativamente a um veículo de uma montadora, de modo que provavelmente o custo do mesmo não seria muito diferente e acabaria se afastando da proposta de baixo custo.

Além do fator do custo pesar contra esta solução, outro ponto seria de que a nível do estudo de manufatura dos componentes seria menos "interessante" se comparada a uma solução na qual maior número de componentes tenham que ser desenvolvidos e manufaturadas ainda que isto signifique multiplicado a quantidade de tarefas a serem realizadas.

Outro ponto é o problema da adaptação, isto é sendo peças e componentes não desenvolvidos especificamente para este veículo o desempenho dos componentes pode incompatibilizar a sua utilização.

E apenas para citar mais um motivo para o abandono desta solução temos a questão da originalidade e também de estética, uma vez que já existem diversos veículos "Gaiola" não haveria muito interesse no veículo a não ser que apresentasse alguma característica que o diferenciasse e o fator estético entra na medida que pelo menos 50% dos componentes do grupo não apreciam esta concepção.

Pertanto pelo exposto acima esta solução seria abandonada nesta fase .

Solução II

Esta solução é bastante semelhante à anterior apresentando diferenças a nível de execução apresentando pontos peculiares. Ao contrário dos componentes da linha Volkswagen com motor refrigerado a ar que apresentam grande facilidade para adaptação

(continua)

(continuação)

apresentam grande dificuldade para a adaptação em estruturas para as quais não foram projetadas, e esta adaptação seria um grande exercício de inventividade e criatividade.

Por exemplo podemos citar o caso das suspensões tipo macpherson, um ponto de grandes problemas seria a adaptação em função da fixação da torre coaxial que contém a mola e o amortecedor que exige uma posição espacial nem sempre fácil de se reproduzir.

Como se pode notar com a explanação acima a adaptação de componentes - pelo menos enquanto conjuntos completos - a nível de obtenção dos componentes facilitaria o andamento do projeto, no entanto os possíveis problemas oriundos desta adaptação poderia anular senão superar as facilidades iniciais, este fato somado aos citados na solução anterior também faz com que abandone-se esta solução.

Solução III

Um veículo com as especificações básicas como a desta solução, nos levam a imaginar um veículo do tipo minicarros encontrados no mercado.

Os veículos tipo minicarro em geral são concebidos para crianças devido ao seu porte, possuem estrutura tubular, em geral motor estacionário - Caetano Branco, Montgomery ou Yanmar refrigerados a ar, de 3,5 , 6 , ou 8,25 CV - Transmissão por embreagem centrífuga ou polias variadoras e transmissão secundária por corrente e por questões construtivas suspensões de curso restrito .

Estes veículos como tal são válidos tendo em vista o mercado ao qual é destinado, isto é na quase totalidade para crianças utilizando em passeios.

Como estes veículos não são homologados para o tráfego por vias "normais", os dados de performance advindos dos motores de baixa potência são suficientes e também adequados ao público ao qual se destina.

Para atender as características propostas para este projeto esta concepção é válida na medida em que atende às necessidades de baixo custo - possível na medida que devido ao reduzido volume, a quantidade de material necessário é menor logo um custo um pouco menor, agilidade e baixo peso.

O item desempenho depende de um estudo mais aprofundado do conjunto motor-transmissão, mas a priori um motor de maior potência tornaria a relação peso/potência mais favorável ao desempenho como velocidade máxima, acelerações.

Obviamente o que se pode aproveitar dos minicarros é a parte de concepção e talvez alguns componentes, no entanto como já foi dito anteriormente a especificação destes veículos é diversa daquelas propostas para este projeto, logo todos os componentes caso sejam adotados devem ser revistos:

- Chassi - Deverá ser redimensionado para uma pessoa adulta
- Suspensões - Além de suportar maior peso deverá atender a possibilidade de uso no fora de estrada
- Motor - Provavelmente deverá ser adotado uma opção de maior potência sem prejuízo da relação custo/benefício
- Transmissão - Depende de um maior e mais aprofundado estudo, para viabilidade ou não do uso da transmissão encontrado nestes veículos, em caso negativo desenvolver outra solução.

Então concluindo a explanação acerca desta solução podemos aproveitar as idéias básicas desta solução, sendo necessário adaptações para poder atender às características propostas, logo esta solução será levada adiante para maior estudo da possibilidade de desenvolvimento da solução.

Solução IV

Esta solução analisada superficialmente é praticamente a mesma solução que a anterior apresentando variação no que diz respeito ao conjunto motriz que ao invés de utilizar um motor estacionária utiliza um conjunto motor-transmissão de motocicleta.

Como o conjunto desta solução é praticamente o mesmo da solução anterior não vamos perder mais tempo no estudo desta parte vindo a dar maior atenção ao conjunto motor-transmissão.

O conjunto motor-transmissão encontrado nas motocicletas atuais é fundido numa carcaça única sendo impraticável a separação entre motor e transmissão como nos automóveis em geral.

Este fato traz vantagens e desvantagens para a adaptação em outros meios. Como o conjunto é único torna-se muito complicado tecnicamente tentar-se desenvolver uma transmissão secundária que não seja por corrente, por se só não seria um empecilho, no entanto caso se opte por outros meios para a transmissão final a solução irá exigir mais tempo e trabalho.

Segundo fator a se considerar é o fato do formato construtivo estar restrito àquele do conjunto sem maior flexibilidade e que no futuro poderia trazer uma série de problemas, como veio quando do desenvolvimento da transmissão de potência do motor ao eixo.

Outro fator é a relação de marchas ser restrita àquela do conjunto de origem sendo proibitivo se tentar alterar os mesmos em termos de custo e dificuldades técnicas. Nota-se também que as caixas de mudança para motocicleta não possuem a marcha-à-re que são perfeitamente dispensáveis nas motocicletas.

No entanto o fato do conjunto de transmissão já estar totalmente definido se traduz em uma série de vantagens na medida em que elimina uma série de trabalhos a serem executados e também já cria uma série de parâmetros que servem para cercar a solução final.

Também podemos levar em consideração o fato de um motor de motocicleta ser veicular, portanto sendo adaptado ao uso sem maiores restrições em termos de vibrações externas, variações de temperatura, condições atmosféricas e também pelo fato de ser um motor de motocicleta ser muito bem realizado esteticamente pois é um órgão exposto e também apresentar vedação contra vazamentos melhor do que em motores de automóvel.

Desta forma pesando os aspectos desta solução temos que podemos assumir esta solução como também sendo viável de ser levada adiante, logicamente necessitando de estudos mais aprofundados.

Concluindo, desta fase do projeto fica definido que:

- Certas partes funcionarão como base para as demais sendo eles:
 - Estrutura/chassi
 - Suspensão
 - Motorização
 - Transmissão
- Serão levadas adiante para maior estudo duas soluções:
 - Solução III
 - Solução IV

III- O PROJETO BÁSICO

Na fase anterior do projeto acabamos nos atendo a dois conjuntos de soluções que aparentemente s-ao as mais viáveis de serem concretizadas. Devemos então agora escolher entre as duas opções aquela que seja a melhor das soluções.

Para proceder a escolha da melhor solução consideremos uma série de características que consideramos importante para o perfeito atendimento das necessidades, possibilidade de execução, viabilidade da construção e viabilidade econômico/financeira.

Seriam estas características:

Necessidades - Baixo peso

- Dimensões reduzidas

- Agilidade

- Baixo peso

- Capacidade de utilização no fora de estrada

Manufatura - Obtenção dos componentes

- Custo dos componentes ou materiais empregados

- Disponibilidade do material

- Tecnologia envolvida

- Tempo de trabalho previsto

- Quantidade de peças

- Qualidade exigida

- Vinculação com outros componentes

Como já foi feito anteriormente a comparação do conjunto como um todo de solução se torna muito complicado devido aos diversos itens envolvidos então para proceder a escolha, a comparação será realizada sistema versus sistema para então proceder a balanço geral e optar-se pelo conjunto que aparentemente mostre maior número de vantagens e menor número de dificuldades.

Retomando o processo de escolha da melhor solução temos a seguinte quadro:

Estrutura/Chassi

Nos dois casos a concepção é idêntica ou senão muito próxima em idéias sendo equivalentes.

Suspensão Dianteira

A opção por eixos oscilantes independentes nos dois casos se deve principalmente aos pré estudos realizados, sendo semelhantes nos dois casos.

Suspensão traseira

Neste componente a concepção é a mesma basicamente, então a nível de escolha não vai representar um item decisivo.

Motorização

O item motor ao contrário dos anteriores temos consideráveis diferenças, para maior facilidade analisemos por itens:

	Estacionário	Motocicleta
Cilindrada	106,136,252	125,135,150,180,200
(cc)	320	250,350,450,600,750
Potência	3,5 ; 6; 8,25	11 até 82
(CV)		
Consumo específico	não foi possível obter no entanto acreditamos equivalentes	
Peso	"	
Volume do conjunto	Equivalentes de acordo com a potência	
Ciclo	2 ou 4 tempos	
Combustível	Gasolina comum	
Custo de compra	Não pesquisado	Não fornecido (estipulado em 70%) do valor da moto
Disponibilidade	Apenas novos	NOvos ou em desmanches
OBS.	Possui refrigeração forçada para uso estacionário	Possui a transmissão primária e caixa de cambio

Neste item a potência esperada do motor segundo estudos prévios levando em consideração o peso do veículo o desempenho e o custo do veículo deverá ser da ordem de 16 a 20 cv , neste ponto os motores de motocicleta levam uma vantagem uma vez que oferecem um maior número de opções.

Em termos de utilização motores que apresentem uma faixa útil de potência mais larga possível são mais desejáveis, neste ponto os motores de ciclo 4 tempos em geral marcam pontos em relação aos motores de 2 tempos, uma vez que motor estacionário nesta categoria , 4 tempos só existe a opção do motor da Yanmar novamente os motores de motocicleta levam uma vantagem para serem utilizados neste projeto.

Outro fato a ser analisado é que os motores estacionários praticamente são disponíveis para compra novos pois quase inexistente o mercado de motores usados pelo menos desta classe, ao passo que motores usados de motocicleta são disponíveis até com relativa facilidade no mercado de peças ainda que em muitos casos as condições mecânicas e/ou legais sejam duvidosas, isto e custo relativamente não muito alto (valor alto/baixo subjetivo) .

Caso este projeto seja encarado como um produto objeto de comercialização, os componentes deverão ser novos, neste ponto o custo dos motores estacionários e de motocicleta acreditamos não apresentem grande diferença.

O aspecto disponibilidade para motores novos caso este item tivesse maior importância , necessitaríamos de uma reavaliação da situação pois pesquisas em concessionários autorizados os motores de motocicleta não seriam disponíveis em números grandes, sendo disponíveis preferencialmente para reposição, dando a entender que caso fosse utilizado para a fabricação comercial de um veículo não estariam disponíveis.

Transmissão

Num dos casos temos o conjunto do cambio ligado ao motor como parte de um conjunto único, e também todo o conjunto de transmissão.

As implicações desta solução já foram discutidas em suas vantagens e desvantagens no capítulo anterior.

Caso se faça a opção pelo uso do motor estacionário o conjunto de transmissão deverá ser totalmente desenvolvido. Isto englobaria o conjunto da embreagem seja qual for o tipo e ser desenvolvido, monodisco, multidisco ou de fricção centrífuga e possivelmente algum conjunto variador de velocidade seja por caixa de cambio, ou polias variáveis para poder melhor aproveitar a potência disponível do motor.

Então note-se a quantidade de problemas a serem resolvidos em se adotando a solução de se desenvolver uma transmissão aumentaria muito, sendo desta forma esta opção será passada a segunda opção. Esta solução será retomada caso a opção pelo conjunto de transmissão pronto não seja satisfatório.

A seguir temos duas ilustrações para melhor visualização das opções de transmissão que foram abandonadas.

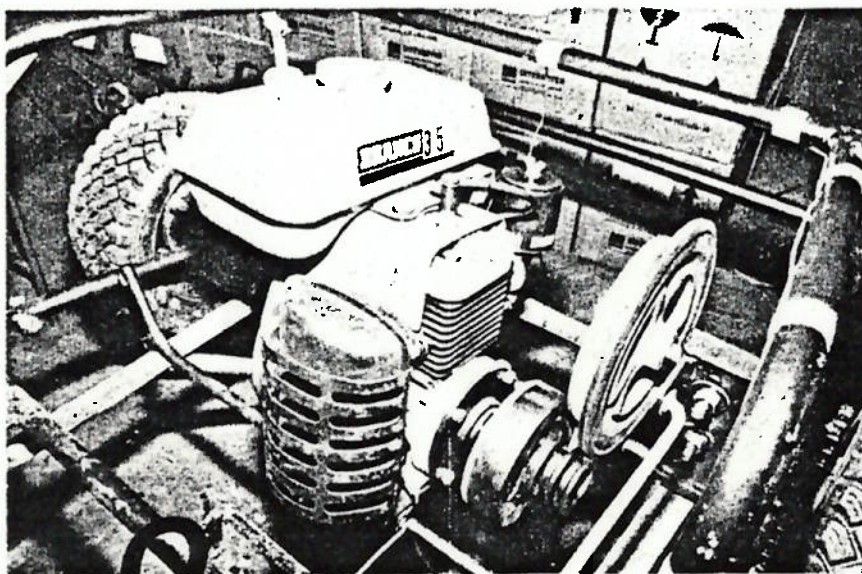
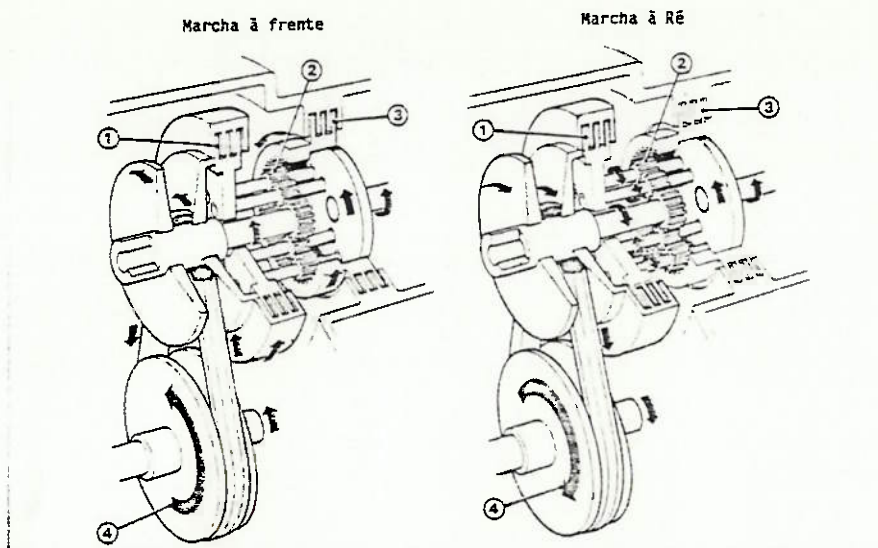


Fig. 12 - Motor estacionário Caetano Branco com transmissão por embreagem centrífuga



MARCHA A FRENTE

(1) Embreagem dianteira trabalhando; jogo de engrenagens planetárias solidárias à engrenagem central, com transmissão de força direta à polia; (2) Planetárias não giram; (3) Embreagem de marcha a ré, fora de função; (4) Polia de saída de potência gira para a frente.

MARCHA A RÉ

(1) Embreagem dianteira fora de função; (2) Engrenagens planetárias giram; (3) Embreagem de marcha a ré trabalhando; (4) Polia de saída de potência gira para trás.

Fig. 13 - No caso um variador de velocidade por polias variáveis, no exemplo o conjunto é o CVT da Van Doorne utilizado no auto UNO-SELECTA

Lavando-se em consideração os itens encontrados nos parágrafos anteriores em termos de motor e transmissão a opção mais a ser adotada como sendo a mais viável do ponto de vista de viabilidade financeira, técnica, de tempo será o conjunto motor-transmissão de motocicleta.

A Seguir passaremos a adoção de alguns parâmetros para podermos especificar em mais detalhes as soluções adotadas.

Os valores admitidos como parâmetros são de certo modo até subjetivos mas foram baseados em dados colhidos em revistas e na experiência própria em relação a veículos fora de estrada.

Peso - em ordem de marcha - 120 Kgf

Dimensões - Comprimento - 2000 mm

Largura - 1200 mm

Altura - 1100 mm

Vão livre - 300 mm

Curso da sus. - 200 mm

Neste ponto do projeto se faz necessária uma maior clareza nos detalhes das soluções, após estudos adotaram a seguinte forma:

Chassi

- Realizado em tubos de aço
- União por meio de solda
- Utilização do mínimo número de elementos possíveis
- Concepção a mais simples possível

Suspensão Dianteira

- Independente
- Elementos de ação - mola helicoidal e amortecedor telescópico
- Braço "A" simples, imitando bandeja

Suspensão Traseira

- Eixo rígido
- Posicionamento por feções
- Elementos de ação - mola helicoidal e amortecedor telescópico

Motor transmissão

- Adotado um conjunto de motocicleta
- Mais desejável um motor de 4 tempos de cerca de 15cv

ANÁLISE DE COMPATIBILIDADE

Chassi

Em termos de resistência a execução do chassi em tubos de aço deve ser satisfatório se traçarmos um paralelo com os veículos tipo "Gaiola". Isto é mesmo utilizados em competições as estruturas destes veículos têm se mostrado bastante eficientes e seguros mesmo sendo bastante exigidos então sendo realizado com certo critério a resistência da estrutura deve ser análoga.

Sendo que os veículos tipo gaiola se utilizam de tubos de $\phi 3/4$ ou $\phi 1/2$ " sem costura utilizando-se os mesmos não devem surgir maiores problemas.

Para a fabricação dos elementos do chassias operações seriam:

- Corte - Feito na Serra elétrica do laboratório do departamento
- Curvamento - Na curvadora Manual , foi fonte de grandes problemas devido à não compatibilidade entre a polia da curvadora e o tubo utilizado e também ao excesso de esforço empregado causando a quebra do equipamento.
- Acabamento - Realizado no esmeril sem maiores problemas.
- Solda - Realizado com solda por arco sem a preocupação maior no eletrodo a ser utilizado, o maior problema foi a falta de prática tendo recebido vital ajuda do funcionário Paulo .

Um problema sério é o da gabaritação do chassi uma vez que a estrutura é tridimensional, no caso foi resolvido com desenhos em vista, no entanto a melhor solução seria a de confecção de gabaritos em peças especiais.

Suspensões

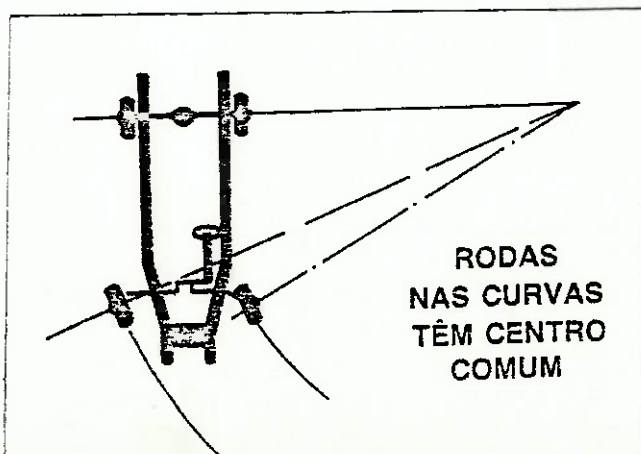
A disposição final adotada pode ser observada de maneira mais claramente no volume correspondente, note-se que por esta construção o angulo de cambagem das rodas dianteiras seria variável em função da posição do curso da suspensão, trata-se de um comportamento indesejável mas para as velocidades de trânsito deste veículo este comportamento não será muito prejudicial.

As peças da suspensão dianteira foram realizadas em tubos devido à maior facilidade de manipulação dos mesmos ao contrário das chapas onde para adquirir a forma desejada ou deveria ser estampada, muito difícil, ou sofrer muitas dobras nem sempre muito fáceis de se conseguir.

Os elementos de ação mola e amortecedor foram adotados em função de se adequarem em carga necessária, facilidade de obtenção e por ocupar menos espaço e também por facilitar a fixação da mola e amortecedor.

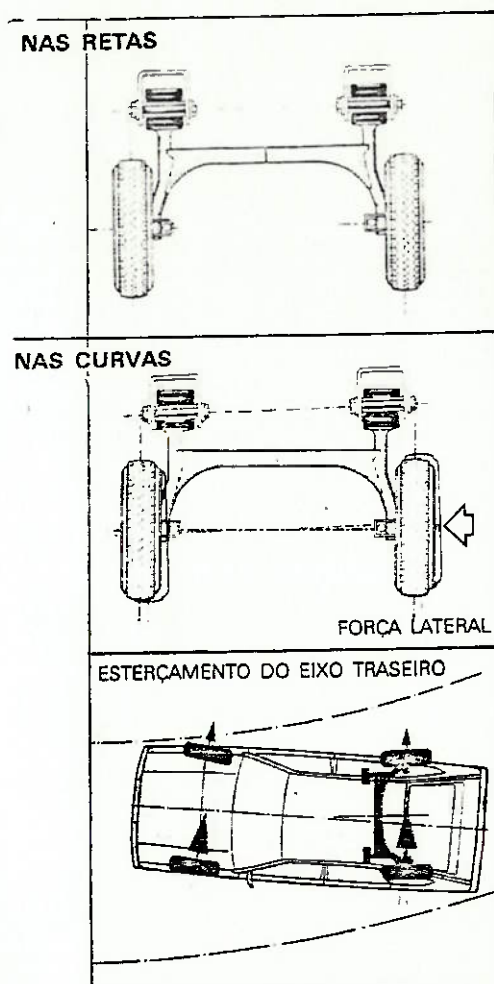
Para facilitar a realização do conjunto de tração o eixo traseiro é rígido pois a adoção de um diferencial se mostrou inviável técnica e economicamente, este fato facilitou também a realização do freio que acabou sendo adotado somente no eixo traseiro por questão de simplificação técnica.

No entanto o eixo traseiro rígido sem diferencial traz o problema de arraste das rodas, que no caso do veículo ser utilizado no fore de estrada não trará maiores problemas devido ao deslizamento se realizar sobre a terra.



A figura da página anterior serve para ilustrar o problema da necessidade de compensação de trajetórias na realização de uma curva entre as rodas de um mesmo eixo.

O eixo traseiro é posicionado geometricamente por meio de facões, se de uma maneira simplificada o trabalho de confecção trouxe o problema de baixa inércia dos facões para dimensões perpendiculares à sua seção longitudinal, isto quando sofre esforços laterais escarreta no aparecimento de um efeito análogo ao mostrado na figura abaixo e que para ser resolvido exigiu a colocação de uma barra estabilizadora



Motor e transmissão

Em termos de espaço o motor adotado se "casou" bem no conjunto sem maiores problemas, em termos de potência e torque acreditamos que sendo o conjunto cerca de 50kgf mais pesado do que o veículo original do motor (moto CG-125 , Honda) , não apresentará maiores problemas, devendo apresentar desempenho um pouco inferior devido ao maior peso e relação de transmissão mais "curtos" e consumo um pouco maior, necessitando de um teste futuro para comprovação.

A instalação não apresentou maiores problemas bastando confeccionar alguns apoios, pois na motocicleta a fixação é bem simples diferindo um pouco dos automóveis onde existem coxins especiais para tal função.

Notadamente o calcanhar de aquiles da utilização deste conjunto propulsor é a falta de uma marcha-à -ré, que se possível num futuro próximo deverá ser resolvido em nome da boa engenharia.

Na confecção dos apoios do motor a fase mais difícil foi a determinação das cotas destas peças, para tal o procedimento foi o uso de modelos de papelão (fácil manuseio) para depois ser confeccionado em chapa.

IV - COMENTÁRIOS FINAIS

Uma máquina para ser realmente bem projetada nos seus mínimos detalhes, estudando o seu funcionamento e dimensionando cada item demanda muito tempo, tempo este que nos foi escasso para tudo o que gostaríamos de ter realizado.

Deste modo muitas coisas tiveram que ser resolvidas na intuição e chute, mas acreditamos que o resultado seja válido como experiência que sirva como lição de como transformar algo do papel para o "real".

Para o bom andamento uma maior familiarização com a fabricação em si teria sido de grande ajuda, assim como a presença de pelo menos uma pessoa mais ligada diretamente à oficina para orientação.

Sabemos que muitos detalhes ainda podem ser melhorados no veículo, bastando para isto mais um pouco de tempo e disposição.

Agradecemos a todos e sem mais comentários.

Bibliografia

A bibliografia é comum aos quatro volumes do projeto " DACAFIKO ". Assim, a literatura de um determinado livro desta bibliografia que poderá não ser utilizada neste volume certamente será usada em um dos demais.

- 1 - Dimensionamento - Bóris Zampese
- 2 - Catálogo Geral - SKF
- 3 - Normas para desenho técnico - ABNT
- 4 - Apostila : Mancais de Rolamento - Bóris Zampese
- 5 - Manual da PROTEC
- 6 - Manual da ABPA - Associação Brasileira de Pneus
e Aros
- 7 - Revistas especializadas - Quatro Rodas
 - Oficina Mecânica
 - Duas Rodas