

2298746

ESCOLA POLITECNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

TRABALHO DE FORMATURA

GASOGÊNIO - ESTUDO E APLICAÇÃO

AUTORES. JOSÉ SILVÉRIO ACCETTURI
LUIZ AMÉRICO MARTINS
LUIZ A.G.DOS SANTOS SOBRINHO
LUIZ CARLOS FLORES
LUIZ DA SILVA JR.

1981

AGREDECIMENTOS

Agradecemos a orientação dispensada pelo Professor José Maria Saiz Jabardo e a preciosa ajuda do Sr. Oswaldo Scauri e demais funcionários envolvidos.

Agradecemos também aos colegas Victor e Rubens pela cessão de parte da aparelhagem utilizada.

PREFÁCIO

O presente trabalho estudará a utilização do gasogênio em motores de combustão interna, visando esclarecer os aspectos de seu funcionamento, bem como sua operação, instalação e manutenção.

Os primeiros capítulos abordarão os fundamentos teóricos de cada componente da instalação de um aparelho de gasogênio, dando ênfase aos seus aspectos funcionais, sem a preocupação com cálculos de projeto.

Os aspectos da instalação dos componentes de um gasogênio em um veículo serão analisados em um capítulo isolado.

Os capítulos finais relatarão os testes comparativos realizados em dinamômetros e sugerirão novos testes a serem realizados visando o aperfeiçoamento do sistema.

Pretende-se, com isto, fornecer os fundamentos necessários para a elaboração de um eventual projeto.

II

Os capítulos foram redigidos por:

CAPÍTULO I - Luiz A. G. dos Santos Sobrinho

CAPÍTULO II - Luiz Carlos Flores

CAPÍTULO III - Luiz Américo Martins

CAPÍTULO IV - Luiz da Silva Jr.

CAPÍTULO V - José Silvério Accetturi

NOTA: - Embora cada capítulo tenha sido redigido por uma só pessoa, todos os componentes foram responsáveis pelo trabalho, participando, tanto da elaboração dos textos, como da realização dos testes práticos.

ÍNDICE

Agradecimentos	
Prefácio	I
<u>CAPITULO I</u> - Gasogênio e seus componentes	. 1
1. Introdução	. 2
2. História	. 3
3. Componentes	. 5
3.1 Gaseificadores	. 5
3.2 Filtros	. 5
3.2.1 Filtros à base de líquidos	. 6
3.2.1.1 Filtros de Impacto com água	. 7
3.2.1.2 Filtros a banho de água	. 8
3.2.1.3 Filtros de impacto a óleo	. 8
3.2.1.4 Filtros a banho de óleo	.10
3.2.2 Filtros secos	.12
3.2.3 Filtros primários	.14
3.2.3.1 Câmaras de expansão	.14
3.2.3.2 Filtros de Chicana	.15
3.2.3.3 Filtros Centrífugos- Ciclones	.16
3.2.4 Filtros de Segurança	.17
3.3 Resfriadores	.18
3.3.1 Resfriadores tubulares	.19
3.3.2 Resfriadores de metal	.20
3.3.3 Tubos de aletas	.21
3.3.4 Resfriadores de superfície	.22
3.4 Geradores de vapor d'água	.22
3.5 Componentes adicionais	.25
4. Considerações Gerais	.29
 <u>CAPÍTULO II</u> - Gaseificadores	 .31
1. Introdução	.32
2. Gaseificação	.33

2.1	Influência da temperatura de gaseificação	.34
2.2	Efeitos da velocidade do ar	.36
2.3	Adição de vapor de água	.36
2.4	Zonas do gaseificador	.38
3.	Tipos de gaseificadores	.40
3.1	Fluxos Ascendentes	.40
3.2	Fluxos descendentes	.41
3.3	Fluxo lateral	.43
3.4	Outras possibilidades	.44
4.	Combustíveis: Características e tipos	.46
4.1	Características do combustível	.46
4.1.1	Tamanho	.46
4.1.2	Umidade	.47
4.1.3	Cinzas e Escória	.47
4.1.4	Reatividade	.49
4.1.5	Matérias voláteis	.50
4.2	Tipos de combustíveis	.51
4.2.1	Carvão de lenha	.51
4.2.2	Lenha	.52
4.2.3	Linhito	.53
4.2.4	Coque de baixa temperatura	.53
4.2.5	Antracito	.54
5.	Gás	.55
5.1	Poder calorífico	.56
5.2	Quantidade	.57
5.3	Temperatura	.57
CAPÍTULO III - Aplicação do Gasogênio		.58
3.	Aplicação do gasogênio	.59
3.1	Introdução	.59
3.2	Sistema Gaseificador	.59
3.2.1	Circuito do Sistema do Gasogênio	.59
3.2.2	Arranjo dos componentes	.60
3.3	Dimensões e princípios de funcionamento dos componentes	.60

3.3.3 Trocador de calor	.62
3.3.4 Filtro de manga	.62
3.3.5 Filtro de segurança	.63
3.3.6 Misturador de ar	.63
3.3.7 Válvula borboleta	.63
3.3.8 Válvula de três vias	.63
3.4 Operações do sistemas de gaseificação	.63
3.4.1 Partida do Sistema	.67
3.4.2 Operação do veículo	.68
3.4.3 Manutenção do gasogênio	.69
3.5 Sugestões para melhorias do sistema	.69
 CAPÍTULO IV - Parte Prática - Ensaio	 .72
1. Objetivos	.73
2. Dados Gerais	.74
3. Descrição do Dinamômetro	.75
3.1 Procedimento	.75
3.2 Esquema de instalação	.76
4. Previsão de Desempenho - Desenvolvimento Teórico	.78
4.1 Determinação da capacidade de rampa	.78
4.1.1 Forças resistivas	.78
4.1.2 Força bruta	.79
4.2 Determinação das acelerações	.80
5. Tabela 5 - Resistência ao movimento	.82
5.1 Tabela	.82
5.2 Resistência ao rolamento + Resistência total	.83
6.	.
6.1 Resistência do ar	.83
6.2 Resistência ao rolamento	.84
7. Dados do dinamômetro - forças brutas	.84
7.1 Tabela	.86

VI

8. Capacidade de rampa - gasolina	. 87
8.1 1ª a Ré	. 87
8.2 2ª	. 87
8.3 3ª	. 87
8.4 4ª	. 88
9. Força líquida - gasolina	. 88
10. Previsão de aceleração:ensaio a gasolina	. 90
10.1 0-80 km/h- marchas usadas:1ª,2ª e 3ª	. 90
10.2 0-100 km/h-marchas usadas: 1ª,2ª e 3ª	. 91
10.3 0-100 Km/h-marchas usadas: 1ª,2ª,3ª e 4ª	. 91
11. Tabela	. 92
12. Capacidade de rampa - gasogênio	. 93
12.1 1ª à Ré	. 93
12.2 2ª	. 93
12.3 3ª	. 93
12.4 4ª	. 94
13 Tabela	. 95
14.Previsão de aceleração: ensaio à gasogênio	. 96
14.1 0-100 marchas usadas: 1ª, 2ª e 3ª	. 96
14.2 0-100 marchas usadas: 1ª, 2ª e 3ª	. 96
14.3 0-100marchas usadas : 1ª, 2ª e 3ª	. 97
15.Conclusões	. 98
CAPÍTULO V - Testes Requeridos	. 99
1. Ensaio do dinamômetro de chassis	.100
2. Testes a serem realizados com o gasogênio	.102
ANEXO I - Funcionamento do Dinamômetro de chassis	.106
ANEXO II - Análise dos gases produzidos pelo gasogênio	.108
Aparelho de Orsat	.108
Cromatografia de gases	.109
ANEXO III - Medição do P.C. do Carvão vegetal por bomba calorimétrica	.111

ANEXO IV - Medição da temperatura dos gases

112

APÊNDICE A - Gráficos referentes às tabelas do capítulo IV

A.1 - Gráfico 1 - Curvas comparativas torque e potência

A.2 - Gráfico 2 - Previsão de Desempenho - gasolina

A.3 - Gráfico 3.1- Previsão de Acelerações - gasolina

A.4 - Gráfico 3.2- Idem, A.3.

A.5 - Gráfico 4 - Previsão de desempenho - gasogênio

A.6 - Gráfico 5 - Previsão de acelerações - gasogênio

Esquema da Instalação: vista frontal

76

Esquema da Instalação: vista posterior

Detalhe: ventilador

Detalhe: misturador

Ensaio: vista geral

Figura 1.1 Dinamômetro de chassis

100

Figura 1.2 Dinamômetro de bancada

101

Figura II.1 Aparelho de Orsat

108

Figura II.2 Cromatografia de gases

109

Bibliografia

113

C A P Í T U L O I

Gasogênio e seus componentes

1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo, desenvolver-se-á o estudo dos componentes do aparelho de gasogênio, abordando, principalmente, os aparatos de limpeza e resfriamento dos gases provenientes da queima do combustível sólido no gaseificador, sendo este, objeto de estudo do capítulo seguinte.

2. HISTÓRICO

Os primeiros aparelhos de gasogênio surgiram no século passado. Os mais antigos, datam de 1839, produzido por Birchhoff, e de 1857, produzido pelos Irmãos Siemens e funcionavam pelo princípio "pressão". Em 1862, Arbos produziu o primeiro aparelho do tipo "sucção" (vácuo) de que se tem notícia.

O primeiro motor movido a gás pobre inventado por Lenoir, data de 1860 e operava com gases produzidos pela queima de carvão. O gás era obtido através de um processo caro, que requeria equipamentos de grandes dimensões. Procurou-se, à partir de então, um sistema onde quantidades significativas de gás pudessem ser produzidas em equipamentos compactos e através do emprego de combustíveis baratos, tais como coque, carvão vegetal, madeira, etc. O aparelho gasogênio reunia essas qualidades e começou a ser introduzido vagarosamente.

A história do gasogênio aplicado à fins automotivos têm início quase que juntamente com a história do automóvel. Já em 1903, um veículo com motor de 25 HP, movido à gasogênio, foi testado na Inglaterra, com resultados não tão pouco satisfatórios.

Durante a 1ª Guerra Mundial, o uso de gasogênio para fins automotivos foi quase que nulo, apesar dos alemães estarem amplamente empenhados em conseguir um real substituto para os derivados de petróleo, cujos suprimentos haviam sido congelados.

Por volta de 1922, os altos preços do petróleo, alcançados na Inglaterra, deram nova impulsão ao desenvolvimento do gasogênio, o mesmo acontecendo na Austrália, em 1929. Em 1930, já se presenciavam tratores, caminhões e automóveis sendo movidos à gasogênio.

Com a queda dos preços do petróleo e com o desenvolvimento alcançado até a metade da década de 30, novamente o gasogênio

foi relegado a segundo plano, até que eclodisse a 2ª Guerra Mundial, quando novamente passou a ser encarado como substituto aos derivados de petróleo, a fim de não se paralizar o transporte, a indústria e, conseqüentemente, a economia das nações desenvolvidas. Ao fim da 2ª Guerra, os ônibus, tratores e caminhões alemães já haviam sido convertidos para gasogênio.

Quando foram restabelecidos os abastecimentos de petróleo na Europa, novamente a tecnologia do gasogênio foi abandonada, sendo somente retomada em 1973, com a brusca elevação dos preços do petróleo e seus derivados.

Pelo até agora descrito, pode-se sentir que o uso e o desenvolvimento dos aparelhos de gasogênio estiveram sempre restritos aos tempos de crise. As razões são inúmeras, mas podem ser sintetizadas pela predominância de quatro:

1. Os altos custos iniciais do gasogênio;
2. O equipamento, em geral bastante pesado;
3. Perda de potência, se comparados com os motores movidos à gasolina e óleo diesel;
4. Falta de flexibilidade.

3. COMPONENTES

O gás do gasogênio não está em condições de ser queimado diretamente no motor assim que sai do gerador, pois encontra-se a alta temperatura (entre 700°C à 900°C, aproximadamente) e também está contaminando com uma grande porcentagem de partículas finas de carvão e cinzas (arrastadas do gaseificador), pó e partículas de areia (resultantes do processo de produção de carvão vegetal).

Os gasogênios modernos são compostos, basicamente, por três elementos distintos, sendo a eficiência de funcionamento de cada elemento fator decisivo nos resultados alcançados pelo conjunto como um todo. Esses elementos são:

1. Gerador do gás (gaseificador);
2. Elementos filtrantes;
3. Resfriador (trocador de calor).

3.1 Gaseificador

O gaseificador é, usualmente, um recipiente de metal cilindro ou retangular, onde é armazenado o combustível e acoplado a uma fornalha, onde o ar é admitido para a queima do combustível, produzindo o gás que vai ser utilizado para alimentar o motor.

O gaseificador será estudado em detalhes no capítulo II.

3.2 Filtros

Os filtros removem do gás, as impurezas que este pode conter: partículas finas de carvão e cinzas, pó e partículas de areia. O carvão queimado em valetas, em seu processo de fabricação está sempre contaminado com pó do fundo ou das paredes da vala e se não for bem limpo, estas impurezas serão levadas ao gerador

com o carvão e posteriormente arrastadas pelo gás produzido ao motor. Além disso, se a madeira não foi bem carbonizada, a carga conterá uma porcentagem relativamente grande de substâncias voláteis, os quais serão destilados às temperaturas reinantes no gerador e passarão junto com a corrente de gás, sob a forma de vapores de pixe vegetal, carregando consigo ácidos orgânicos, tais como o acético e o pirolenhoso. Essas impurezas exigem o emprego de filtros para remover as partículas de carvão pós abrasivos e substâncias voláteis presentes no gás, servindo ainda para auxiliar na redução da temperatura do gás a fim de que o funcionamento do motor não seja afetado.

As maneiras de se alcançar estes resultados são obtidos através de filtros secos que empregam sisal, feltro, fibra, etc., ou filtros a base de líquidos que empregam água e óleo para limpar o gás.

Antes da introdução dos gaseificadores de funcionamento a base de sucção, filtros eram usados na produção do gás utilizado nas cidades, os quais foram adaptados para o uso em gasogênios. Consistiam em reservatórios verticais de grande altura por onde os gases resultantes da queima de coque circulavam em contracorrente com água. Os gases eram admitidos pelo fundo do reservatório e extraídos pelo topo. Se bem dimensionado, este tipo de filtro pode funcionar até como resfriador. Entretanto, as dimensões consideráveis, necessárias, bem como o suprimento de água elevado, tornam esses filtros inaplicáveis para fins automotivos sendo somente utilizados em instalações estacionárias.

3.2.1 Filtros à Base de Líquidos

Nesses tipos de filtros, o gás é extraído pela sucção do motor através de tubos, protegendo-o abaixo da superfície da água ou do óleo. Peneiras e, em alguns casos, gase comum, são usados para romper o escoamento do gás, e evitar que as bolhas formadas transportem as partículas de impurezas através do meio líquido.

A água não é propriamente um elemento bastante eficiente, uma vez que não possui características especiais para a eliminação do alcatrão, contudo, proporciona um excelente meio de remover pó e cinzas, bem como um eficiente resfriador para o gás.

O óleo possui boas propriedades para a limpeza do gás, se este escoar com velocidades moderadas através dele, quando age como um eficiente removedor do alcatrão, pó e cinzas produzidas pelo gás, necessitando, entretanto, do emprego de reservatórios de área transversal consideráveis.

3.2.1.1 Filtros de Impacto com Água

Estes filtros consistem de um recipiente de metal parcialmente cheio de água e construídos de tal forma que o gás, ao ser admitido, é dirigido contra a superfície de água, localizando-se o tubo de admissão do gás de maneira a provocar uma certa agitação.

Em alguns tipos, enche-se o recipiente com gases, acima do nível de água de modo que, em funcionamento, a água molha a gaze, conservando-a úmida ou molhada e, ao mesmo tempo carrega para o depósito de água qualquer impureza ou matéria estranha que se tenha acumulado.

Outros tipos, que podem ser considerados como pertencentes a esta categoria, consistem de recipientes que possuem cartuchos cheios de sisal, palha de aço, de madeira, etc. Os cartuchos devem ser bem umedecidos diariamente para serem molhados em água, com a finalidade de lavá-los e umedece-los. A fim de conservá-los úmidos por prolongados períodos de operação do aparelho, devem ser construídos e localizados de tal forma que não se aqueçam excessivamente. O gás ao sair do gerador acha-se carregado de vapor de água que tendem a se condensar nos cartuchos, conservando-os úmidos.

3.2.1.2 Filtros a Banho de Água

Estes filtros consistem de um recipiente de metal parcialmente cheio de água. O gás é introduzido abaixo da superfície da água, por meio de um tubo de metal perfurado a fim de subdividi-lo em bolhas e, assim expor o máximo de superfície contra a água, permitindo mais fácil remoção das partículas de pó. O espaço acima da superfície da água geralmente está cheio de sisal para reter o salpique da água e evitar que ela seja carregada juntamente com o gás através do tubo de saída, localizado na parte superior do filtro.

Os filtros deste tipo são reconhecidos como capazes de evitar que matérias sólidas sejam carregadas pelo gás, mas, de outro lado, não impedem a passagem de substâncias que contenham alcatrão, que são levados ao motor, em suspensão no gás.

Pode-se, também, salpicar água ao gás, quando este passa em velocidade através de um tubo especialmente construído em "U" e submerso na água. No fundo do tubo "U", o diâmetro é diminuído formando um venturi com um pequeno tubo de comunicação entre a água e a parte interna, proporcionando um sistema semelhante a um carburador, que faz com que a água, passe pelo tubo para se misturar com o gás, quando este passa com velocidade através do venturi. O tubo descarrega em uma câmara de expansão e o excesso de água volta para o depósito. Um segundo recipiente contendo sisal acha-se dentro deste filtro, servindo para remover a água presente no gás.

3.2.1.3 Filtros de Impacto a Óleo

A construção de tais filtros é similar à dos filtros de impacto a água. Geralmente, consistem de um recipiente de folha de metal parcialmente cheio de óleo e construído de tal forma que o gás que entra é dirigido contra a superfície do óleo. O tubo de

admissão do gás acha-se quase sempre colocado de maneira a provocar uma certa agitação ao salpique e, em outros tipos o recipiente

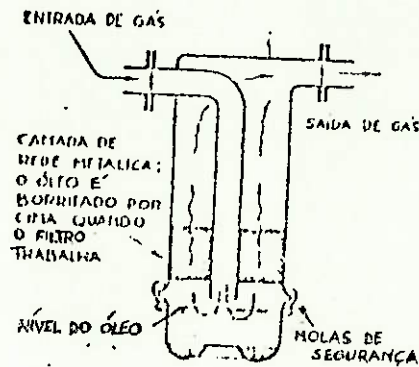


Figura 3.2.1 - Filtro de Impacto a Óleo

é enchido com palha de aço acima do nível do óleo. Quando em funcionamento, o óleo é salpicado nesta palha, mantendo-se úmida e elimina aquelas partículas de impurezas que ficaram aí retidas.

Em alguns filtros, há necessidade de evitar os efeitos do salpique para que a espuma de óleo não seja elevada pelo gás até o motor. Por meio de uma série de chicanas o gás é obrigado a passar pela superfície do óleo diversas vezes, antes de deixar o filtro.

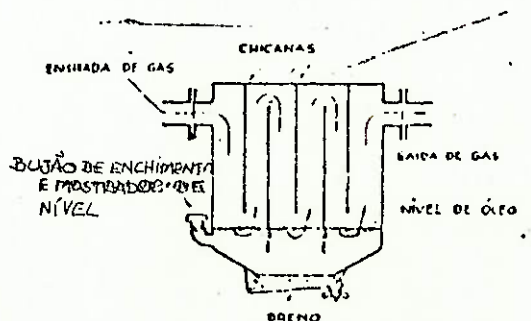


Figura 3.2.2 - Filtro de Impacto a Óleo com chicanas

Apesar deste método não limpar o gás de maneira tão completa como no primeiro, por outro lado muito pouco óleo do filtro é levado ao motor pelo gás.

O óleo empregado deve apresentar as seguintes características:

- . resistência à formação de espumas;
- . viscosidade suficiente elevada para não ser atomizado por demais rapidamente e carregado pelo gás que passa por sua superfície;
- . alta resistência à formação de resíduos;
- . capacidade de remover o pixe vegetal ou outras matérias gosmentas que quase sempre estão presentes no gasogênio.

3.2.1.4 Filtros a Banho de Óleo

A parte principal deste filtro é um recipiente de forma cilíndrica contendo no fundo uma camada de óleo. A filtração se faz introduzindo-se o gás abaixo do nível do óleo. A parte inferior do filtro pode ter uma tampa fixada ao corpo do filtro por meio de arroelas ou borboletas, podendo, assim, ser facilmente removida para esvaziar o óleo ou para limpeza, de acordo com os intervalos recomendados pelo fabricante.

Pode-se também colocar, uma porca de tamanho considerável com rosca no fundo do filtro para servir de dreno e um tampão de rosca para enchimento e indicador de nível de óleo.

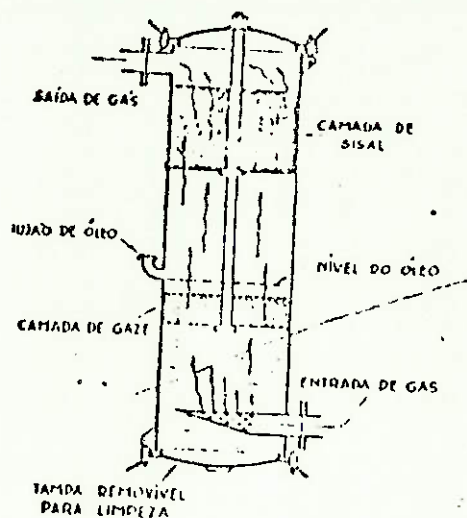


Figura 3.2.3 - Filtro a banho de óleo

Para que um filtro deste sistema seja eficiente, é preciso que o gás seja dividido de forma a produzir pequenas bolhas quando atravessar o óleo. Caso essas bolhas sejam muito grandes, formarão verdadeiras bolhas que atravessarão o óleo sem permitir que o líquido entre em contacto com as partículas em suspensão, as quais serão carregadas pelo gás. A fim de facilitar a formação de bolhas pequenas, costuma-se tapar o tubo de admissão de gás que se encontra por baixo da superfície do óleo, fazendo-se no mesmo, diversos furos pequenos. Alguns filtros a banho de óleo possuem uma camada de gaze colocada por cima do tubo de admissão de gás e abaixo da superfície do óleo. Esta gaze serve para reduzir o tamanho das bolhas até que formem uma superfície de espessura muito fina. Este sistema produz gás limpo, mas provoca forte resistência ao livre fluxo do gás quando este entra com alta velocidade no filtro, tal qual acontece quando o motor está em alta velocidade.

Além disso, a espuma de óleo exige o emprego de uma espessa camada de sisal ou palha de aço no filtro, acima do nível de óleo e abaixo do tubo de saída do gás. A finalidade é reter os

vapores de óleo e evitar que a espuma seja carregada pelo gás para dentro do tubo de saída, quando este deixa o filtro.

Os óleos a serem usados em tais filtros deverão possuir as seguintes características:

- . resistência à formação de espumas;
- . baixa viscosidade, para facilitar a formação de pequenas bolhas;
- . capacidade de dissolução do pixe vegetal e outras matérias gosmentas presentes nos gases de gasogênio;
- . alta resistência a formação de resíduos, evitando que o vapor de água presente, que pode condensar no filtro, provoque a formação de emulsões.

3.2.2 Filtros Secos

Em vista da dificuldade em se transportar líquidos em uma instalação de gasogênio automotivo, foram desenvolvidos filtros que empregam sisal, lã, tiras de pano, filtro e outras substâncias similares acondicionadas em recipientes ou nos dutos do sistema de resfriamento.

A maioria dos fabricantes de instalações de gasogênio confiam somente nestes tipos de filtros para a limpeza dos gases. Sisal, tecidos de algodão, lã e feltro são os materiais mais usados para este propósito. É importante que esses filtros sejam inspecionados de acordo com as especificações do fabricante para evitar excessiva perda de carga.

O filtro tem excelentes propriedades filtrantes mas tende a ficar entupido de pó produzindo uma rápida elevação na perda de carga. Por essa razão é geralmente usado como um filtro final, para remover impurezas que tenham passado através dos filtros primários. Uma grande área é desejável.

Para ser eficiente, o sisal deve ser umedecido e preferivelmente usado em combinação com outros filtros, tais como o feltro. Deve-se usar uma área de seção transversal considerável, sem, no entanto, tornar o filtro muito pesado e de difícil instalação.

A serragem é largamente empregada em instalações estacionárias. Tem propriedade de limpeza razoáveis e é barata, oferecendo, entretanto grande resistência à passagem dos gases.

Outro elemento filtrante de boas propriedades é a palha de aço, que, entretanto, pode ser carregada juntamente com o gás depois de alguns dias de funcionamento da instalação, provocando várias avarias no motor.

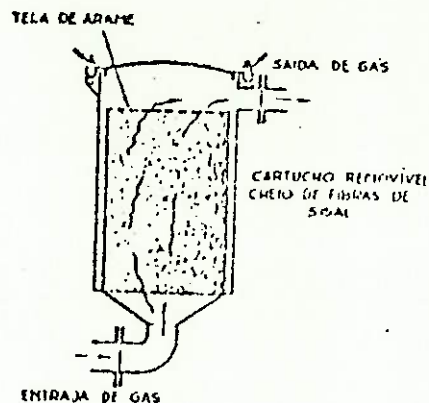


Figura 3.2.4 Filtro seco.

Quase todo tipo de tecido pode ser usado em um filtro, mas para a obtenção de bons resultados o tecido deve ter certas propriedades: não pode rasgar durante o uso, sua malha não pode ser demasiadamente fina e não pode ser facilmente atacado pelo calor. A maioria dos filtros de tecidos conhecidos como filtros de manga, empregam um recipiente cilíndrico de metal que porta dentro de si um suporte no qual o tecido é atado formando um coador.

3.2.3 Filtros Primários

Os filtros primários são constituídos de um tipo de elemento filtrante que remove as partículas mais pesadas do gás, por restrições ao escoamento contra superfícies fibrosas.

Sua real função é aumentar o período de manutenção e limpeza do filtro final, removendo as partículas pesadas de pó, antes que estas possam alcançar o elemento filtrante de filtro secundário.

O feltro, por exemplo, efetivamente retira pedaços de carvão, cinzas concentrados e todo tipo de sólido que se chocasse contra ele. Entretanto estaria logo entupido, constituindo-se em uma restrição ao escoamento, conseqüentemente aumentando a perda de carga, requerindo serviços constantes de manutenção e limpeza. Quando, todavia, se usa um filtro primário que retenha de 60 a 90% das partículas mais pesadas, o período de serviço em filtros de feltro eleva-se grandemente.

3.2.3.1 Câmaras de Expansão

Em quase todos os gasogênios, usa-se de um modo ou de outro, uma câmara de expansão do gás. Sua construção é simples e deve ser feita de modo a oferecer bastante solidez.

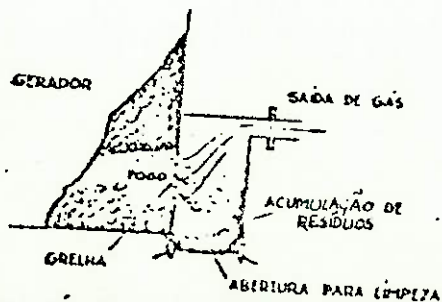


Figura 3.2.5 Câmara de expansão

A câmara de expansão acha-se geralmente instalada junto ao gerador e trabalha com temperaturas elevadas, pois o gás entra para a mesma logo depois de ter deixado a zona de fogo do gerador.

Os filtros deste tipo consistem de um corpo retangular ou circular construídos de chapa de aço de espessura geralmente não inferior a 1/16", sendo o gás admitido para a câmara, através de um tubo localizado perto do fundo da mesma.

A função da câmara de expansão é remover as partículas maiores de carvão e areia presente no gás, as quais entram na câmara através de um tubo de diâmetro relativamente pequeno e são descarregados na direção do maior volume da mesma. Portanto, a velocidade de escoamento do gás cai consideravelmente após penetrar na câmara, ao passo que as partículas sólidas entram com velocidade aproximadamente igual à do gás no tubo de admissão, atravessando o filtro e chocando-se a parede oposta à entrada, caindo, por ação gravitacional, no fundo do filtro, de onde são removidas ao se fazer a limpeza do aparelho.

Caso as impurezas se depositem a ponto de alcançarem o nível da entrada do gás no filtro haverá a possibilidade de serem carregadas pelo gás, saindo pelo tubo de escape da câmara, que se situa na parte superior do filtro, o que torna necessária a limpeza de acordo com as especificações do fabricante.

3.2.3.2 Filtros de Chicana

Estes filtros possuem construção similar a do tipo de câmara de expansão, dependendo por apresentarem um certo número de chicanas, que têm a função de inverter bruscamente a direção do fluxo de gás durante sua passagem através do filtro.

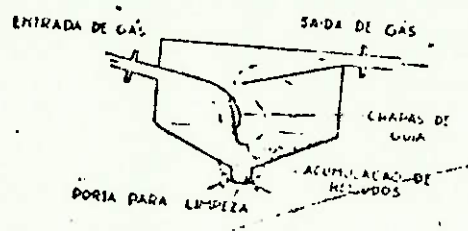


Figura 3.2.6 Filtro de Chicanas

Este tipo de filtro remove, de fato as partículas de pó que são mais pesadas que o gás, as quais dele se desprendem com a mudança da direção do escoamento, ficando acumuladas no filtro nas partes onde se inverte a direção, sendo o filtro construído de tal forma a facilitar a remoção dos resíduos em determinados intervalos.

Está claro que não se pode permitir um elevado acúmulo de impurezas neste tipo de filtro. Se tal acontecer, o espaço livre entre as chicanas ficaria de tal forma reduzido que o gás, ao escoar pelo filtro, arrastaria consigo as impurezas aí acumuladas, levando-o através do tudo de escape do filtro, prejudicando o funcionamento e eficiência dos outros filtros da instalação e, talvez, até do próprio motor.

3.2.3.3 Filtros Centrífugos - Ciclones

Neste tipo de filtro, como nos outros, também o maior peso das partículas em suspensão, concorre para sua separação do gás, ao qual é imprimido um escoamento em espiral.

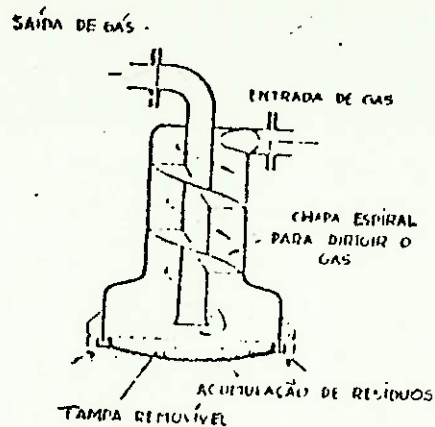


Figura 3.2.7 Ciclone

O filtro tem a forma de uma caixa cilíndrica de metal, na qual são fixadas um determinado número de palhetas, com o objetivo de fornecer ao gás um rápido movimento de rotação. Pela ação da força centrífuga as partículas de impurezas, relativamente mais pesadas e presentes no gás em movimento, são projetadas do centro do filtro contra as paredes laterais e caem para o fundo, por ação gravitacional. O depósito aí formado é removido por ocasião das limpezas periódicas.

Em muitos filtros que seguem esse modelo costuma-se fazer com que o gás entre pela parte superior e seja coletado através de um tubo vertical, que passa pelo centro do filtro, em sua parte inferior. Adota-se essa construção pois, sendo o gás dirigido para a parte inferior do filtro, evita-se a aderência de impurezas às paredes laterais. Além disso, estando o filtro de saída localizado no centro do tubo, há menor risco das partículas depositadas no fundo serem arrastadas pelo gás através da saída.

3.2.4 Filtros de Segurança

Muitos gasogênios possuem ainda um filtro adicional, colocado no tubo de admissão do gás no motor, conhecido como filtro de segurança.

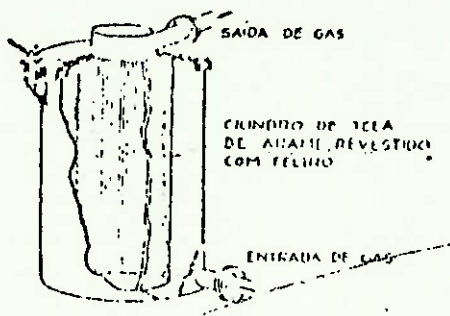


Figura 3.2.8 Filtro de Segurança

Este tipo de filtro geralmente é construído de tela fina de metal ou de feltro.

No caso de se negligenciar a limpeza de ciclones, filtros e outras parte do gasogênio, ou, no caso em que, por qualquer outra razão, eles não conseguem reter as matérias estranhas do gás, este filtro atua como um elemento eficiente para dar segurança ao motor, pois logo se entope de pó e partículas de carvão, a ponto de impedir a passagem do gás, causando, portanto, a parada do motor. O filtro de segurança atua, portanto, como um indicador de possíveis desarranjos.

3.3 Refriadores

O trocador de calor é geralmente colocado antes do filtro secundário

As duas principais razões para o uso de um trocador de calor são:

- . para reduzir a temperatura do gás;
- . para causar a condensação do vapor d'água e alcatraão contidos no gás;

O resfriamento do gás é necessário pelos seguintes motivos:

- . altas temperaturas causam danos a certos tipos de filtros e a

todos os elementos filtrantes já citados;

- . uma temperatura mais baixa do gás reduz o risco de explosão quando o gás entra em contacto com o ar na válvula misturadora da entrada do motor;
- . o risco de fogo devido à tubos sujeitos à temperaturas elevadas, é reduzido;
- . a razão mais importante para o emprego de um trocador de calor, entretanto, é que este permite uma maior massa de mistura combustível na admissão dos cilindros do motor e, consequentemente, uma maior potência de saída. Isto porque todos os gases se expandem quando aquecidos e ocupam menor volume quando resfriados. A pressão constante, o aumento de volume de um gás é $1/273$ do volume original por grau centígrado de aumento de temperatura.

Isso significa que uma certa massa de gás que é produzida no gerador à uma temperatura de aproximadamente 800°C , têm um volume três vezes maior que a mesma massa de gás à uma temperatura de 40°C , que é aproximadamente, a temperatura normal de entrada da mistura combustível em um motor. Portanto, se o gás for resfriado antes de sua admissão no motor somente uma proporção reduzida da massa de gás que deixa o gerador será admitida nos cilindros, reduzindo a potência de saída na mesma proporção. Em outras palavras, o rendimento volumétrico do motor seria sensivelmente prejudicado.

- . O resfriamento do gás permite a redução das dimensões de tubos e filtros uma vez que o gás diminui de volume à medida em que é resfriado.

3.3.1 Resfriadores Tubulares

O tipo mais comum destes resfriadores consiste de uma bateria de tubos ligados à duas câmaras, uma superior e outra inferior, as quais são usualmente munidas de tampas removíveis, de tal forma

que a superfície interna dos tubos possa ser limpa periodicamente, permitindo a remoção de qualquer resíduo de alcatrão condensado ou impurezas acumuladas. Além disso a câmara inferior deve ser equipada com um purgador, para a remoção do condensado que nele será coletado.

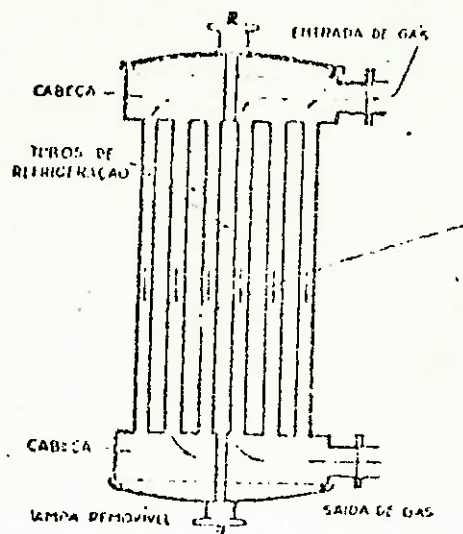


Figura 3.3.1 Resfriador Tubular

Devido à pouca estética destes resfriadores sua instalação costuma ser feita debaixo do veículo o que além de se útil, não prejudica a aparência do veículo.

Além de atuar como resfriador, este resfriador auxilia na purificação do gás, retendo as partículas de pó nas superfícies dos tubos e das câmaras.

3.3.2 Resfriadores de Metal

Os resfriadores com aletas de irradiação são, além de muito eficientes, bastante compactos e podem ser construídos de tal forma, que o gás passa através dele sem mudar a direção de seu fluxo ou sua velocidade.

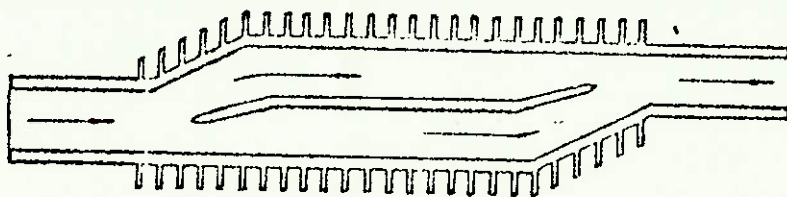


Figura 3.3.2 Resfriador de Metal

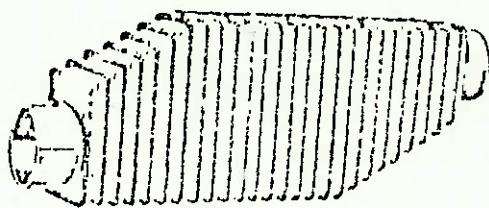


Figura 3.3.3 Aspecto exterior de um resfriador de metal.

3.3.3 Tubos de Aletas

Os tubos de relativamente, grande comprimento que ligam o aparelho de gasogênio ao motor, caso aquele seja instalado na parte traseira do veículo. constituem excelente superfície de resfriamento, especialmente quando são munidos de aletas de metal para aumentar a superfície de troca de calor.

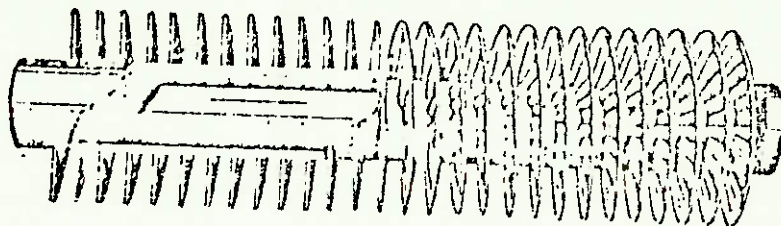


Figura 3.3.4 Tubos de Aletas

A outra modalidade deste tipo de resfriador emprega tubos flexíveis ondulados, feitos de uma fina chapa de aço, para ligar os vários componentes da instalação de gasogênio. Além de servir de excelente meio de resfriamento, este tipo de ligação constitui a melhor maneira de eliminar os cotovelos e curvas que, devido à conformação do chassis e à montagem do gerador e filtros, existem nos tubos rígidos do sistema do aparelho.

3.3.4 Resfriadores de Superfície

A própria construção do gasogênio, facilita o resfriamento do gás, visto que todos os seus componentes têm superfícies relativamente grandes e geralmente em posições que permitem aproveitar as correntes de ar, quando o veículo acha-se em movimento.

Além disso, geralmente emprega-se uma grande extensão de tubos de bom diâmetro, como elementos de ligação das diversas partes do aparelho, proporcionando excelentes superfícies de resfriamento.

3.4 Geradores de Vapor D'Água

A água é usada nos gaseificadores por duas razões principais; o

controle do fogo e a geração de um gás mais rico.

A água geralmente é levada ao estado de vapor, ou por transferência de calor com os gases, ou através de chama, e admitida no fluxo de ar que entra nos cilindros.

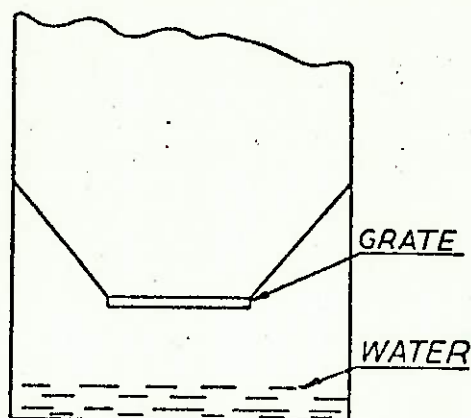


Figura 3.4.1 Método de Geração e Admissão de Vapor.

O modo mais simples de admissão de vapor em um gaseificador de fluxo ascendente é permitir que carvão incandescente caia entre a grelha em um recipiente com água, colocada no cinzeiro criando, assim, vapor que se misturará com o ar de entrada, passando ao fogo (veja figura 3.4.1). Este método, embora simples não permite maiores controles por parte do operador, visto que, dependendo das condições das vias por onde o veículo trafegará, uma maior ou menor quantidade de braza cairá sobre a superfície da água, gerando uma maior ou menor quantidade de vapor, que pode prejudicar o funcionamento do motor.

Outros métodos utilizados em vários tipos de gaseificadores possuem um controle, manual ou automático, de gotejamento de água que alimentam as porções aquecidas das paredes das fornalhas, a grelha, conforme o caso, e, assim geram vapor que é transportado para a fornalha pelo fluxo de ar.

Vários tipos de controle automático vêm sendo adotados, tais como controle de diágrama por meio das pressões na fornalha, ficando

o controle de vapor do acelerador, etc. As figuras 3.4.2 e 3.4.3 mostram dois métodos de gerações de vapor d'água.

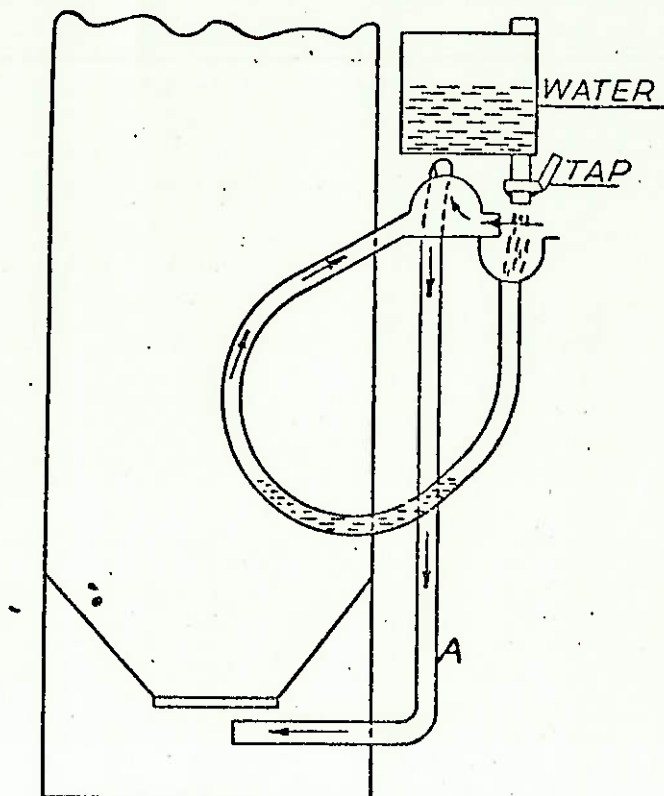


Figura 3.4.2 Método de admissão de Vapor em Gaseificadores

O sistema da Figura 3.3.2 é constituído de um tanque, do qual goteja água através da boca de um tubo em U, sendo que uma de suas extremidades está ligada ao gaseificador. Nas seções, mais baixas desse tubo, haverá um certa massa de água que estará sendo aquecida pelo fogo. Vapor é formado e escoado do tubo para um cone, onde se mistura com o ar admitido e passa para o tubo A, que despeja no gaseificador, abaixo da grelha. Deste modo, uma mistura de ar e vapor é suprida à zona de fogo.

O sistema mostrado na figura 3.4.3 é do tipo sistema automático de admissão de vapor, sendo este produzido através dos gases quentes do gaseificador.

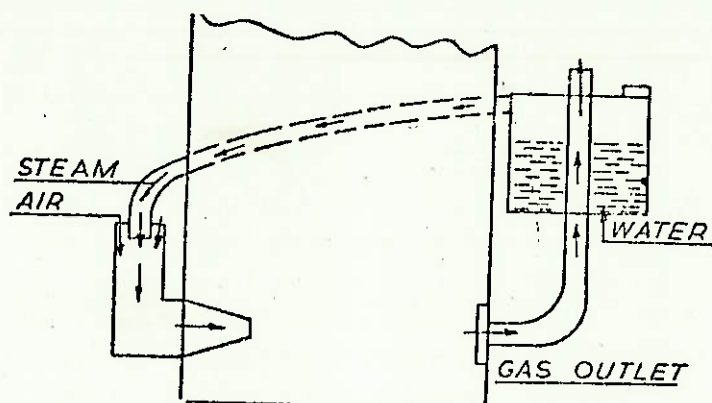


Figura 3.4.3 Método de Admissão de Vapor para Gaseificadores de Corrente Cruzada.

Outro aparelho que vem sendo utilizado, é o carburador de água, adaptação feita à partir do carburador para gasolina. O jato é bastante aumentado, restringindo sua aplicação para baixas velocidades do ar. O ar passa através do venturi do carburador e suga a quantidade requerida de água antes de entrar no gaseificador. A água é suprida através de um pequeno tanque, assim como em outros aparelhos.

O uso do vapor d'água juntamente com os gases torna-se importante na medida em que aumenta o teor de hidrogênio nos gases que serão admitidos nos cilindros tornando-os mais ricos. Os gasogênios que usam injeção de água têm sido capazes de fornecer misturas de pouco mais de 74% do valor calorífico da mistura de ar e gasolina. Entretanto, as vantagens deste método só são sentidas quando o carvão utilizado na geração dos gases tem baixo teor de umidade.

3.5 Componentes Adicionais

Decidida a localização do aparelho de gasogênio, de acordo com o tipo de veículo em que este será instalado, deve-se decidir que alterações, são necessárias no sistema de admissão do motor

(manifold) e nos controle de aceleração do veículo.

É de suma importância que o escoamento dos gases gerados seja tão ininterrupto quanto possível.

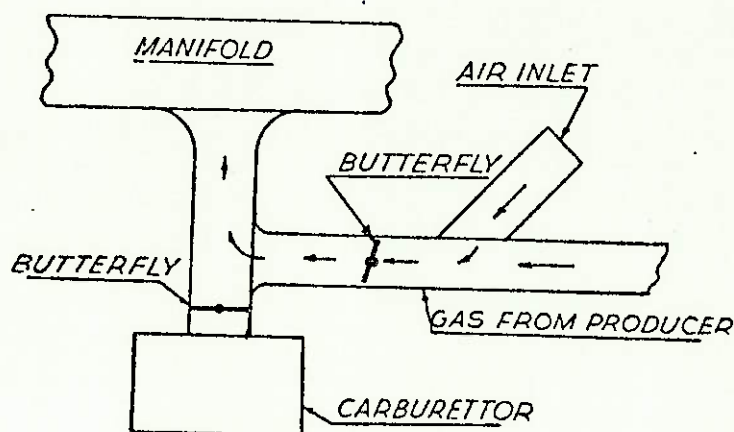


Figura 3.5.1 Conexão do Gasogênio ao Manifold do Motor

Geralmente é possível cortar a seção de entrada do manifold do motor entre a saída do carburador e as válvulas de admissão e inserir um tubo para o escoamento da mistura ar-gás do misturador. À este tubo é acoplado a borboleta de controle de acelerador e da válvula de mistura de ar. Para essa conexão, deve-se ter em mente, para o dimensionamento da borboleta, que o gás e o ar devem ser misturados aproximadamente em partes iguais; além disso, é importante que o tubo de admissão de ar tenha dimensões suficientes, para suprir a quantidade de ar necessária para a queima completa da mistura nos cilindros do motor.

Os diferentes fabricantes de aparelhos de gasogênio instalam diferentes aparelhos de controle, quando da conversão do motor para gasogênio. Em alguns casos, os controles usados para motor e gasolina ou diesel são os mesmos usados para o gás, com a introdução de um controle manual para o funcionamento com derivados de petróleo ou em separado, ou um conjunto com o gás.

O método mais antigo é a manutenção dos controles existentes

para gasolina e a instalação de um outro acelerador para o gás, assim como um outro controle de ar.

A figura 3.5.2 ilustra um instrumento que pode ser utilizado com o motor funcionando a gás ou a gasolina. Ao corpo do carburador é acoplado uma extensão de tal forma arranjada que suas funções podem ser cortadas por uma borboleta interruptora. Isso acontecendo, a borboleta principal do gerador é aberta e, depois disso, o suprimento de mistura ao motor é controlado por uma terceira borboleta, pela maneira convencional.

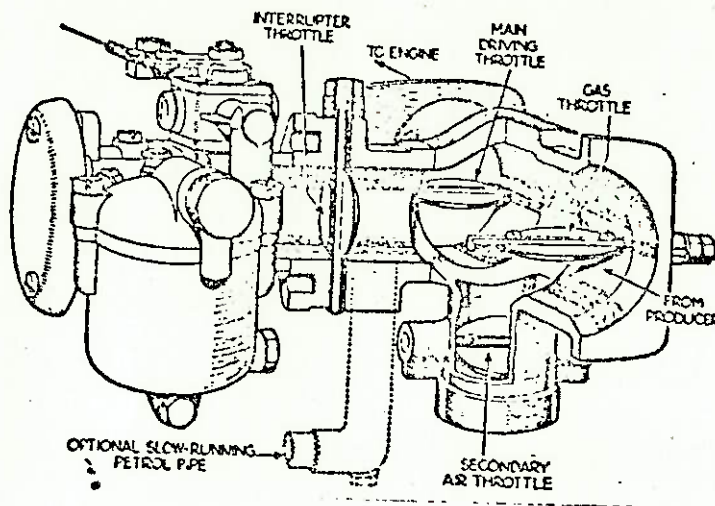


Figura 3.5.2 Carburador para Gás e Gasolina

Além disso, há ainda uma quarta borboleta que admite ar à pressão atmosférica, na quantidade requerida pelas diversas situações.

Com esse aparelho, o sistema de marcha-lenta altera-se consideravelmente, pois seu orifício pode ser fechado pela borboleta que comanda o suprimento do tubo de admissão do motor. Uma instalação especial pode ser feita para esse propósito, sem que seja necessário um segundo pedal para comandar a segunda borboleta: o pedal original opera a borboleta de passagem de gás e a de interrupção, abrindo uma e fechando a outra, ocorrendo uma ligeira sobreposição, de modo que a mudança de gás para gasolina ocorre progressivamente.

No sistema seguinte, ilustrado pela figura 3.5.3, a gasolina é usada para dar partida ao motor e uma válvula é instalada no tubo de admissão para controlar a entrada de misturas de gás ou gasolina, seja em conjunto seja separadamente. A válvula é do tipo cilindro delgado e, na posição vertical é uma continuação do coletor de admissão, embora vede a passagem de gasolina. Um lado desta passagem entretanto, é cortada, de tal forma que, quando a válvula é colocada na posição de vedação do gás, a mistura ar-gasolina pode ser admitida no motor.

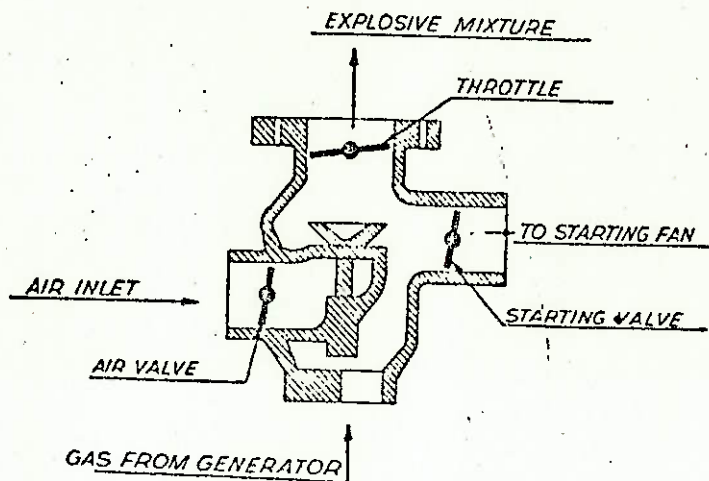


Figura 3.5.3 Válvula Misturadora

Dentro do cilindro uma válvula borboleta é montada em um eixo, conectado por alavanca à borboleta do carburador, sendo ambas controladas pelo mesmo acelerador que regula somente a quantidade de mistura ar-gás ou ar-gasolina suprida ao motor.

4. CONSIDERAÇÕES GERAIS

As diversas partes que compõem o gasogênio são fixadas ou montadas nos veículos em lugares adequados e ligados por tubos que podem ser sólidos, de aço ou flexíveis, com revestimento de asbesto. Nas partes do aparelho que se acham distantes do gerador onde o gás está relativamente frio, usam-se conexões de borracha para ligar os diversos componentes do aparelho.

A válvula de regulação do gás geralmente é ligada ao pedal do acelerador, sendo o carburador, na maioria das vezes, conservado como reserva de emergência, ou para dar partida ao motor quando não existe uma ventoinha.

Como já citado anteriormente, o gás deve ser misturado com o ar e, proporção exata (1:1), assegurando sua combustão completa nos cilindros do motor. Uma mistura de ar e gás nas melhores proporções, para dar a máxima força em combustão, contém somente cerca de 60% das calorias contidas nos vapores de uma mistura ar-gasolina, na proporção adequada para que ocorra combustão completa. Consequentemente, o rendimento máximo teórico de um motor a gasogênio é aproximadamente, 60% do que se obtém quando se usa a gasolina. Entretanto, características de operação e construção influem contra a obtenção deste máximo teórico. Na prática, o rendimento de um gasogênio reduz-se a 50 a 55% do rendimento a gasolina.

O rendimento da força de um motor a gasogênio pode ser melhorado por diversos meios, mas, infelizmente, nenhum pode ser aplicado facilmente e todos são dispendiosos.

. o mais simples de todos esses meios consiste em aumentar a relação de compressão do motor. Experiências neste sentido, demonstram que a relação de compressão mais adequada para o gasogênio é de 8,25:1. Quando se usa esta relação de compressão a força do motor chega a ser 10% maior do que a desenvolvida por uma compressão de 6:1. É possível usar relações de

compressão de até 16:1, sem que ocorram detonações em motores a gasogênio, porém, as pressões de compressão de combustão muito elevadas resultantes, provocam choques e cargas muito maiores a serem suportadas pelas diversas partes do motor, e ainda ocasionam excessiva fuga de gases através dos pistões e tornam muito difícil dar partida ao motor, tornando desaconselháveis a utilização de relação de compressão superiores à 8,25:1;

- . outro sistema para aumentar a força ou o rendimento do motor é colocar um compressor que permita injetar uma carga maior de gás no cilindro. Entretanto, os compressores são muito barulhentos e dispendidos, além de poderem aumentar a temperatura da câmara de combustão do gerador (devido ao aumento da carga de gás requerida pelo compressor a tal ponto, que este ficará completamente danificado;
- . os cilindros do motor podem ser retificados para um diâmetro maior, ou podem ser adotados pistões de maior tamanho;
- . pode-se melhorar o rendimento do motor a gasogênio, aumentando-se o tamanho do manifold do motor e das passagens de gás;
- . deve-se adiantar o distribuidor de cerca de 4º a 8º da posição mais satisfatória para operar com gasolina;
- . deve-se substituir as velas originais por outras de características mais frias.

Nunca é demais lembrar que os gases produzidos por equipamentos de gasogênio são altamente tóxicos. Entretanto, para equipamentos que utilizam sistema à vácuo, não existe perigo de vazamentos durante o funcionamento normal.

O baixo rendimento do motor, o alto consumo de carvão, tornam o gasogênio aplicável, economicamente, somente em zonas rurais, onde o preço do carvão é bastante inferior ao das zonas urbanas, e os problemas ocasionados pelo tráfego excessivo (os gases entrariam à temperaturas superiores à 40°C nos cilindros, reduzindo o rendimento volumétrico) e conseqüente resfriamento inadequado do gás não existem.

C A P Í T U L O I I

Gaseificadores

1. INTRODUÇÃO

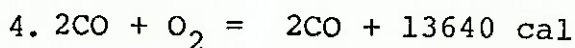
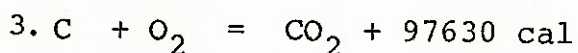
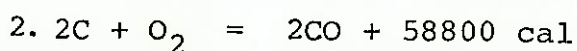
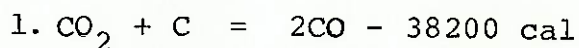
Iremos, neste capítulo, abordar mais profundamente os gaseificadores. Será feita inicialmente, uma análise do processo de gaseificação e suas reações. Posteriormente, serão mostrados os principais tipos de gaseificadores e os principais tipos de combustíveis utilizados. Finalmente, será mostrada uma análise do gás produzido por tais aparelhos.

2. GASEIFICAÇÃO

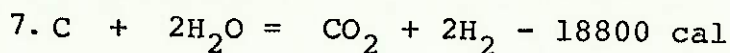
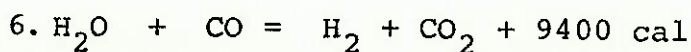
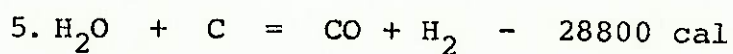
O objetivo da gaseificação é transformar combustíveis sólidos em gasosos e nesse processo transmitir a maior quantidade possível de energia do estado sólido para o estado gasoso, mantendo o gás limpo e livre de constituintes nocivos.

O princípio da produção de gás baseia-se na conversão de carbono, que quando misturado com oxigênio suficiente produz um gás combustível adequado para motores. Quando misturamos vapor ao ar primário promovemos a formação de hidrogênio e de mais monóxido de carbono. Isto é vantajoso por várias razões como o aumento do poder calorífico da mistura e a redução das dificuldades originadas pela formação de cinzas.

Os combustíveis sólidos são substâncias complexas e sua conversão em gases é um processo de complicadas reações. No entanto, é fácil descrever as mudanças termo-químicas e os autores houveram por bem resumir as fórmulas que abrangem as principais reações que se dão no gaseificador:



Quando se usa água ou quando uma certa quantidade considerável de umidade do combustível é atraída para a zona de fogo, temos:



Inicialmente o ar admitido reage com o carbono quente e forma CO_2 exotérmicamente (eq.3). Imediatamente, o CO_2 é reduzido a CO endotérmicamente (eq.1); o CO_2 também se dissocia reversivelmente em O_2 e 2CO (eq.4). A direção da reação é determinada pela posição de equilíbrio, que depende da temperatura e do tempo de contacto.

Em linhas gerais, o objetivo do projetista de gaseificadores, deverá ser o de promover as reações que resultam na produção de gases combustíveis tais como CO e H_2 , e evitar as reações que originam os não combustíveis CO_2 e N_2 o máximo possível.

2.1 Influência da Temperatura de Gaseificação

As reações de gaseificação são muito dependentes da temperatura e são mais favoráveis em altas temperaturas de gaseificação. Isso não deve ser interpretado com o significado que, simplesmente altas temperaturas produzirão um gás de alta energia. É igualmente importante que a uma dada temperatura o combustível seja amplamente correspondente para levar as reações para o ponto de equilíbrio. Se o combustível falhar nessa consideração, o poder calorífico do gás será insatisfatório, negligência da temperatura de gaseificação. De outro lado, combustíveis altamente correspondentes podem ser gaseificados a baixas temperaturas com um bom gás resultante. É aparente também que o teor de cinzas do combustível é importante, pois ele tem algum efeito de aceleração da reação.

De outro lado, qualquer queda da temperatura na zona de oxidação, como por acumulação de escória, é danosa para a quantidade do gás, pois ela perturba o equilíbrio alcançado.

Altas temperaturas dão como resultado a combustão total do carbono para CO_2 . A temperatura da zona de oxidação irá aumentar com o aumento do ar que passa pela zona, por unidade

de tempo. Como o fluxo de ar é controlado pela rpm do motor, altas rpm e gaseificações quentes estão associadas. A velocidade do ar não deve ser muito alta, entretanto, que o oxigênio não possa entrar completamente na gaseificação, pois reações incompletas e excessiva diluição para N_2 e CO_2 resultarão.

O equilíbrio CO_2/CO está mostrado na figura 2.1.1

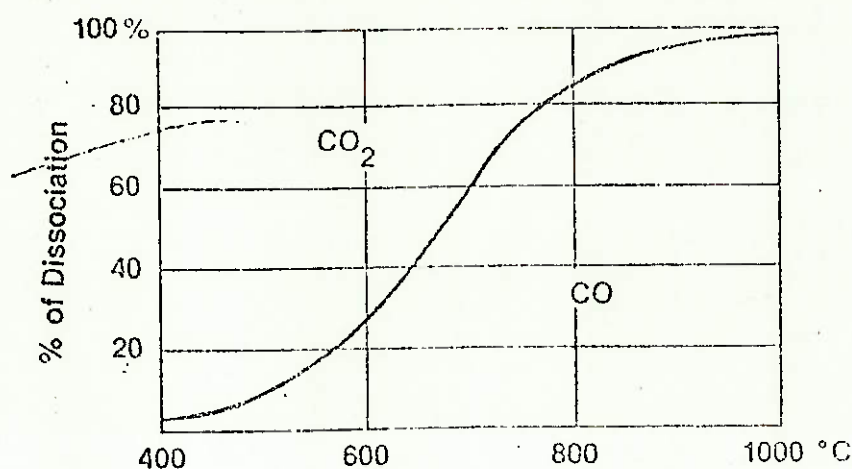


Figura 2.1.1 Dissociação do CO_2 em presença do C

Do fato que a combustão completa do carbono determina a temperatura da zona de oxidação, pode ser deduzido que o quanto mais a temperatura da zona aumenta, mais carbono o combustível contém. Por exemplo, as mais altas temperaturas serão atingidas com o antracito, coque e carvão vegetal. Essa regra prática só é válida para combustíveis de reatividades quase iguais. Combustíveis de alta reatividade começarão a transformação de CO_2 para CO a baixas temperaturas. Consequentemente, temperaturas da zona de oxidação menores são encontradas em sistemas, que queimam carvão vegetal do que nos que queimam coque embora esses combustíveis apresentam quase a mesma quantidade de carbono.

2.2 Efeito da Velocidade do Ar

A velocidade do ar e a associada seção transversal da zona de gaseificação são determinadas pelo consumo de gás pelo motor a plena carga, embora dependente da reatividade do combustível. Combustíveis reativos permitem altas velocidades do ar e pequenas seções transversais.

A composição do gás pode também ser influenciada, de pequena forma, pela distância que a fumaça (CO_2 e N_2) deve percorrer enquanto a reação de redução ocorre. Quanto maior essa distância, mais completa será a conversão CO_2 para CO .

A zona de redução deve, também, ter sua altura ajustada corretamente. Um critério para isso é dado pela temperatura do gás. Como o processo de redução consome calor, a temperatura do gás será menor, quanto maior for a conversão CO_2 para CO .

2.3 Adição de Vapor de Água

Um modo efetivo de influência favorável no processo de gaseificação é a adição de vapor perfeitamente ajustada. Usualmente o vapor é introduzido no fluxo de ar, alterando a gaseificação na direção do gás de água.

A adição ou não de vapor dependerá de umidade do combustível. Lenha e linhito possuem grande umidade e produzem uma larga quantidade de condensado, então a adição de vapor é supérflua ou mesmo nociva, mas a adição pode ser usada com vantagem com coque e antracito.

A injeção de vapor é desejável para a gaseificação, somente para a extensão, que a dissociação é possível com a produção de H_2 e O . Se muito vapor for injetado, o mesmo não irá se dissociar totalmente, e o excedente aparecerá no gás gerado, diluindo-o e

obstruindo os filtros. Além disso, o peso da umidade representa uma carga desnecessária no veículo.

Na prática, usa-se um pequeno excesso de vapor, pois o efeito refrigerante da umidade é bom para as paredes da zona de oxidação e provoca um pequeno grão na escória. O vapor de água é produzido, quase que exclusivamente, do calor disponível do gás ou da radiação da zona de oxidação. Dessa forma, a adição de vapor oferece uma oportunidade de se utilizar esse calor, que seria perdido.

A quantidade de vapor usado é decidido pela natureza do combustível. Existe, para cada combustível, a quantidade certa de água por quilo de combustível que produzirá o máximo poder calorífico disponível. Se a quantidade ótima é alterada, o poder calorífico também mudará embora de diferentes maneiras para cada combustível. Por exemplo: o antracito é mais sensível a variações de injeção de água, enquanto o coque é pouco afetado (figura 2.3.1).

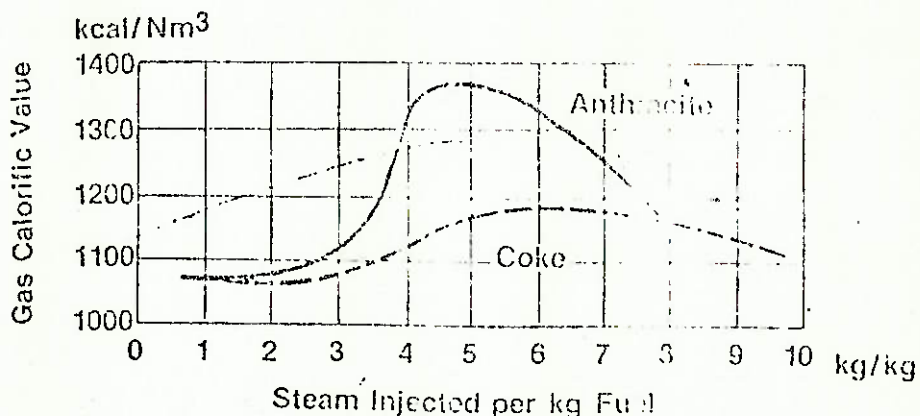


Figura 2.3.1 Efeito da adição de vapor no poder calorífico do gás

Na prática a injeção de vapor com antracito ou coque, é de 0,3 a 0,6 kg H₂O/kg combustível, enquanto para o linhito 0,25 a 0,35 kg H₂O/kg combustível. Se essas quantidades forem usadas, 60% a 80% da mistura adicionada dissociará e entrará no gás.

As vantagens da adição de vapor são, portanto, a obtenção de um

poder calorífico maior do gás, o resfriamento das paredes do gaseificador e o efeito benéfico na escória. As desvantagens são: desenho complicado, peso adicional da água e do tanque e altas quantidades de umidade no gás.

2.4 Zonas do Gaseificador

As zonas de um gaseificador não formam camadas rigorosamente separadas, havendo sempre uma zona de transição entre duas camadas consecutivas. A espessura e a forma dessas zonas dependem de alguns fatores tais como: a frequência de alimentação, o grau de insuflamento de ar e a remoção das cinzas. Podemos ter zonas planas, côncavas ou convexas ou ainda a combinação entre elas, mas de certa forma ocorrem horizontalmente. A figura 2.4.1 mostra a provável espessura de cada camada, as reações que aparecem nessas camadas, o calor dessas reações e o fluxo de calor sensível.

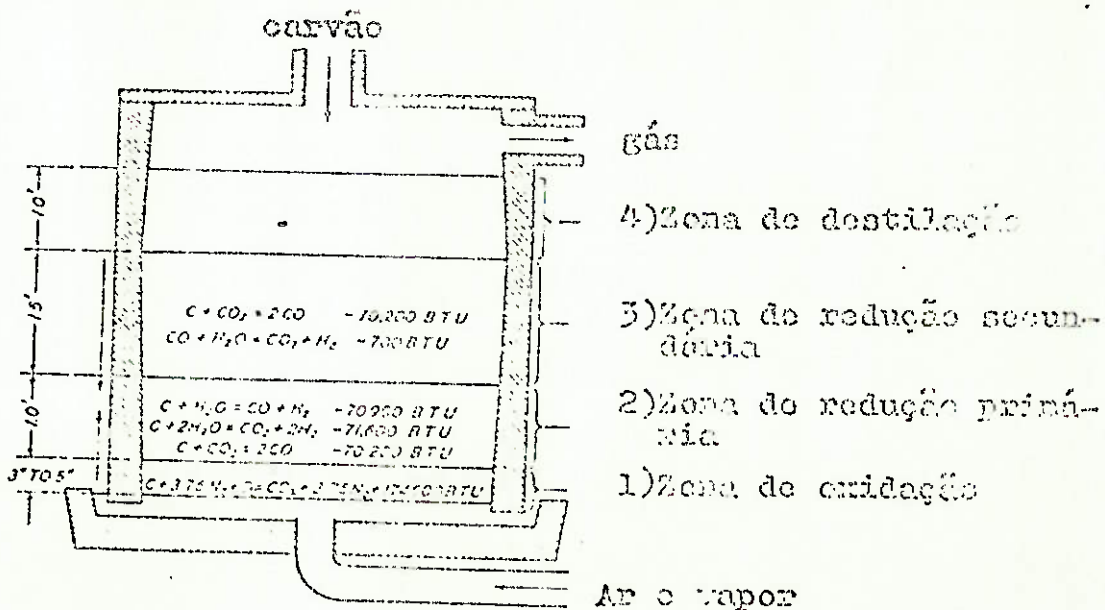


Figura 2.4.1

Na zona de oxidação notamos o rápido decréscimo do oxigênio e a produção de CO_2 . Nas camadas seguintes verificamos a decomposição gradual do CO_2 e H_2O com produção de H_2 e CO . A decomposição do CO_2 é feita lentamente e requer tempo para que a condição de equilíbrio seja atingida. A figura 2.4.2 mostra em termos quantitativos os diversos componentes do gás em função da camada em que se encontra o gás.

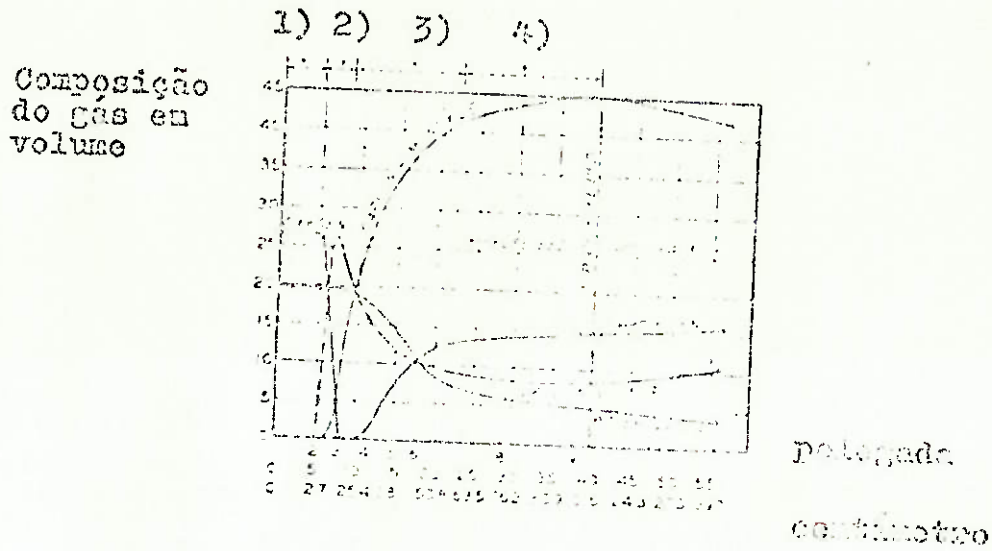


Figura 2.4.2

3. TIPOS DE GASEIFICADORES

Os gaseificadores podem ser classificados, conforme a direção do fluxo de gás, nos seguintes tipos principais:

- . fluxo ascendente
- . fluxo descendente
- . fluxo lateral
- . outras possibilidades

Analisaremos, agora cada tipo isoladamente.

3.1 Fluxo Ascendente

A direção dos fluxos de ar e de gás é para cima e em direção oposta aos movimento de combustível sólido.

Esse gaseificador (figura 3.1.1) tem a vantagem de secar a matéria-prima descendente pelo gás ascendente, reduzindo a umidade de carga alimentada. Desta forma, as zonas de aquecimento, redução e destilação trabalham sempre com o material muito seco. Apresenta assim, condições básicas para obter elevado rendimento e um gás limpo e seco.

Entretanto, mesmo em condições operacionais otimizadas, o gás que sai pelo topo de gaseificador arrasta grande quantidade de voláteis constituídos por água, ácidos e alcatrão. Esse fato diminui o rendimento em 20 e 25% e requer consideráveis recursos para sua condensação e eliminação final com vistas à proteção ambiental. A temperatura de saída do gás é de 250 a 400°C, o valor em cada caso depende da temperatura da zona de aquecimento, da altura do leito acima da zona de destilação e da umidade do combustível.

O controle das temperaturas neste gaseificador apresenta dificuldades consideráveis e requer a adição de vapor ao sopro do ar. Esse vapor pode ser gerado no espaço entre o corpo do gaseificador e uma camisa que o circunda. Esse mesmo espaço é usado para um pré-aquecimento do ar.

As temperaturas desejáveis no interior desse gaseificador são:

- . zona de aquecimento - 900 a 1200°C
- . zona de redução - 650 a 900°C
- . zona de destilação - 300 a 650°C

Os combustíveis que foram considerados adequados para os gaseificadores de fluxo ascendente são o carvão de lenha, antracido, carvão mineral e coque de baixa temperatura.

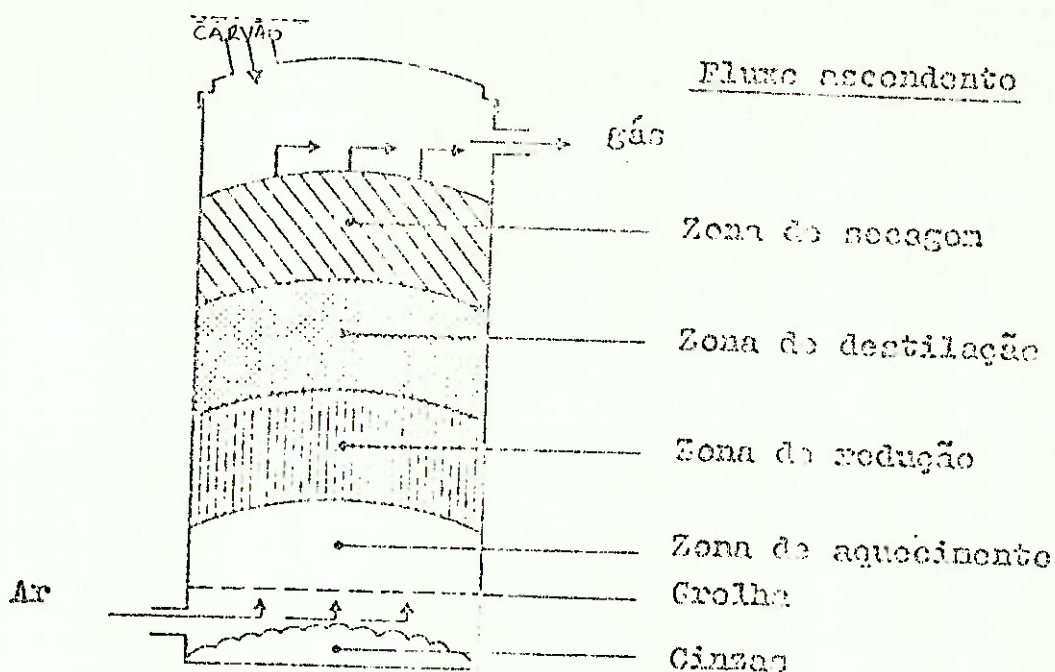


Figura 3.1.1 - Gaseificador de fluxo ascendente

3.2 Fluxo Descendente

Neste gaseificador (figura 3.2.1) os fluxos de ar e de gás

fluem no sentido descendente, tal como o movimento do combustível.

O ar é injetado primeiramente através da grelha quente, aquecendo-se antes de chegar a zona de fogo. Depois de atravessar o fogo, passa pelo combustível frio e o seca parcialmente. O vapor de água assim liberado é forçado a migrar no sentido descendente até a zona de redução, onde promove a gaseificação do carbono. Tal arranjo dispensa o uso do vapor externo no caso da gaseificação de lenha.

Entretanto, esta disposição deixa o gaseificador sensível à umidade do combustível, baixando o rendimento e o poder inferior do gás. Uma pré-secagem do combustível e/ou pré-aquecimento do ar de gaseificação permitem levantar esta restrição.

As temperaturas desejáveis nas zonas do reator são as mesmas mencionadas anteriormente para o gaseificador de fluxo ascendente. Para garantir os vapores passem pela zona quente, esses aparelhos tem um estrangulamento situado entre a zona de aquecimento e a de redução.

O gás deixa o gerador a 500-900°C. Alcatrão e acídeos são forçados a atravessar a zona de redução onde a temperatura reinante de 650°C decompõe os acídeos e grande parte do alcatrão. O gás apresenta, assim, reduzida quantidade de alcatrão, sendo isento de outras frações orgânicas.

Neste tipo de gaseificador pode-se usar combustíveis de baixa qualidade-madeira ou carvão vegetal, contendo mais de 25% de umidade. O número de calorías gerado em gaseificadores deste tipo é geralmente mais baixo do que o obtido nos de fluxo ascendente.

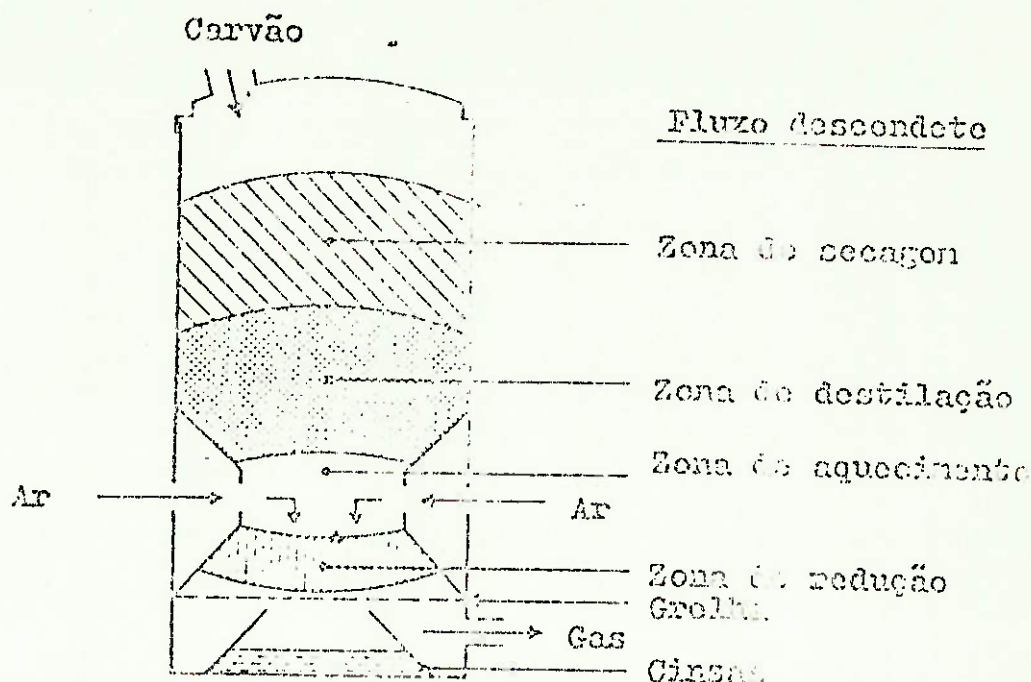


Figura 3.2.1 Gaseificador de fluxo descendente

3.3 Fluxo Lateral

Neste sistema as correntes de ar e gás passam através do gerador, o que não implica que a entrada e a saída sejam diretamente opostas uma à outra. A direção do combustível sólido é descendente (figura 3.3.1). A finalidade desse gaseificador é conseguir uma zona de oxidação de pequeno volume mas de alta temperatura, onde o alcatrão contido no combustível seja totalmente gaseificado e as cinzas converidas em escória líquida. Para isso ser conseguido, o ar é introduzido através de um bocal de pequeno diâmetro. A alta velocidade do ar assim obtida (± 80 m/s) eleva a temperatura da zona de oxidação para valores acima de 2000°C .

A zona de oxidação central dá uma outra configuração às outras zonas pelas quais o ar irá passar. Um esquema dessa configuração encontra-se na figura 3.3.1.

Esses gaseificadores caracterizam-se pela capacidade de permitir

partidas rápidas quando frios, pela sua simplicidade de construção e por responder rapidamente às variações de carga impostas ao motor.

Os combustíveis usados nesses gaseificadores devem possuir baixo teor de cinzas, baixo teor de alcatrão e alta reatividade. A primeira exigência visa manter um baixo teor de acumulação de escórias; a segunda e terceira exigências estão relacionadas com o pequeno tempo de contato do combustível com a zona de oxidação.

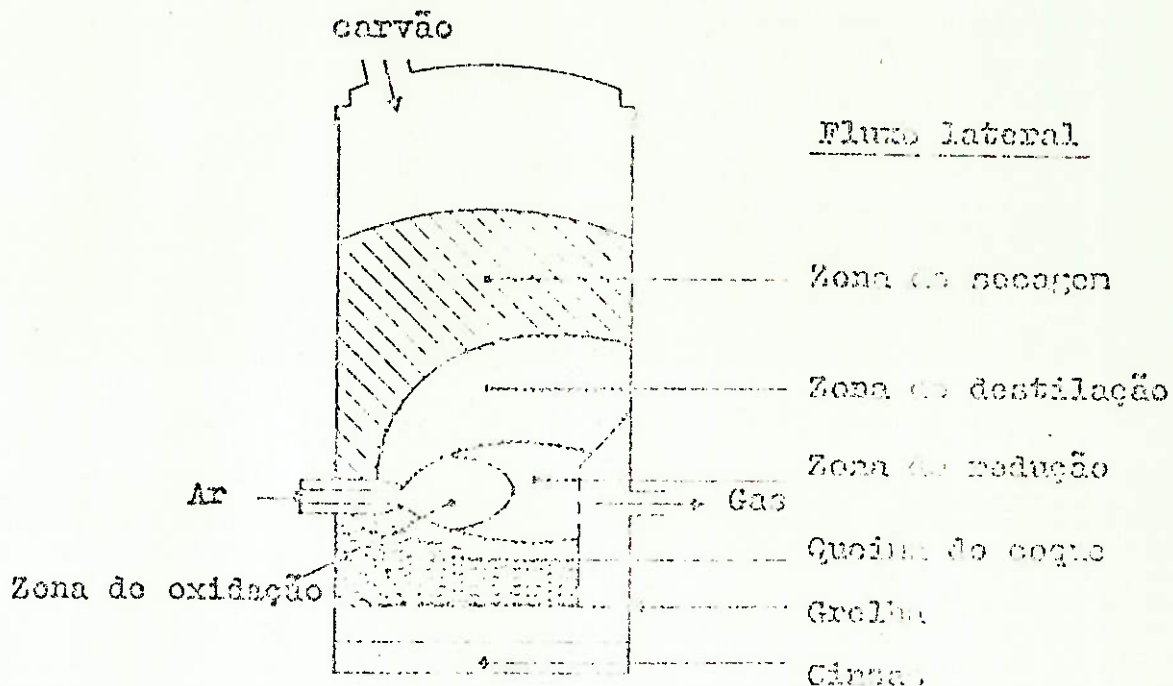


Figura 3.3.1 Gaseificador de fluxo lateral

3.4 Outras Possibilidades

Existem ainda gaseificadores que possuem uma combinação dos princípios dos três tipos principais. Por exemplo, a combinação do ascendente e do lateral pode ser usada para instalações estacionárias.

Uma variação do gaseificador descendente tem sido usada (figura 3.4.1)

e denomina-se gaseificador de fluxo descendente diagonal. Ele representa um tipo de intermediário entre o de fluxo descendente e o de fluxo lateral.

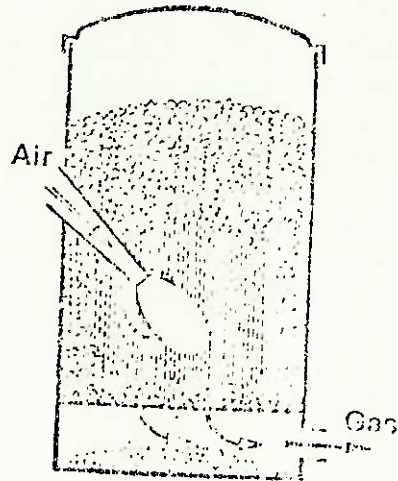


Figura 3.4.1 Gaseificador de fluxo descendente diagonal

4. COMBUSTÍVEIS: CARACTERÍSTICAS E TIPOS

Existe uma grande variedade de combustíveis para gaseificadores. Deles se exige, em primeiro lugar, que tenham elevada porcentagem de carvão, principal requisição para a produção do gás. As outras características são mostradas a seguir.

4.1 Características do Combustível

4.1.1 Tamanho

O tamanho do combustível desempenha um papel importante, pois influencia na velocidade e no curso das reações químicas que se dão no interior do gaseificador. Um tamanho uniforme é desejável, não devendo haver pedaços com tamanhos acima ou abaixo de 10% do estabelecido.

Pedaços muito grandes tornarão difícil a gaseificação pois a razão superfície por volume é menor do que para pedaços menores, e uma grande área superficial é essencial na partida dos processos de gaseificação. Além disso, os espaços vazios maiores permitirão a livre passagem do ar sem reagir na gaseificação.

Pedaços muito pequenos causam problemas de pó e bloqueiam a passagem do fluxo de ar através da pilha de combustível. Uma grande porção do combustível, em pedaços muito pequenos, pode causar uma fração de pó que será levado com o gás e formará dutos de gás através da pilha pela qual o ar passa, tomando pouco ou nenhuma parte nas reações. Quando o ar não usado mistura-se, então, com o gás, na zona de oxidação, uma indesejável reação ocorrerá, provocando combustão do gás local, pontos quentes na parede do gaseificador, perdas de calor e em acréscimo de formação de escória.

4.1.2 Umidade

Praticamente todos os combustíveis contêm umidade, quer devido ao seu estado natural, que pelo seu processo de manufatura, ou porque tenha absorvido umidade atmosférica, durante seu armazenamento. Em consequência disso o teor de umidade varia muito entre os combustíveis, como é mostrado na tabela 4.1.1.

Combustível	% de umidade em peso
Lenha	15-25
Carvão Vegetal	3-5
Linhito	13-16
Antracito	5

Tabela 4.1.1 Umidade de combustíveis

A umidade é purgada do combustível na zona de secagem e, na gaseificação descendente, vai para a zona de aquecimento onde se dissocia, dando ao gás uma quantidade de hidrogênio maior. Mas, se o teor de umidade é muito grande, que permanece água não dissociada a qual deve ser evaporada, esta entra no gás como vapor, causando uma baixa na qualidade do gás e condensação em pontos indesejáveis. Deve-se portanto, usar combustíveis com a menor quantidade de umidade possível.

Grande quantidade de umidade esfria a zona de aquecimento. Isso não só afetou o poder calorífico do gás na gaseificação descendente como impedirá a dissociação do alcatrão, aumentando sua porcentagem no gás produzido.

4.1.3 Cinzas e Escória

A quantidade de cinzas de um combustível determina na maioria

dos casos, se o mesmo pode ser utilizado economicamente.

Está claro que um grande teor de cinzas é indesejável pela razão que isso representa um lastro desnecessário em todo o caminho desde o fabricante até o consumidor do combustível e também para a gaseificação. Mesmo quando as cinzas são inofensivas, elas ainda necessitam ser removidas e causam gastos de manutenção, que aumentam com o aumento do teor de cinzas.

A porção de cinzas de um combustível também prejudica a gaseificação pois protege os pontos de combustível onde a ignição se inicia e portanto diminuiu a reatividade do combustível.

Uma formação de cinzas uniforme e branda e a caída das mesmas são indispensáveis para o funcionamento ininterrupto do sistema.

A melhor maneira para minimizar as dificuldades geradas pelos teores de cinza é escolher combustíveis de teores de cinzas baixos ou carvões beneficiados, e além disso procurar um equipamento de limpeza eficaz.

A formação de escória também prejudica o funcionamento do processo de gaseificação. A quantidade de cinzas fundidas, que originam a escória, depende não somente de temperatura da gaseificação, como também do ponto de fusão das cinzas (tabela 4.1.2).

Escória na zona de aquecimento prejudicará a distribuição do fluxo do ar. Muitas vezes na remoção de escória esta engloba combustível não consumido, removendo-o conjuntamente. Assim, há uma diminuição da economia do sistema.

Para minimizar o efeito de formação da escória deve-se escolher o combustível certo para determinada função. Pode-se também torná-la mais fluída através de mistura de certos componentes químicos.

Combustíveis	P.F. (°C)
Linhito	1200-1500
Coque	1200-1400
Antracito	1200-1400 .

Tabela 4.1.2 Ponto de Fusão das conzas em °C.

4.1.4 Reatividade

Quando um combustível apresenta a característica de acelerar as conversões químicas e fazê-las aproximarem-se mais rapidamente do equilíbrio químico, esse combustível tem uma alta reatividade. Esses combustíveis, por várias razões, facilitam o funcionamento dos sistemas onde são empregados. Além disso, uma extensa conversão de CO_2 para CO resulta das reações, com um aumento do poder calorífico do gás.

A reatividade de um combustível depende de sua natureza mas varia com as mudanças que ocorrem durante a combustão. Como a reatividade acelera a velocidade de conversão, a gaseificação será feita em menos tempo. Isto é, a partida será mais curta. Tais combustíveis podem, acima de tudo, responder mais velozmente às flutuações na demanda de gás.

A reatividade parece estar determinada pelo tipo de combustível. Uma regra geral é que os combustíveis geologicamente novos, como a madeira, são superiores em reatividade, aos geologicamente mais velhos. Disso podemos deduzir que a reatividade é melhor em combustíveis com alto teor de alcatrão.

A condição e o tamanho do combustível desempenham um papel importante em sua reatividade.

Como as conversões entre o carbono e o fluxo de ar, e talvez com a injeção de vapor, acontecem numa interface comum isto é, na superfície do combustível, essa superfície é naturalmente importante para o sucesso das reações do combustível. Uma superfície áspera é aparentemente vantajosa.

Deve-se salientar que, somente a parte do combustível exposta ao fluxo de ar toma parte na gaseificação. É portanto, desejável que o combustível tenha uma grande área superficial relativa ao seu volume. Isso mostra que o tamanho do combustível influencia sua reatividade. Quanto menor, o tamanho, mais superfície útil por unidade de peso. Mas esse tamanho é limitado por outros fatores tais como: a formação de pó, a alta velocidade do fluxo de ar e o aumento do depósito de escória.

Um baixo teor de cinzas ajuda a aumentar a reatividade, pois as cinzas cobrem parte da superfície.

A reatividade de um combustível pode tornar-se substancialmente menos favorável durante o decorrer do processo de gaseificação. Isto é evidente em combustível contendo voláteis, pois a reatividade decai após o desaparecimento das matérias voláteis.

4.1.5 Matérias Voláteis

A quantidade de matérias voláteis tem uma importância considerável devido à sua influência no tempo necessário para a partida e na qualidade do gás que é obtido a partir do combustível.

O teor de matérias voláteis pode ser tão alto quanto possível, desde que compatível com a sua eliminação.

Alto teor de voláteis implica na existência de alcatrão e isso implica na colocação de extratores especiais no equipamento. Geralmente, tais equipamentos, somente são empregados se houver mais de uma grama de alcatrão por quilo de combustível.

A quantidade de voláteis de alguns combustíveis é mostrada abaixo:

- . carvão vegetal - 3 a 30%
- . coques - 7 a 18%
- . antracito - 7%

4.2 Tipos de Combustíveis

Os combustíveis usados nos gasogênios são os seguintes: carvão de lenha, lenha, carvão de hulha, linhito ou carvão marron, coque de baixa temperatura e antracito. Combustíveis misturados são também usados, porém em menor escala. A seguir abordamos os principais tipos:

4.2.1 Carvão de lenha

O carvão de lenha ou carvão vegetal é o combustível que fornece o gás mais limpo, pode ser produzido em grandes quantidades e sua qualidade varia com o tipo de madeira usada e com a quantidade de água absorvida. Entretanto, esse combustível tem três pontos desfavoráveis: seu tamanho considerável; absorve água com facilidade e se não for bem armazenado para se livrar da umidade, ele terá mais que seu próprio peso em água; e sendo frágil, ele quebra em seu manuseio, criando uma cobertura de pó negro.

Apesar disso, o carvão de lenha é um ótimo combustível para gasogênios. Ele é muito relativo e forma um gás de composição constante, relativamente livre de alcatrão e não difícil de limpar.

Seu teor de cinzas é baixo, aproximadamente 2%, mas devido a sua extrema leveza é carregada pelo gás, especialmente em gaseificadores de fluxo lateral, e irá rapidamente obstruir os filtros, a menos que seja removida por um coletor de cinzas (um ciclone).

A manufatura desse combustível é realizada pela queima da lenha em montes a céu aberto, e também em fornos de carvão ou em grandes retortas estacionárias.

A composição e alguns outros dados de carvão vegetal são mostrados abaixo:

. % carbono -	73%
. % hidrogênio -	4%
. % oxigênio -	22%
. % cinzas -	1%
PCS -	6355 Kcal/kg
PSI -	6161 Kcal/kg
Umidade -	5,0%

4.2.2 Lenha

A lenha é formada de carbono, oxigênio, hidrogênio e uma pequena quantidade de nitrogênio, entre 0,5 - 1,5%. Seu teor de cinzas é baixo, somente 0,5 - 2,0%. A lenha não apresenta enxofre, que é um perigoso contaminante que facilmente forma o ácido sulfúrico, causando corrosão no motor e no sistema de produção do gás. A lenha possui fácil ignição, virtude necessária para os propósitos de gaseificação.

As principais desvantagens são o pouco peso e o teor de umidade. Sendo muito leve, um metro cúbico acomoda apenas 250-300kg de lenha. O teor de umidade é alto e deve ser reduzido abaixo dos 25% antes de sua utilização. Em peso, a umidade na madeira verde é de 25 - 60% e na madeira seca por ar de 12 - 15%.

Composição:	carbono	-	40%
	hidrogênio	-	4,8%
	oxigênio	-	33,8%
	nitrogênio	-	0,6%
	cinzas	-	0,8%
	água	-	20%
	Pc	-	4583 Kcal/kg

4.2.3 Linhito

Linhito ou carvão marrom como é usualmente chamado é um combustível composto principalmente de madeira fóssil. Apresenta um teor de umidade e de cinzas que o torna um combustível inferior. Pode ser usado em pedaços ou em briquetes. Na forma de pedaços é mais reativo e de fácil gaseificação. O linhito em pedaços é melhor gaseificado em gaseificadores de fluxo ascendente com grade horizontal, provido de um mecanismo de vibração para lidar com a grande quantidade de cinzas.

Composição:	matéria volátil	-	12,5%
	cinzas	-	10%
	umidade	-	3,0%
	carbono	-	74,5 %
	P.C.	-	6742Kcal/kg

4.2.4 Coque de Baixa Temperatura

São combustíveis formados de carbonização do carvão mineral a temperaturas entre 425 e 600°C.

O coque de baixa temperatura dá maior quilometragem por carga que o carvão vegetal, mas tem um tempo de partida mais longo. De forma geral, quando mais alta a qualidade de voláteis, melhor o resultado.

Os coques que dão os melhores resultados são feitos a partir do carvão mole, e quando usados em gaseificadores de fluxo ascendente e fluxo lateral. Altas temperaturas induzem à formação de escória e isso é reduzido nos gaseificadores de fluxo ascendente quando comparado com os de fluxo lateral.

Composição:	matérias voláteis	-	10%
	cinzas	-	5%
	umidade	-	4%
	carbono	-	81%
	P.C.	-	7952 Kcal/kg

4.2.5 Antracito

Antracito é o mais distribuído e valioso dos carvões minerais. Contém uma grande proporção de carbono e poucas matérias voláteis. Assim produz praticamente nenhuma fumaça ou cinza.

Geralmente tem uma partida mais demorada que o carvão vegetal ou coque, mas em operação dá bons resultados. Permite ao gasogênio funcionar três vezes mais tempo por carga que os outros combustíveis por causa da qualidade de calor disponível por unidade de volume.

Os gaseificadores de fluxo ascendente ou descendente são os usados para esse combustível.

Composição:	matérias voláteis	-	7,2%
	cinzas	-	4,2%
	umidade	-	2,5%
	carbono	-	86,1%
	P.C.	-	8100 Kcal/kg

5. O GÁS

Como foi visto, diversos fatores influem na gaseificação. Assim, podemos esperar que o gás produzido também sofra influência desses fatores. Dessa forma, não é possível fixar uma análise correta do gás.

Entretanto, espera-se que na composição do gás as maiores variações manifestem-se na composição dos combustíveis líquidos. Foi encontrado que dependendo do combustível e do método de gaseificação os componentes aparecerão dentro dos seguintes limites:

CO	-	20	a	30%	(em volume)
H ₂	-	10	a	25%	
CH ₄ (metano)	-	2	a	15%	
CO ₂	-	2	a	15%	
N ₂	-	45	a	60%	

Em contraste, a composição dos outros combustíveis usados para propulsão automática são fixados nos seguintes limites:

Metano:	75% C	e	25% H ₂
Propano:	60% C	e	25% H ₂
Gasolina:	85,7% C	e	14,3% H ₂
Óleo Diesel:	86,4% C	e	13,6% H ₂

Desde que a composição do gás reflete se a gaseificação está sendo realizada, uma precisa análise do gás é imperativo nos trabalhos de pesquisa e desenvolvimento.

Alguns exemplos de composição dos gases de diferentes combustíveis é dada na tabela 5.1. Os resultados da tabela representam uma gaseificação experimental e nenhuma conclusão pode ser tirada sobre o combustível ou processo de gaseificação

Combustível	Método de gaseificação	Porcentagem em volume					Poder calorífico medido (Kcal/Nm ³)
		CO	H ₂	CH	CO ₂	N ₂	
Lenha (15% umidade)	Descend.	22,2	17,5	0,8	12,2	47,3	1190
Lenha (25% umidade)	Descend.	23,0	14,1	0,9	16,0	45,9	1130
Carvão vegetal	Ascend.	30,4	19,7	-	3,6	46	1430
Antracito	Ascend.	27,0	12,7	0,7	3,9	55,7	1200
	Lateral	24,4	8,9	0,6	2,8	61,9	1020

Tabela 5.1 Exemplos de composição de gases derivados de diferentes combustíveis.

5.1 Poder Calorífico

O poder calorífico do gás deve ser computado das quantidades dos constituintes combustíveis indicados nas análises.

Muitos consideram o poder calorífico do gás como um valor indicativo da qualidade de gaseificação. Isto é, parcialmente justificado. Para ser correto, um alto poder calorífico do gás certifica o sucesso de transferência de energia do combustível para o gás e indica uma boa eficiência da gaseificação. Mas o funcionamento do sistema gaseificador depende não só da quantidade

de poder calorífico, mas também da uniformidade da composição do gás com seu poder calorífico resultante. Isso porque a mistura de ar de combustão ao gás deve ser ajustada constantemente para se atingir a melhor performance do motor.

Uma certa variação do poder calorífico pode ser observado quando, a demanda de gás é mantida constante, como em testes estacionados, e é causada por formação de cinzas e escória, obstrução temporária do fluxo de ar por formação de cinzas, etc.

5.2 Quantidade

A quantidade de gás extraído de um quilo de combustível varia com o tipo de combustível e com o método de gaseificação usado. Os valores médios são mostrados a seguir:

. lenha	-	2,3 m ³
. linhito	-	4,5 m ³
. antracito-		4,5 m ³

5.3 Temperatura

O gás deixa o gaseificador entre 300º - 500ºC. Se a temperatura é superior a 500ºC, isso pode ser um indicador de gaseificação incompleta ou combustão parcial do gás com ar não utilizado. O calor sensível do gás representa uma perda de energia, a menos que seja utilizado para aquecer o ar ou o vapor. O resfriamento do gás por esses métodos é usualmente insuficiente e posteriores remoções de calor são necessárias.

C A P Í T U L O I I I

Aplicação do Gasogênio

3. APLICAÇÃO DO GASOGÊNIO

3.1 Introdução

O objetivo deste capítulo é explicar como utilizar um gasogênio em um automóvel, para isso utilizaremos uma caminhonete que possui um sistema gaseificador. Para este sistema mostraremos seus componentes, o princípio de funcionamento de cada um deles, dimensões destes, manutenção, operação, cuidados a serem tomados e sugestões para sua melhoria.

O combustível utilizado será exclusivamente o carvão.

3.2 Sistema Gaseificador

3.2.1 Circuito do Sistema do Gasogênio

O esquema do gasogênio que se encontra na caminhonete é mostrado na figura 3.1, e consiste em gaseificador, ciclone, trocador de calor, filtro de manga, filtro de segurança, válvula de admissão de ar para os gases, válvula borboleta e válvula de três vias, cada um dos componentes será dimensionado e explicado mais adiante, aqui apenas será explicado o circuito.

O sistema é muito simples, no gaseificador queimamos o carvão e retiramos os gases de combustão (combustível do motor), como estes gases carregam partículas de carvão que prejudicam o motor temos que filtrá-los, por isto passam pelo ciclone que retira as partículas mais pesadas, que poderiam além de danificar o motor obstruir as tubulações. Em seguida ao ciclone os gases vão para o trocador de calor onde baixam de temperatura, esta operação é necessária para que tenhamos um bom rendimento, e isto ocorre se tivermos temperaturas baixas na entrada do motor ($\pm 50^{\circ}\text{C}$). O ciclone não garantiu a limpeza total dos gases por isto é feita

3.2.2 Arranjo dos Componentes

A figura 3.2 mostra qual a disposição dos componentes, citados no item anterior, na caminhonete.

Basta apenas uma pequena descrição da figura; o gaseificador, o filtro de manga e o ciclone ficam na carroceria da caminhonete; o trocador de calor fica sobre a cabine; o restante dos componentes ficam no compartimento do motor. As tubulações que ligam os componentes são metálicos e funcionam como resfriadores dos gases, as curvas, a partir do filtro de manga, são de mangueira porque a temperatura aí já não é muito alta e estes elementos podem suportá-la.

3.3 Dimensões e Princípios de Funcionamento dos Componentes

3.3.1 Gaseificador

O gaseificador é do tipo contra-corrente e seu princípio de funcionamento é muito simples:

- a carga de carvão é feita pela parte superior;
- pela tampa inferior retiramos as cinzas e colocamos fogo para partida do gaseificador;
- internamente ao gaseificador há uma cinta que recolhe os gases provenientes da combustão e conduz a tubulação do sistema.

As dimensões principais e o esquema do funcionamento estão na figura 3.3.

Dentro do gaseificador a substituição do material já queimado por material novo, é feita através da gravidade que faz com que o carvão tenda a atingir a região de queima.

uma nova filtragem, agora para retirar as partículas menores, o filtro de manga está aí para isto, pensando em possíveis falhas coloca-se logo em seguida um filtro de segurança que limpa os restantes das impurezas dos gases,

Com o gases limpos e a temperatura razoável, basta fazermos a mistura dos gases com o ar e teremos a mistura combustível para o motor, esta mistura é feita através de uma válvula borboleta que está aberta para a atmosfera.

O sistema descrito acima necessita da partida convencional do motor, à gasolina, e é para isto que existe um circuito auxiliar de gasolina no carburador que consiste de uma válvula de três vias que possibilita o retorno da gasolina para o tanque ou a introdução desta na bomba de gasolina, a interligação dos dois circuitos é feita através de outra válvula colocada entre o carburador e o filtro de ar, esta válvula regula a sucção do motor entre o ar do filtro e os gases do gasogênio.

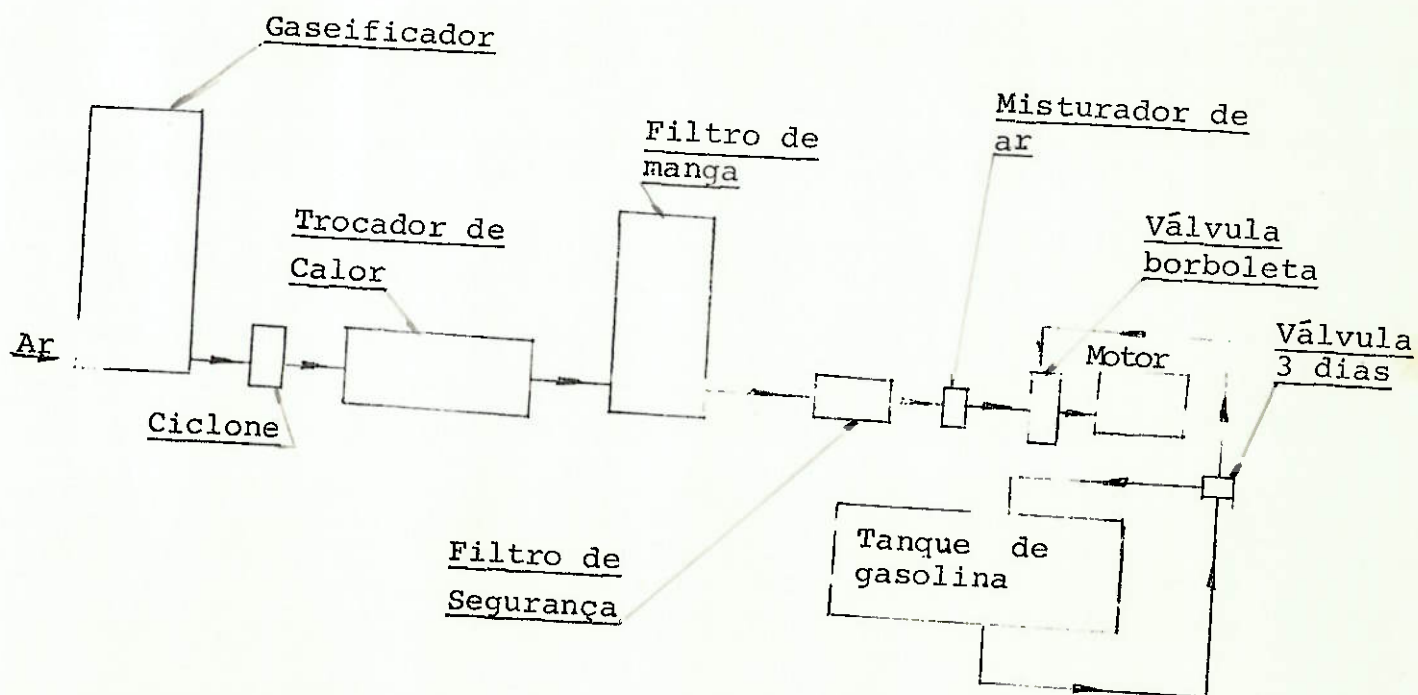


Figura 3.1 Diagrama do circuito gaseificador

Para melhoria dos gases é interessante aumentar o teor de H_2 , para isso existe um acessório mostrado na figura 3.2, que consiste de uma cinta de água colocada ao redor do gaseificador que gera e injeta vapor para dentro do gaseificador.

3.3.2 Ciclone

O ciclone é um filtro de partículas grandes, seu funcionamento baseia-se na criação de turbulência nos gases fazendo com que as partículas maiores de impurezas precipitem (auxiliados pela força da gravidade) para o filtro do ciclone, onde há uma tampa de inspeção e limpeza para retirada das impurezas. As dimensões principais e o princípio de funcionamento estão na figura 3.4.

3.3.3 Trocador de Calor

Trata-se de um trocador de calor entre gás e ar de fluxo transversal, o princípio de resfriamento se dá principalmente através da convecção forçada, quando o veículo está em movimento, e através da convecção natural e radiação quando está estacionado (ver figura 3.2).

3.3.4 Filtro de Manga

Consiste em um tubulão que possui uma camisa de tecido através do qual passam os gases. A entrada de gases é feita pela parte superior do tubulão na parte interna da camisa e a saída na parte inferior, a tampa do tubulão serve para a retirada do filtro para limpeza. Neste filtro retiramos, praticamente, todas as impurezas contidas nos gases (ver figura 3.2).

3.3.5 Filtro de Segurança

É um filtro comum de papel que serve apenas para prevenir contra possíveis impurezas (figura 3.2).

3.3.6 Misturador de Ar

É uma válvula borboleta que deixa o ar atmosférico ser succionado para dentro da tubulação causando a mistura gás + ar. A regulagem desta válvula é feita através de uma pequena alavanca que é fixada em uma determinada posição através de um parafuso de aperto (figura 3.2).

3.3.7 Válvula Borboleta

É uma válvula que regula a aspiração dos gases ou o ar provenientes do filtro de ar do carburador, a regulagem desta válvula é feita através de uma pequena alavanca que é fixada em uma determinada posição através de um parafuso (figura 3.2).

3.3.8 Válvula de Três Vias

É uma válvula selecionadora de caminho que possibilita a gasolina vir do tanque e ir para a bomba de gasolina ou retornar ao tanque. É utilizada quando se faz necessário ou não a presença de gasolina no motor (figura 3.2).

3.4 Operações do Sistema de Gaseificação

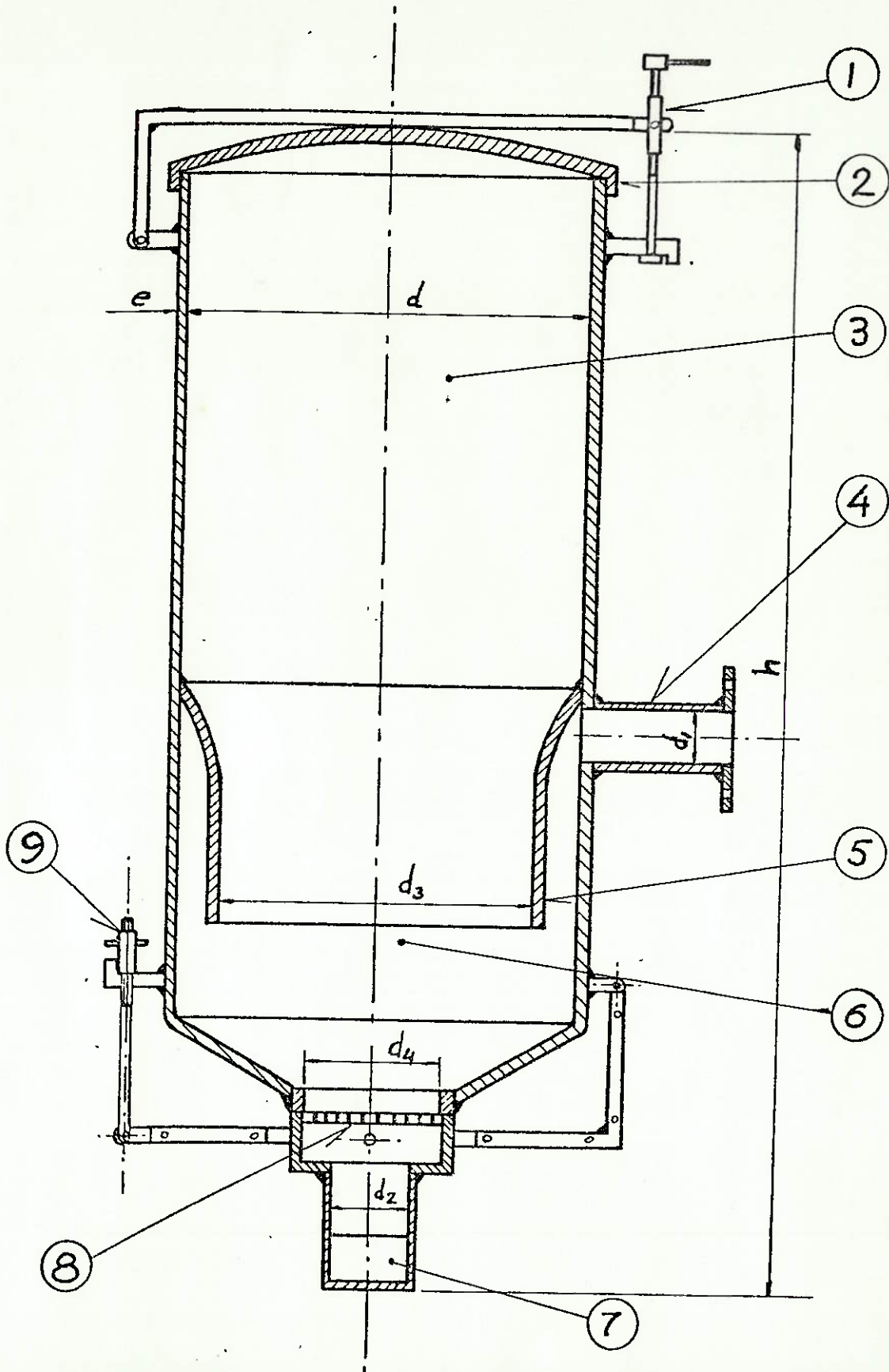


figura 3.1a - Gaseificador (ver figura 3.3)

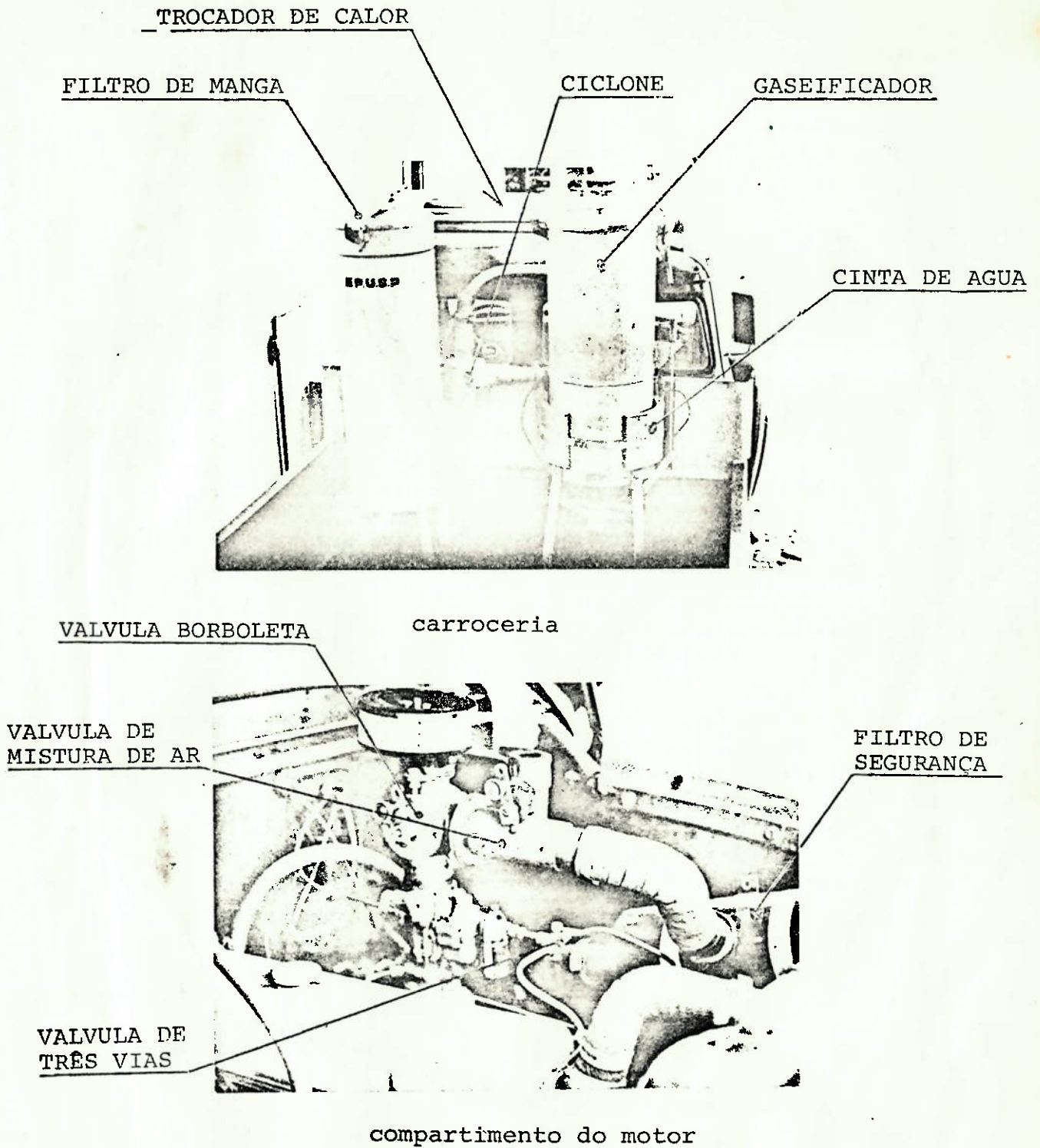


figura 3.2 - Posicionamento do gasogênio na caminhonete

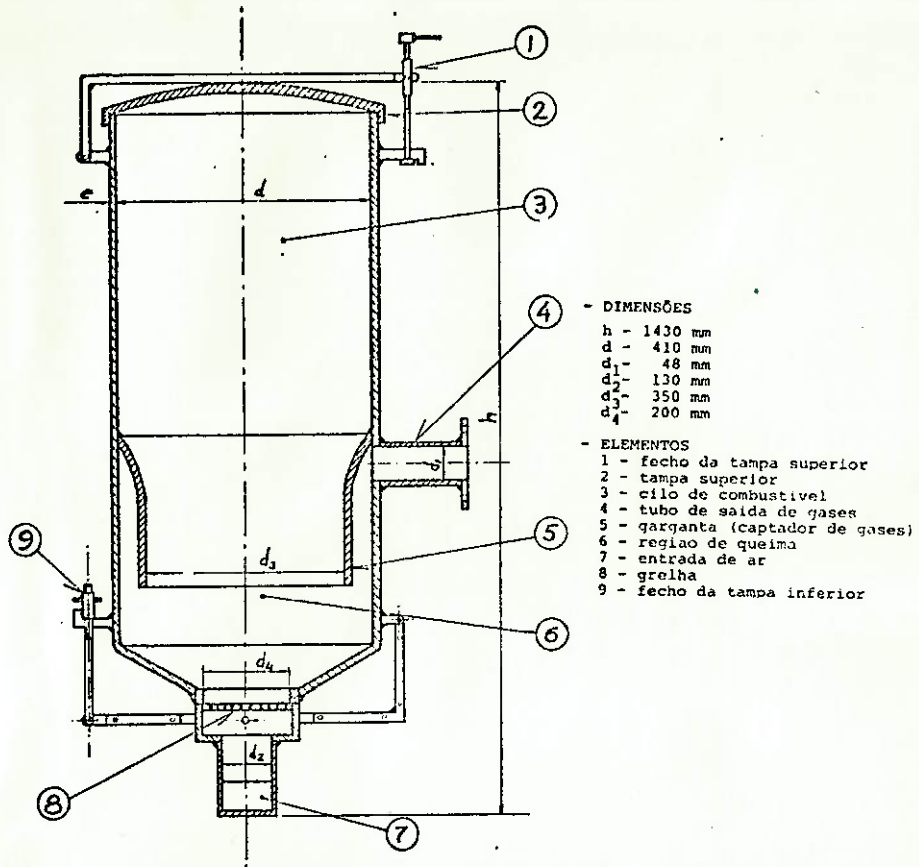


figura 3.3 - Galeificador

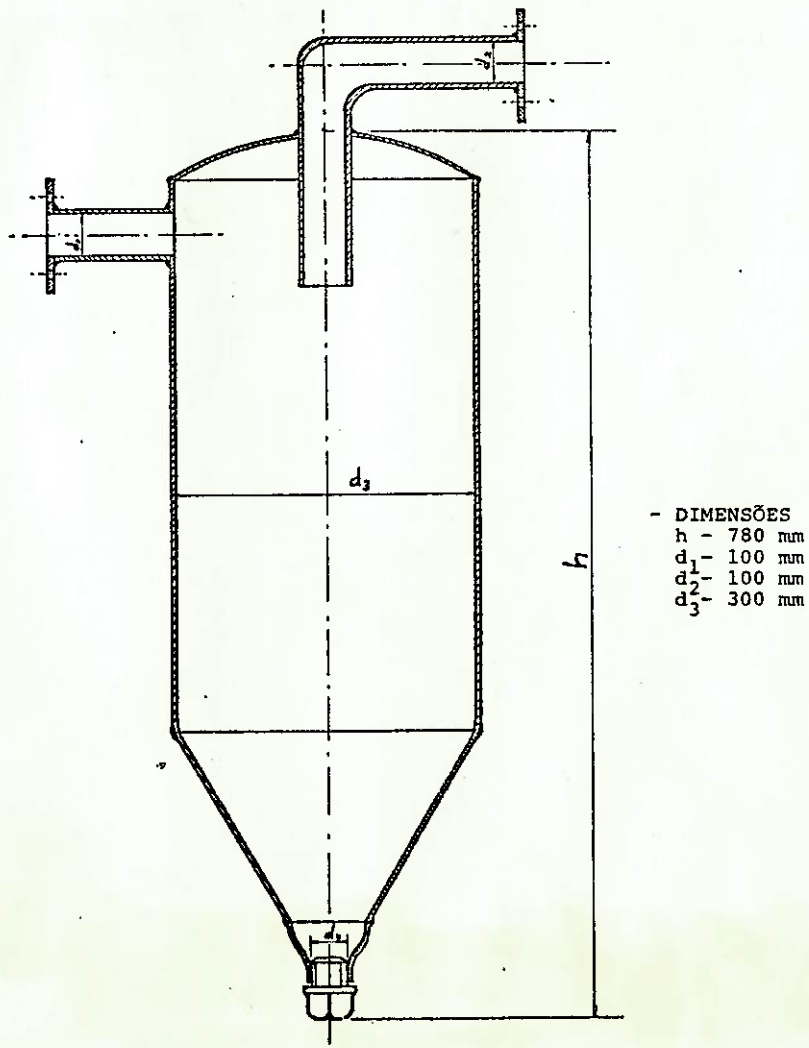


figura 3.4 - Ciclone

3.4.1 Partida do Sistema

O funcionamento geral do circuito de gasogênio já foi explicado no item anterior, falta somente explicar como dar partida no sistema, isto não requer muito conhecimento do sistema, para isto basta seguir as instruções abaixo:

- . em primeiro lugar devemos fornecer o combustível para o sistema para isto abrimos a tampa superior do gaseificador e colocamos o carvão dentro dele, aproximadamente 25 kg, em seguida fechamos o gaseificador;
- . verificar a válvula de três vias que se encontra no compartimento do motor, como visto em item anterior, assegurando que ela esteja deixando passar a gasolina para o motor, não esquecendo também de verificar se há gasolina no tanque;
- . fechar totalmente o misturador de ar e a válvula borboleta, não permitindo que entre gases provenientes do gasogênio, deixando assim o motor funcionando normalmente a gasolina;
- . após efetuados as operações anteriores dá-se partida no motor, puxando um pouco o afogador do carro;
- . uma vez o motor funcionando em marcha lenta coloca-se um pedaço de estopa embebida em alcôol na parte inferior do gaseificador e em seguida coloca-se fogo nesta;
- . volta-se então ao cofre do motor e abre-se metade da válvula borboleta para que o motor uma parte do ar succionado pelo mesmo venha através do gasogênio criando uma corrente de ar dentro do gaseificador auxiliando a queima do carvão e trazendo junto com o ar um pouco de gases de combustão do carvão;
- . fazendo a operação anterior a rotação do motor tende a cair quando os gases começarem a chegar ao motor, isto ocorre porque não há ar suficiente para a mistura de gasolina, para solucionar isto basta abrir lentamente a válvula misturadora de ar, até a rotação atingir novamente a normalidade;
- . com o progressivo aumento de temperatura no gaseificador abrimos lentamente a válvula borboleta equilibrando esta

abertura com a válvula de mistura de ar para controlar a rotação do motor;

- . após a válvula borboleta estar aberta totalmente para a admissão do gasogênio fechamos a admissão de gasolina para o motor através da válvula de três vias e regulamos a rotação do motor através da válvula de mistura de ar, esta válvula deve estar quase que totalmente fechada e podemos operar o veículo com gasogênio.

A operação acima demora entre 10 e 15 minutos dependendo da temperatura ambiente e foi descrita para o sistema operando sem cinta de água ao redor do gaseificador, caso esta seja usada deve ser instalada antes de dar partida no sistema, e a sua válvula deve estar totalmente fechada.

3.4.2 Operação do Veículo a Gasogênio

O motor funcionando a gasogênio possui uma resposta muito lenta. O motor em regime pode, eventualmente parar e os motivos possíveis podem ser os seguintes:

- . falta de gases devido ao término da carga de carvão no gaseificador;
- . falta de gases devido ao fechamento da entrada de ar na parte inferior do gaseificador, impossibilitando a sucção dos gases pelo motor;
- . falta de gases devido a ausência na região de queima, isto ocorre porque o carvão ficou suspenso no gaseificador e não se depositou na região de queima;
- . falta de gases devido ao entupimento ou dobramento da tubulação do sistema, isto pode ocorrer por causa de resíduos na tubulação ou pelo dobramento e eventual fechamento das mangueiras do sistema.

3.4.3 Manutenção do Gasogênio

É muito importante citar a manutenção do sistema, ele é muito importante para o bom funcionamento do gasogênio.

A manutenção do sistema é muito simples, deve-se após a queima de uma carga completa de carvão limpar alguns elementos do sistema:

- Gaseificador:- abrir a tampa inferior, e remover a grelha para que as cinzas caiam, deve-se tomar alguns cuidados ao mexer no gaseificador, um deles é com a temperatura e o outro é que ao abrirmos a tampa superior, podem ainda existir gases presos dentro do gaseificador, que causariam uma pequena explosão ao entrar em contato com o ar sem citar o fato de serem tóxicos;
- Ciclone:- basta abrir a tampa interior com um grifo e remover as impurezas que se encontram dentro dele, deve-se tomar cuidado com a temperatura que ele se encontra;
- Filtro de Manga: - abre-se a tampa superior, tomando o cuidado para não respirar os gases contidos dentro dele, remova o tecido e após ele estar limpo recoloque-o no lugar;
- Trocador de Calor: - abrir a válvula que está no corpo do trocador para remover os condensados que ficaram no trocador.

Além das limpezas acima, podemos periodicamente limpar o filtro da segurança, abrir a tampa lateral do trocador e limpar suas tubulações.

3.5 Sugestões para Melhorias do Sistema

O sistema original que foi descrito até este momento apresenta algumas falhas que poderiam ser solucionadas, abaixo serão citados as modificações convenientes para a melhoria do sistema citando cada item a ser modificado.

- Trocador de Calor: - este elemento apresenta dois problemas, sua posição acima da caminhonete não é a mais favorável para a troca de calor porque a corrente de ar desviada pela cabine tende a passar acima do trocador, para resolver este problema colocaria-se o trocador na frente da caminhonete. Outro problema que ele apresenta é o seu dimensionamento, ao se construí-lo não se calculou com exatidão suas dimensões, para solucionar este problema deveríamos projetar e construir um novo trocador.
- Gaseificador: - como já foi citado este gaseificador é de contracorrente e este tipo de gaseificador gera gases com alto teor de alcatrão e os filtros que o sistema possui não retiram o alcatrão dos gases, para solucionar este problema deveríamos trocar o gaseificador para um de corrente paralela que obriga o alcatrão passar pela região de queima fazendo com que ele se queime, uma outra solução seria trocar os filtros para filtros de óleo que retiram o alcatrão.
- Filtro de segurança: - o filtro de papel introduz na perda de carga muito grande causando uma resposta excessivamente lenta do sistema, para melhorar isto poderíamos trocar por um filtro de óleo que além de diminuir a perda de carga retiraria o alcatrão dos gases.
- Ventoinha: - este é um acessório que ainda não foi citado, ele estaria ligado a entrada de ar do gaseificador causando um fluxo de ar mais intenso dentro do sistema, isto beneficiaria principalmente ao que se relaciona ao tempo de resposta do sistema, haveria também a possibilidade de queimar outro tipo de combustível já que a queima dos combustíveis melhoraria sensivelmente.
- Sistema de Controle e Acionamento: - vimos que no sistema original a caminhonete somente pode operar com o gasogênio após toda a manipulação com as válvulas de gasolina e gasogênio e toda estas operações são com o veículo parado, seria interessante que a mudança de gasolina para gasogênio fosse feita em regime como veículo em movimento, evitaria a perda de tempo para colocar o sistema em funcionamento. Para ocorrer a mudança

com o veículo em funcionamento seria necessário que todos os controles estivessem dentro da cabine e que um termostato fosse acoplado ao gaseificador, já calibrado anteriormente, para que o indivíduo pudesse saber quando efetuar a mudança. A solução acima é uma solução até que muito simples, poderíamos melhorá-la tornando algumas manipulações automáticas, ou talvez todo o sistema, mas isto seria um estudo por demais detalhado para ser apresentado aqui.

OBSERVAÇÕES:- Algumas experiências com o sistema de gasogênio mostram que ele se torna satisfatório somente para uso em locais sem tráfego intenso, ele desempenha bem para estrada devida a sua resposta lenta.

C A P Í T U L O I V

Parte Prática - Ensaio

1. OBJETIVOS

O objetivo da presente parte prática é o ensaio do motor Chevette 1,4L a gasolina e a gasogênio e a partir dos dados do dinamômetro construir as curvas características para ambos os casos bem como determinar as capacidades de rampa para cada marcha e as acelerações de 0-80 e 0-100 usando 3 e 4 marchas.

2. DADOS GERAIS: Motor 1,4L

Taxa de compressão: 7,8:1

Transmissão:	1ª	-	3,75	Diferencial	-	4.10
	2ª	-	2,16			
	3ª	-	1,38			
	4ª	-	1,00			
	Ré	-	3,81			

Raio dinâmico de rolagem - 0,279 m

Coefficiente de penetração aerodinâmica - 0,51

Área frontal - 1,73 m²

Peso em vazio - 869 kgf

Peso com meia carga - (869 + 110) kgf

Peso Gasogênio - 200 kgf

3. DESCRIÇÃO DO DINAMÔMETRO

O motor foi ensaiado no dinamômetro de bancada do departamento visando a verificação do seu desempenho com o levantamento das curvas características do motor.

Basicamente o nosso dinamômetro compõe-se de um rotor e um estator e entre eles água funcionando como elemento de acoplamento. O estator, pode girar arrastado pelo rotor, através do elemento de acoplamento e por meio de um braço apoiado sobre uma mola, pode transmitir o torque desenvolvido pelo motor, e o valor é indicado em uma escala do aparelho.

3.1 Procedimento

Ajusta-se o acelerador na posição de máxima abertura e aguarda-se que a temperatura do óleo lubrificante e do fluído de resfriamento atinjam os valores de regime.

O ensaio é feito em diversas RPM_s dentro da faixa de rotações do motor.

Para cada RPM lê-se a indicação do torque e calcula-se a potência segundo a expressão:

$$N = \frac{T \cdot \omega}{75} = \frac{T \times 2\pi \times \eta}{60 \times 75} = \frac{T \times \eta}{4500} = \frac{T \times \eta}{2\pi K_1}$$

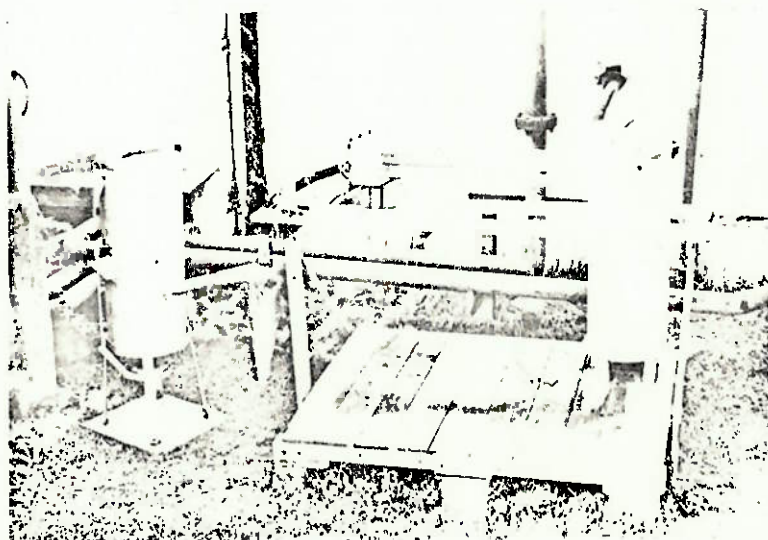
$$N = \frac{F \times \eta}{K_2}$$

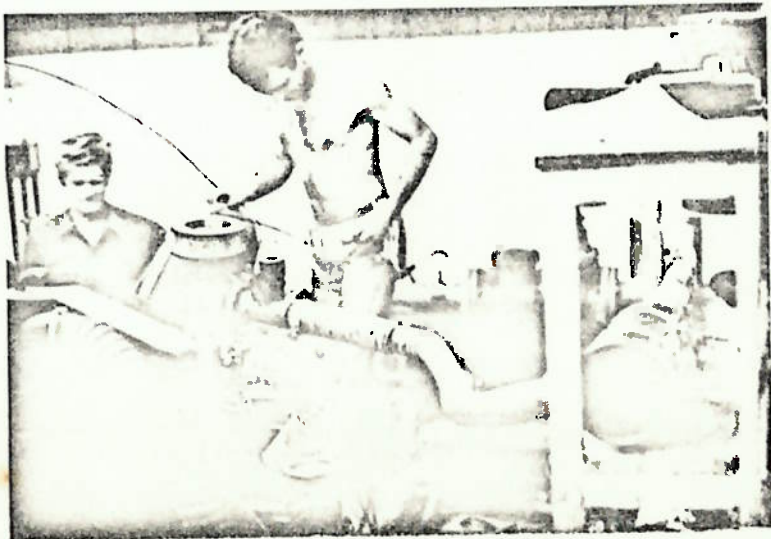
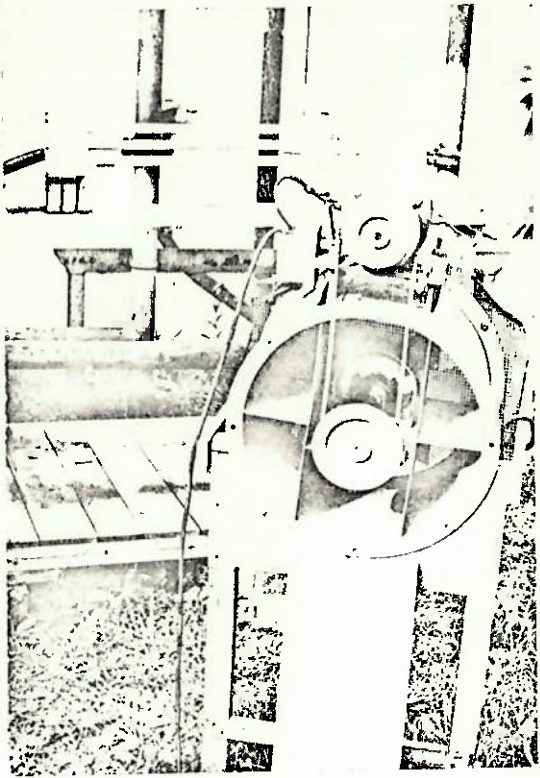
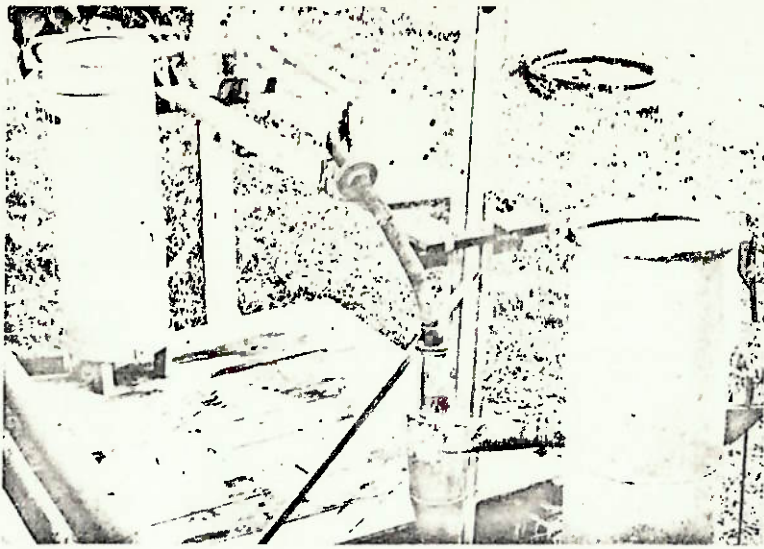
K_1 e K_2 são constantes conhecidos do dinamômetro

Para o ensaio a gasogênio foram feitas as seguintes operações:

- . No corpo do carburador foi instalado o misturador, com a finalidade de permitir que o gás de combustão misture com o ar atmosférico e preencha o volume da câmara de combustão do motor.
- . Com o auxílio de uma mangueira de borracha, ligamos o misturador com a saída do filtro de mangas e o restante da tubulação instalada no pátio externo do edifício.
- . Toda aparelhagem foi montada sobre uma plataforma de madeira.
- . Para resfriarmos o trocador, simulando o veículo em movimento, foi instalado um ventilador.
- . Para o ensaio foi preciso trocar e soldar algumas tubulações existentes (do ciclone para o trocador), confeccionar algumas juntas de amianto para posterior colagem nas flanges com cola para juntas de motor diesel.

3.2 Esquema de Instalação





4. PREVISÃO DE DESEMPENHO - DESENVOLVIMENTO TEÓRICO

4.1 Determinação da Capacidade de Rampa

Para a confecção de uma previsão de desempenho de um veículo qualquer, necessitamos de alguns dados que serão vistos nas expressões que se seguem.

Passamos então a enumerá-las:

- . peso específico do ar - 1226 kgf/m³
- . aceleração da gravidade - 9,81 m/s²
- . eficiência da transmissão - 0,88 (admitido)
- . área frontal - 1,73 m² (estimado)
- . coeficiente de penetração aerodinâmica - 0,51 (admitido)

4.1.1 Forças Resistivas

Basicamente as forças que resistem ao deslocamento de um veículo são o atrito de rolamento e o atrito da resistência do ar.

O atrito de rolamento é influenciado pelas características do pneu e pelo tipo de estrada e pode ser calculado por:

$$W_r = f \cdot G$$

onde f - coeficiente do atrito de rolamento (depende da velocidade)

G - peso com meia carga

f pode ser calculado por:

$$f = 0,01 \left(1 + \frac{v}{100} \right)^2 ;$$

v - velocidade em MPH

O atrito de resistência do ar é influenciado pela aerodinâmica do veículo e pode ser calculado pela mecânica dos fluídos por:

$$W_{ar} = \frac{\gamma}{2g} \cdot A_f \cdot C_w \cdot V^2$$

onde:

- γ - peso específico do ar (kgf/m³)
- g - acel. gravidade (m/s²)
- A_f - área frontal (m²)
- C_w - coef aerodinâmico

Com estas expressões constroem-se as tabelas da resistência para a gasolina e para o gasogênio (tabelas: 5.1, 5.2, 6.1 e 6.2)

4.2.1 Força Bruta

Através do ensaio do dinamômetro temos o torque do motor x RPM.

Com estes dados mais as reduções de câmbio e diferencial e o rendimento da transmissão, temos o torque nos pneus, dado por:

$$T_p = T_m \cdot r_{ci} \cdot r_d \cdot \eta$$

onde:

- T_p - torque nos pneus
- T_m - torque no motor
- r_{ci} - redução do câmbio na marcha i
- r_d - redução do diferencial
- η - rendimento da transmissão

Dividindo-se o torque nos pneus pelo raio dinâmico do pneu, temos a força nos pneus:

$$F_p = T_p / r_{din}.$$

Constroi-se as tabelas 7 e 9.

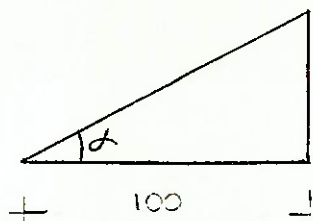
Com os dados do dinamômetro traça-se o gráfico 1.

Com as tabelas 5.1, 5.2, 6.1, 6.2, 7 e 9 traçam-se os gráficos 2 e 4.

A capacidade da rampa é calculada como se segue:

. o seno do angulo (α) de inclinação da rampa e dada pela diferença entre a força bruta e resistências dividido pelo peso com meia carga para cada caso no ponto o torque máximo.

. determina-se a porcentagem de rampa, multiplicando-se a tangente de α por 100.



OBS: A relação entre a RPM do motor e a velocidade final do veículo é expressa por:

$$V = \frac{RPM \cdot r_{din} \cdot 120 \cdot \pi}{r_{ci} \cdot r_{dif} \cdot 10^3}$$

4.2 Determinação das Acelerações

Sabemos que:

. $F_p = m \cdot a$

onde:

F_p - força nos pneus

m - massa

a - aceleração do veículo

mas

$$F_p - f(v)$$

$$a - dv/dt$$

Assim

$$f(v) - m \frac{dv}{dt} \rightarrow dt = m \frac{dv}{f(v)}$$

chamando-se

$$g(v) = \frac{1}{f(v)}$$

temos

$$dt = m \cdot g(v) dv$$

portanto

$$\int_0^80 dt = m \int_0^80 g(v) \quad (I)$$

Procedimento:

- . para cada rotação e cada marcha, calcula-se a força líquida que é subtraindo-se da força bruta as forças resistivas
- . calcula-se a inversa da força líquida ($g(v)$)
- . constrói-se as tabelas IV e VI
- . traçam-se os gráficos 3.1, 3.2 e 5.
- . calcula-se a área sob as curvas, partindo-se de 1000 RPM e até a RPM de potência máxima no intervalo de velocidade que se que determinar o tempo de aceleração
- . calcula-se o tempo pela expressão I
- . acrescentar o tempo de 0,25s para cada mudança de marcha.

5. Tabela 5

Resistência ao movimento

(ar + rolamento) - Ensaio a gasolina

V(km/h)	V (m/s)	V ² (m ² /s ²)	Ra (kgf)
0	0	0	0
10	2,778	7,717	0,424
20	5,556	30,869	1,698
30	8,333	69,439	3,819
40	11,111	123,454	6,790
50	13,889	192,904	10,610
60	16,667	277,789	15,278
70	19,444	378,069	20,794
80	22,222	493,817	27,160
90	25,000	625,000	34,375
100	27,778	771,617	42,439
110	30,556	933,669	51,352
120	33,333	1.111,089	61,110
130	36,111	1.304,004	71,720
140	38,889	1.512,354	83,179
150	41,667	1.736,139	95,488
160	44,444	1.975,269	108,640
170	47,222	2.229,917	122,645
180	50,000	2.500,000	137,500
190	52,778	2.785,517	153,203
200	55,556	3.086,469	169,756

Tabela 5.1 - Resistência ao ar.

$$W_r = f \cdot g = f \cdot 979$$

$$f = 0,01 \left(1 + \frac{v}{100} \right)^2, \quad v \text{ em MPH}$$

$$W_{ar} = \frac{Y}{2g} \cdot C_w \cdot A_f \cdot V^2 = \frac{1,226}{2.9,81} \cdot 0,51 \cdot 1,73 \cdot v^2, \quad v \text{ em m/s}$$

5.2 Resistência ao Rolamento + Resistência Total

V (km/h)	V (MPH)	f	Fr (kgf)	Ft (kgf)
0	0	0,010000	9,79	9,79
10	6,20	0,011278	11,04	11,47
20	12,40	0,012634	12,37	14,07
30	18,60	0,014066	13,77	17,59
40	24,80	0,015575	15,25	22,04
50	31,00	0,017161	16,80	27,41
60	37,20	0,018824	18,43	33,71
70	43,40	0,020564	20,13	40,92
80	49,60	0,022380	21,91	49,07
90	55,80	0,024274	23,76	58,14
100	62,00	0,026244	25,69	68,13
110	68,20	0,028291	27,70	79,05
120	74,40	0,030415	29,78	90,89
130	80,60	0,032616	31,93	103,65
140	86,80	0,034894	34,16	117,34
150	93,00	0,037249	36,47	131,96
160	99,20	0,039681	38,85	147,49
170	105,40	0,042189	41,30	163,95
180	111,60	0,044775	43,83	181,33
190	117,80	0,047437	46,44	199,64
200	124,00	0,050176	49,12	218,88

Tabela 5.2

6.1 Resistência ao ar

Como podemos verificar, a resistência ao ar só depende da velocidade do veículo elevada ao quadrado, uma vez que os outros parâmetros foram mantidos constantes. Assim, a tabela 6.1 é a menor que a 5.1

6.2 Resistência ao rolamento

Como a resistência ao rolamento depende do peso do veículo, as 3 primeiras colunas da tabela 5.2 se mantêm. Como $P=1179$ kgf no caso do gasogênio, tem-se:

V (km/h)	Fr (kgf)	Fr (kgf)
0	11,79	11,79
10	13,30	13,724
20	14,89	16,588
30	16,58	20,399
40	18,36	25,150
50	20,23	30,840
60	22,19	37,468
70	24,24	45,034
80	26,39	53,550
90	28,62	62,995
100	30,94	73,379
110	33,35	84,702
120	35,86	96,970
130	38,45	110,170
140	41,14	124,319
150	43,92	139,408
160	46,78	155,420
170	49,74	172,385
180	52,79	190,290
190	55,93	209,133
200	59,16	228,916

Tabela 6.2

7. Dados do dinamômetro - Forças Brutas

Para a construção da tabela 1, precisamos dos fatores de redução de cada marcha.

Assim:

$$T_{bl} = T_{din} \cdot rci \cdot rdif \cdot \eta$$

para a 1ª marcha:

$$T_{bl} = T \cdot 3,75 \cdot 4,10 \cdot 0,88 = 13,53T$$

para a 2ª marcha

$$T_{b2} = T \cdot 2,16 \cdot 4,1 \cdot 0,88 = 7,79 T$$

Analogamente:

$$T_{b3} = T \cdot 1,38 \cdot 4,1 \cdot 0,88 = 4,98 T$$

$$T_{b4} = T \cdot 1,00 \cdot 4,1 \cdot 0,88 = 3,61 T$$

$$T_{bré} = T \cdot 3,81 \cdot 4,1 \cdot 0,88 = 13,75 T$$

Para a determinação das forças brutas, basta dividir o torque pelo raio dinâmico de rolagem.

RPM	POTÊNCIA (V)	TORQUE (mkgf)	T1 (mkgf)	F1 (kgf)	T2 (mkgf)	F2 (kgf)	T3 (mkgf)	F3 (kgf)	T4 (mkgf)	F4 (kgf)	Tré (mkgf)	Fré (kgf)
100												
10	11,16	7,28	353,50	353,05	56,73	203,33	36,25	129,93	26,28	94,19	100,07	358,67
12	13,77	7,49	101,34	363,23	58,37	209,21	37,29	133,66	27,04	96,92	102,96	369,03
14	16,65	7,76	104,99	376,47	60,47	216,74	38,64	138,49	28,01	100,39	106,67	382,33
16	19,68	8,03	108,65	389,43	62,58	224,30	39,98	143,30	28,99	103,91	110,38	395,63
18	22,93	8,31	112,43	402,97	64,76	232,11	41,38	148,32	30,00	107,53	114,23	409,43
20	26,34	8,60	116,36	417,06	67,02	240,22	42,82	153,48	31,05	111,29	118,22	423,73
22	30,07	8,92	120,69	432,58	69,52	249,18	44,41	159,18	32,20	115,41	122,62	439,50
24	33,56	9,13	123,53	442,76	71,15	255,02	45,46	162,94	32,96	118,14	125,51	449,86
26	37,32	9,35	126,51	453,44	72,87	261,18	46,55	166,85	33,75	120,97	128,53	460,68
28	40,71	9,49	128,40	460,22	73,96	265,09	47,25	169,35	34,26	122,80	130,45	467,56
30	43,96	9,57	129,48	464,09	74,58	267,31	47,65	170,70	34,55	123,55	131,55	471,51
32	47,25	9,64	130,43	467,79	75,13	269,23	48,00	172,04	34,80	124,73	132,52	474,98
34	50,64	9,72	131,51	471,36	75,75	271,51	48,40	173,48	35,09	125,77	133,62	478,92
36	53,99	9,79	132,46	474,77	76,30	273,48	48,74	174,70	35,34	126,67	134,58	482,37
38	56,76	9,75	131,92	472,83	75,98	272,33	48,55	174,01	35,20	126,16	134,03	480,39
40	59,24	9,71	131,37	470,86	75,67	271,22	48,35	173,30	35,05	125,63	133,48	478,42
42	61,74	9,60	129,89	465,56	74,82	268,17	47,80	171,33	34,66	124,23	131,97	473,01
44	63,60	9,43	127,59	457,31	73,49	263,41	46,95	168,28	34,04	122,01	129,63	464,62
46	64,53	9,15	123,80	443,73	71,31	255,59	45,56	163,30	33,03	118,39	125,78	450,82
48	65,83	8,96	121,23	434,52	69,83	250,29	44,61	159,89	32,35	115,95	123,17	441,47
50	66,86	8,72	117,98	422,87	67,96	243,58	43,42	155,63	31,48	112,83	119,87	429,64
52	67,38	8,46	114,46	410,25	65,93	236,31	42,12	150,97	30,54	109,46	116,30	416,85
54	68,00	8,22	111,22	398,64	64,06	222,61	40,93	146,70	29,67	106,34	113,00	405,02
56	67,48	7,87	106,48	381,65	61,33	219,82	39,19	140,40	28,41	101,83	108,18	387,74
58	65,12	7,33	96,17	355,45	57,12	204,73	36,50	130,82	26,46	94,84	100,76	361,15
60	62,98	6,85	92,68	332,19	53,38	191,33	34,11	122,26	24,73	88,64	94,16	337,49
62	59,80	6,30	85,24	305,52	49,10	175,99	31,37	112,44	22,74	81,51	86,60	310,39
64	56,41	5,75	77,80	278,85	44,81	160,61	28,63	102,62	20,76	74,41	79,04	283,30

Tabela 7.

8. Capacidade de rampa - Gasolina

8.1 1º a Ré

$$F_{bl} = P \sin \alpha + Rt$$

$$474,77 = 979 \sin \alpha + 20$$

$$\sin \alpha = \frac{454,77}{979} \rightarrow \alpha = 22,68^\circ$$

$$\text{tg} \alpha = \frac{\eta}{100} \rightarrow \boxed{\eta = 52,4\%}$$

8.2 2º

$$F_{b2} = P \sin \alpha + Rt$$

$$474,77 = 979 \sin \alpha + 22$$

$$\sin \alpha = \frac{251,48}{979} \rightarrow \alpha = 14,88^\circ$$

$$\text{tg} \alpha = \frac{r}{100} \rightarrow \boxed{\eta = 26,6\%}$$

8.3 3º

$$F_{b3} = P \sin \alpha + Rt$$

$$174,70 = 979 \sin \alpha + 40$$

$$\sin \alpha = \frac{134,70}{979} \rightarrow \alpha = 7,9^\circ$$

$$\text{tg} \alpha = \frac{\eta}{100} \rightarrow \boxed{\eta = 13,9\%}$$

8.4 4º

$$F_{b4} = P \sin \alpha + R_t$$

$$126,67 = 979 \sin \alpha + 62 \rightarrow \alpha = 3,78^\circ$$

$\eta = 6,62 \%$

9. Forças líquidas - gasolina

É construída subtraindo-se para cada RPM as resistências das forças brutas para cada marcha.

RPM x 100	19		20		30		40	
	F _L	RÉ 1/F _L	F _L	1/F _L	F _L	1/F _L	F _L	1/F _L
10	342,1176	0,002923	191,3720	0,005225	116,2266	0,008604	78,1298	0,012800
12	352,0608	0,002840	196,6344	0,005086	118,7776	0,008419	79,0208	0,012655
14	364,9110	0,002740	203,5468	0,004913	122,2988	0,008177	80,2175	0,012466
16	377,7156	0,002647	210,4892	0,004751	125,800	0,007949	81,3081	0,012299
18	390,8984	0,002558	217,5547	0,004598	129,1894	0,007741	82,1728	0,012169
20	404,6327	0,002471	224,8296	0,004448	132,6949	0,007536	82,1129	0,012178
22	419,7969	0,002382	232,9524	0,004293	136,6578	0,007318	79,3012	0,012610
24	429,6212	0,002328	237,9563	0,004202	138,4214	0,007224	76,5804	0,013058
26	439,9455	0,002273	243,2483	0,004111	140,3346	0,007126	77,3196	0,0012933
28	446,3697	0,002240	246,1012	0,004063	139,1677	0,007186	77,0587	0,012977
30	449,8059	0,002233	247,2142	0,004045	135,5847	0,007375	76,0080	0,013157
32	452,7542	0,002209	248,1271	0,004080	131,8117	0,007587	73,4719	0,013611
34	456,1427	0,002192	249,2649	0,004012	131,2535	0,007619	69,1477	0,014462
36	459,0711	0,002178	249,9294	0,004001	130,9585	0,007636	64,6835	0,015460
38	456,6494	0,002190	247,5338	0,004040	128,7534	0,007767	58,7382	0,017024
40	454,1978	0,002202	245,1482	0,004079	126,5283	0,007903	52,9149	0,018898
42	448,4163	0,002230	240,8226	0,004152	123,0432	0,008127	46,1507	0,021668
44	439,7700	0,002274	232,9484	0,004293	117,3324	0,008523	38,5664	0,025929
46	425,5365	0,002350	221,9191	0,004506	108,4651	0,009220	29,5664	0,033804
48	415,6892	0,002406	213,4100	0,004686	101,1679	0,009885	20,0380	0,049905
50	403,4167	0,002479	203,4908	0,004914	97,2808	0,010280	8,7090	0,114823
52	390,2299	0,002563	194,6728	0,005137	89,1336	0,011219	-	-
54	378,0110	0,002645	187,0047	0,005347	80,5864	0,012410	-	-
56	360,4122	0,002775	176,2469	0,005674	72,4293	0,013807	-	-
58	333,6033	0,002998	160,1887	0,006243	52,6621	0,018989	-	-
60	309,5882	0,003230	145,8207	0,006858	40,2149	0,024866	-	-
62	282,1834	0,003544	129,5127	0,007721	26,5077	0,037725	-	-
64	254,7788	0,003925	113,1648	0,008837	12,8006	0,078121	-	-

10. Previsão de Aceleração: Ensaio a Gasolina

10.1 0 - 80 km/h - Marchas usadas: 1ª, 2ª e 3ª

Integrando-se a área sob as curvas dos gráficos 3.1 e 3.2 :

$$\begin{aligned} A_1 &= \left(\frac{0.002923 + 0.00243}{2} \right) \cdot \frac{7}{3,6} + \left(\frac{0.00242 + 0.00218}{2} \right) \\ &\cdot \frac{11}{3,6} + \left(\frac{0.00218 + 0.0026}{2} \right) \cdot \frac{12}{3,6} + \left(\frac{0.0042 + 0.001}{2} \right) \\ &\cdot \frac{6}{3,6} + \left(\frac{0.004 + 0.0042}{2} \right) \cdot \frac{9}{3,6} \\ &+ \left(\frac{0.0042 + 0.00646}{2} \right) \cdot \frac{13}{3,6} + \left(\frac{0.00762 + 0.00776}{2} \right) \cdot \frac{7}{3,6} \\ &+ \left(\frac{0.00776 + 0.00842}{2} \right) \cdot \frac{9}{3,6} \\ &= 0.083230694 \text{ m/kgf.s} \end{aligned}$$

Logo t, pela expressão I, será:

$$t = \frac{979}{9,81} \cdot 0.083230694 = 8,31 \text{ s}$$

Considerando-se o tempo de 0,25s em cada mudança de marcha, tem-se

$$t = 8,81 \text{ s}$$

10.2 0 - 100 km/h - Marchas usadas: 1ª, 2ª e 3ª

$$\begin{aligned} A_2 &= A_1 + \left(\frac{0.008492 + 0.0099}{2} \right) \cdot \frac{10}{3,6} + \left(\frac{0.0099 + 0.01188}{2} \right) \\ &\quad \cdot \frac{8}{3,6} + \left(\frac{0.01188 + 0.012}{2} \right) \cdot \frac{4}{3,6} \\ &= 0.083230694 + 0.06288611 \\ &= 0.146116805 \end{aligned}$$

$$t = \frac{979}{9,81} \cdot 0.146116805 = 14,58$$

$$t = 15,33s$$

10.3 0 - 100 km/h - Marchas usadas: 1ª, 2ª, 3ª e 4ª

$$\begin{aligned} A_3 &= A_1 + \left(\frac{0.01388 + 0.01334}{2} \right) \cdot \frac{5}{3,6} + \left(\frac{0.01388 + 0.017}{2} \right) \\ &\quad \cdot \frac{15}{3,6} \end{aligned}$$

$$A_3 = 0,166466805$$

$$t = 0.166466805 \cdot \frac{979}{9,81} = 16,60$$

$$t = 17,36 s$$

11. Tabela

RPM	POT (C.v.)	Torque	T ₁	F ₁	T ₂	F ₂	T ₃	F ₃	T ₄	F ₄	Tré	Fré
10	5,24	3,75	50,74	181,86	29,22	104,73	18,67	66,92	13,53	48,49	51,55	184,77
12	6,47	3,86	52,23	187,20	30,08	107,81	19,22	68,89	13,93	49,93	53,06	190,18
14	7,82	4,00	54,12	193,98	31,17	111,72	19,92	71,40	14,43	51,72	54,98	197,06
16	9,24	4,14	56,01	200,75	32,26	115,63	20,61	73,87	14,94	53,55	56,91	203,98
18	10,77	4,28	57,91	207,56	33,35	119,57	21,31	76,38	15,44	55,34	58,83	210,86
20	12,37	4,43	59,94	214,81	34,52	123,73	22,06	79,07	15,98	57,27	60,90	218,28
22	14,12	4,59	62,10	222,58	35,77	128,21	22,85	81,90	16,56	59,35	63,10	226,16
24	15,76	4,70	63,59	227,92	36,63	131,29	23,40	83,87	16,96	60,79	64,61	231,58
26	17,53	4,82	65,21	233,73	37,73	134,62	24,00	86,02	17,39	62,33	66,26	237,49
28	19,12	4,89	66,16	237,13	38,11	136,59	24,35	87,27	17,64	63,22	67,22	240,93
30	20,65	4,93	66,70	239,07	38,42	137,71	24,55	87,99	17,79	63,76	67,77	242,90
32	22,19	4,96	67,18	240,79	38,69	138,67	24,72	88,60	17,91	64,19	68,25	244,62
34	23,78	5,01	67,79	242,97	39,04	139,93	24,94	89,39	18,08	64,80	68,87	246,84
36	25,36	5,04	68,19	244,41	39,28	140,79	25,09	89,93	18,18	65,16	69,28	248,31
38	26,66	5,02	67,99	243,69	39,16	140,36	25,02	89,68	18,13	64,98	69,08	247,60
40	27,82	5,00	67,55	242,47	38,97	139,97	24,89	89,21	18,04	64,11	68,73	246,34
42	29,00	4,94	66,84	239,57	38,50	137,99	24,60	88,18	17,82	63,87	67,91	243,40
44	29,87	4,86	65,76	235,76	37,88	135,77	24,20	86,74	17,53	62,83	66,81	239,46
46	30,31	4,71	63,73	228,42	36,71	131,58	23,45	84,05	16,99	60,90	64,74	232,04
48	30,92	4,61	62,37	223,55	35,93	128,78	22,95	82,26	16,63	59,60	63,37	227,13
50	31,40	4,49	60,75	217,74	34,99	125,41	22,35	80,11	16,20	58,06	61,72	221,22
52	31,65	4,36	58,99	211,43	33,98	121,71	21,71	77,81	15,73	56,38	59,93	214,80
54	31,94	4,23	57,23	205,11	32,97	118,17	21,05	75,48	15,26	54,69	58,15	208,42
56	31,69	4,05	54,80	196,42	31,56	113,12	20,16	72,26	14,61	52,36	55,67	199,53
58	30,58	3,77	51,01	182,83	29,38	105,30	18,77	67,27	13,60	48,74	51,82	185,73
60	29,58	3,53	47,76	171,18	27,51	98,60	17,58	63,01	12,74	45,66	48,52	173,91
62	28,09	3,24	43,84	157,13	25,25	90,50	16,13	57,81	11,69	41,90	44,54	159,64

Tabela 11 - Dados do Dinamômetro-Forças Brutas.

Construída analogamente à tabela 7, usando-se agora dados do ensaio a gasoçênio

12. CAPACIDADE DE RAMPA - GASOGÊNIO

12.1 1º e Ré

$$F_{bl} = P \sin \alpha + R_t$$

$$244,41 = 1179 \sin \alpha + 23$$

$$\sin \alpha = \frac{221,41}{1179} = 0.18779 \rightarrow \alpha = 10,8^\circ$$

portanto

$$\eta = 19,1\%$$

12.2 2º

$$F_{b2} = P \sin \alpha + 30$$

$$140,79 = 1179 \sin \alpha + 30$$

$$\sin \alpha = \frac{110,79}{1179} \rightarrow \alpha = 5,39^\circ$$

portanto

$$\eta = 9,44\%$$

12.3 3º

$$F_{b3} = P \sin \alpha + R_t$$

$$89,93 = 1179 \sin \alpha + 44$$

$$\sin \alpha = \frac{45,93}{1179} \rightarrow \alpha = 2,23^\circ$$

$$\eta = 3,90\%$$

12.4 4φ

$$F_{b4} = P \sin \alpha + R_t$$

$$65,11 = 1179 \sin \alpha + 62$$

$$\sin \alpha = \frac{3,16}{1179} \rightarrow \alpha = 0,15\varphi$$

$$\eta = 0,27\%$$

Tabela 13

RPM	1º		2º		3º		4º	
	FL	1/FL	FL	1/FL	FL	1/FL	FL	1/FL
10	167,44490	0,00597	88,41486	0,01131	43,6806	0,02289	6,07986	0,06219
12	172,28229	0,00580	90,58994	0,01104	43,3607	0,02306	3,39584	0,07465
14	178,5410	0,00560	93,59481	0,01068	43,5809	0,02295	1,06181	0,09040
16	184,7892	0,00541	96,5998	0,01035	43,76097	0,02285	8,76778	0,11405
18	191,0784	0,00523	99,63475	0,01004	43,98109	0,02274	6,43376	0,15543
20	197,8372	0,00505	102,88973	0,00972	44,38121	0,02253	4,23973	0,23586
22	205,0559	0,00488	106,4647	0,00939	44,92133	0,02226	2,19570	0,45544
24	209,8746	0,00476	108,63967	0,00920	44,60145	0,02242	-	-
26	215,1633	0,00465	111,0646	0,00900	44,46157	0,02249	-	-
28	218,0410	0,004559	112,1296	0,00892	43,42169	0,02303	-	-
30	219,4607	0,00456	111,9446	0,00893	41,85181	0,02389	-	-
32	220,6594	0,004534	112,39956	0,00890	40,17194	0,02489	-	-
34	222,3182	0,00450	112,75453	0,00887	38,67206	0,02586	-	-
36	223,2369	0,00448	112,70951	0,00887	36,92218	0,02708	-	-
38	221,9916	0,004501	111,37448	0,00898	34,3823	0,02908	-	-
40	220,25432	0,004554	109,78945	0,00911	31,62242	0,03162	-	-
42	216,8330	0,00461	107,1944	0,00933	28,29254	0,03535	-	-
44	212,4417	0,00471	103,00826	0,00971	24,57266	0,04070	-	-
46	294,6404	0,00489	96,7973	0,01033	19,62278	0,05096	-	-
48	199,2492	0,00502	91,97637	0,01087	15,51290	0,06446	-	-
50	192,9179	0,00518	86,58543	0,01155	11,07302	0,09031	-	-
52	186,0866	0,00537	80,9445	0,01235	6,48315	0,15425	-	-
54	179,2653	0,00558	75,30359	0,01328	-	-	-	-
56	170,0340	0,00588	68,2326	0,01466	-	-	-	-
58	155,9276	0,00641	58,39166	0,01773	-	-	-	-
60	143,7514	0,00696	49,6707	0,02013	-	-	-	-
62	129,1801	0,00774	39,54977	0,02528	-	-	-	-

14. PREVISÃO DE ACELERAÇÃO: ENSAIO A GASOGÊNIO

14.1 0 - 80 - Marchas usadas: 1ª, 2ª e 3ª

$$\begin{aligned} A_1 = & \left(\frac{0.00597+0.0045}{2} \right) \cdot \frac{13}{3,6} + 0.0045 \cdot \frac{5}{3,6} + \\ & + \left(\frac{0.0045+0.00575}{2} \right) \cdot \frac{12}{3,6} + 0.00875 \cdot \frac{3}{3,6} + \\ & + \left(\frac{0.0091+0.00095}{2} \right) \cdot \frac{5}{3,6} + \left(\frac{0.0095 + 0.00175}{2} \right) \cdot \frac{13}{3,6} + \\ & + \left(\frac{0.026 + 0.02875}{2} \right) \cdot \frac{7}{3,6} + \left(\frac{0.02875 + 0.038}{2} \right) \cdot \frac{10}{3,6} \end{aligned}$$

$$A_1 = 0,2693990278/\text{kgf} \cdot \text{s}$$

$$t = 0,269390278 \cdot \frac{1179}{9,81} = 32,37$$

portanto:

$$t = 32,87 \text{ s}$$

14.2 0 - 100 - Marchas Usadas: 1ª, 2ª, 3ª

$$A_2 \rightarrow \infty \rightarrow t \rightarrow \infty$$

14.3 0 - 100 Marchas Usadas: 1º, 2º, 3º

A₃ → ∞ → t → ∞

15. CONCLUSÃO

Conclui-se após os testes que a potência e o torque para o caso do gasogênio cai em aproximadamente 50% do valor para a gasolina.

Conseqüentemente, a capacidade de rampa e aceleração ficam em muito comprometidas para o acionamento a gás de combustão, sugerindo que o veículo seja usado em áreas planas e de preferência sem trânsito, devido ao superaquecimento dos componentes, notadamente em engarrafamentos e subidas prolongadas.

C A P Í T U L O V

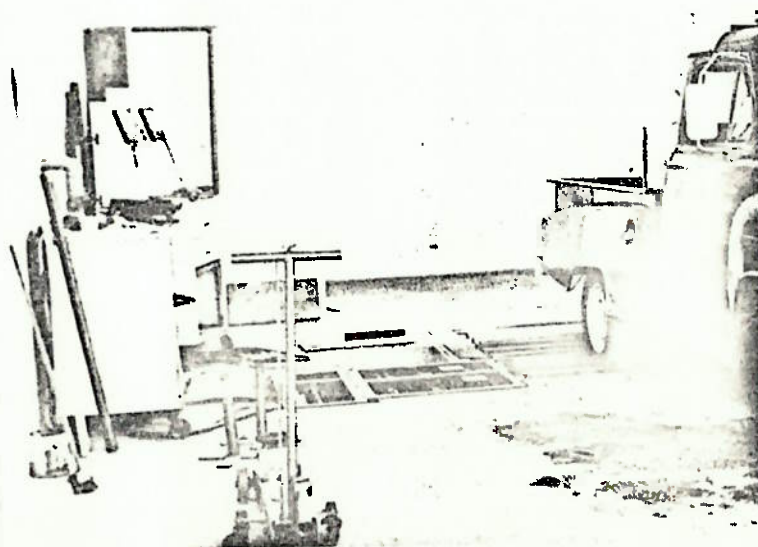
Testes Requeridos

1. ENSAIO NO DINAMÔMETRO DE CHASSIS

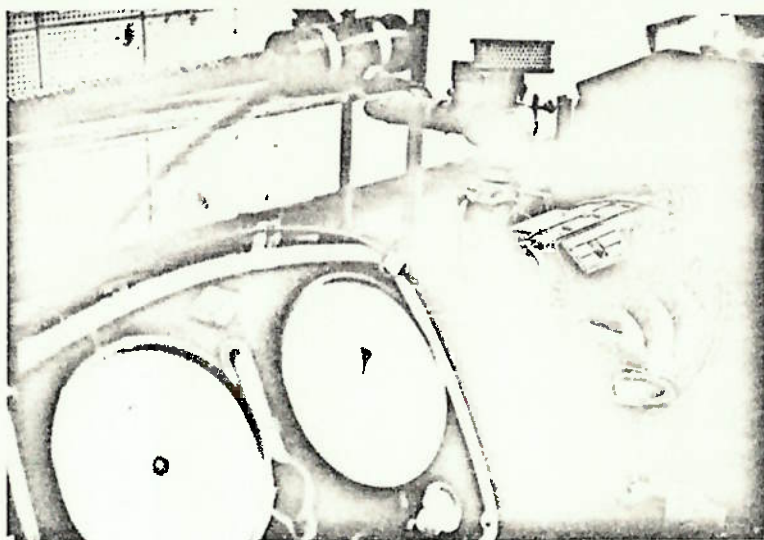
Com o objetivo de levantarmos as curvas do motor da camioneta Chevrolet 63 na qual encontrava instalado o gasogênio repararmos alguns componentes do dinamômetro de chassis da Escola como a ligação elétrica, aferição do medidor de velocidade e do medidor de potência e o tacômetro.

Conseguimos colocar a camionete no dinamômetro de chassis (ver funcionamento no Anexo I), mas, devido à precariedade do seu motor, notamos que o mesmo não se estabilizava numa determinada rotação, em nenhuma de suas marchas, quando era fixada uma mistura de combustível-ar injetada. Não obstante, sua caixa de câmbio teve seu mecanismo travado. Abrimos a caixa de câmbio e notamos que o defeito se dera devido ao desgaste no mecanismo de sincronismo. Montamos novamente a caixa de câmbio, colocamos óleo segundo seu manual, mas depois de algumas horas o mesmo defeito de travamento do câmbio se repetiu.

Enfim, nos sentimos obrigados a abandonar os testes não só no dinamômetro de chassis como também no sentido de testes de campo.



Optamos então, pela instalação do gasogênio em um motor Chevette colocado num dinamômetro de bancada, e pudemos levantar as suas curvas variando os combustíveis, de gasolina a carvão vegetal.



Figura

2. TESTES A SEREM REALIZADOS COM O GASOGÊNIO

1. No ensaio realizado em dinamômetro de bancada, os seguintes itens devem ser medidos:

- . rotação do motor
- . torque do motor
- . temperatura dos gases gerados
- . consumo de combustíveis
- . composição dos gases gerados
- . temperatura de bulbo seco e úmido do ambiente
- . avanço do distribuidor

O motor deve ter a mistura de ar-combustível bem regulada, bem como o instante de ignição, a fim de se conseguir bons resultados.

Deve-se esperar que o motor entre em regime, alcançando as temperaturas normais de funcionamento, para se iniciar a tomada de dados.

A temperatura dos gases gerados deve ser medida através de um par-termoelétrico instalado. Ver anexo IV.

A composição dos gases gerados pode ser determinada pelo aparelho de Orsat ou pela Cromatografia de gases, cujos princípios estão no Anexo II.

2. Na fase de testes é importante a medição do consumo específico, ora de gasolina ora de gasogênio.

O consumo de gasolina, pode ser medido através dos métodos convencionais. O consumo de carvão vegetal pode ser determinado colocando-se o gaseificador sobre uma balança e medindo-se o seu peso em instantes extremos de um intervalo de tempo pré-determinado. Apesar da formação de cinzas e da conexão com o primeiro filtro,

este método fornece resultados satisfatórios.

3. O ponto de ignição do motor pode ser variado, a fim de se constatar seus efeitos.
4. O teste deve ser realizado também com a adição de vapor d'água superaquecido na entrada em quantidades variáveis, através de uma ou duas caldeiras aproveitando o calor dissipado pelo gaseificador, analisando sua influência no rendimento global.
5. A granulometria do carvão vegetal influi no rendimento do gasogênio.

Pode-se fazê-lo funcionar com 3 ou 4 tamanhos de grãos. Estes grãos podem ser separados utilizando peneiras. A granulometria de combustível deve ser tal que apresente a maior área possível de contacto do gás com o carvão, para que novas reações ocorram, mas não pode ser tão fina a ponto de introduzir uma perda de carga excessiva.

6. Deve-se também verificar os métodos possíveis de acionamento de um motor à gasogênio.

Seja pela partida à gasolina e a posterior mudança para o gasogênio, seja pela ativação prévia do gaseificador através de uma ventoinha.

7. Pode ser feita uma análise quanto à resposta do motor aos controles de aceleração usando gasolina e gasogênio.
8. É importante a determinação quantitativa das cinzas resultantes da queima e dos resíduos detidos nos diversos filtros. Este fato implicará diretamente na autonomia do veículo.
9. Outro fato que influi no rendimento do gasogênio é a umidade do combustível. Pode-se fazer os testes ora com carvão seco em estufa, ora com carvão seco em ambiente úmido.

10. O levantamento das curvas de potência, torque e consumo pode ser repetido mas utilizando outro tipo de combustível, como bagaço de cana ou madeira.

É evidente que estes combustíveis tem valores diferentes de poder calorífico, mas o seu uso pode ser conveniente conforme a região de operação do motor. O poder calorífico dos combustíveis pode ser determinado através de uma bomba calorífica. O procedimento é explicado no Anexo III.

11. Diversos outros testes podem ser feitos com o gasogênio, entre eles, o efeito da adição de álcool ao gasogênio, o efeito do resfriamento do gás, e a variação da taxa de compressão do motor trocando-se seu cabeçote.

A N E X O S

A N E X O I

Funcionamento do Dinamômetro de Chassis

O dinamômetro de chassis é composto basicamente pelos roletes, por uma unidade de absorção de potência, pela ponte de torque, gerador tacométrico, medidor de velocidade e medidor de potência.

A unidade de absorção de potência consta de um rotor com palhetas no interior de uma carcaça fixa (estator). Funciona como uma embreagem hidráulica, pelo princípio de arrasto hidráulico. Havendo água na unidade, e havendo um movimento relativo entre o rotor e o estator, a água movimentada pelo rotor tende a girar o estator que se apoia através de um braço de alavanca sobre a ponte de torque.

Para um certo volume de água no interior da unidade de absorção de potência, quanto maior a rotação maior será o arrasto. Para uma certa rotação, quanto maior o volume de água no seu interior, maior o arrasto.

O volume de água na unidade é controlável por 2 válvulas solenoides que funcionam, normalmente, fechadas, de modo que a água circula em circuito fechado.

Quando deseja-se aumentar a carga, abre-se a válvula de carga permitindo que a água fria vinda da torre de resfriamento penetre na unidade. Analogamente, quando deseja-se reduzir a carga, abre-se a válvula de descarga permitindo que a água saia para a atmosfera.

Pelo fato de absorver a potência dissipando-a na forma de calor, a água da unidade se aquece, e necessita ser resfriada. O resfriamento é feito através de um trocador de calor de tubos concêntricos, com fluxo de fluido em contra-corrente, sendo que a

água da unidade circula em circuito fechado, e a vazão de água de resfriamento pode ser controlada através de uma válvula.

À unidade de absorção de potência estão acoplados dois roletes e outros dois são livres.

Os roletes livres são independentes, estando um deles acoplado ao gerador de corrente contínua, que fornece a energia elétrica necessária para o funcionamento dos medidores de velocidades e de potência. Os roletes dispõem de travas para permitirem a saída do veículo.

A ponte de torque consta de uma haste que comprime uma mola, associada em paralelo com um amortecedor, que amortece vibrações durante os transitórios de carga, bem como as vibrações provenientes da unidade. Solidário à haste da ponte de torque há um cursor que se desloca sobre uma resistência variável.

Portanto, a resistência elétrica da ponte de torque é função da potência absorvida.

O gerador tacométrico de corrente contínua gera uma voltagem diretamente proporcional à rotação. Ele está ligado ao medidor de velocidade, ao medidor de potência e à ponte de torque. O gerador tacométrico fornece 6 volts a 1000 rpm no rolete.

O medidor de velocidade é um galvanômetro. Quanto maior a voltagem, maior a corrente que passa pelo aparelho, e maior a deflexão angular do ponteiro.

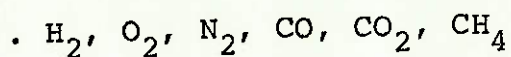
O medidor de potência é um galvanômetro que trabalha com a voltagem fornecida pela resistência variável da ponte de torque, voltagem esta proporcional à força na sua haste, e à rotação do rolete.

A N E X O II

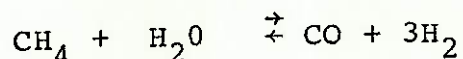
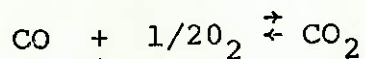
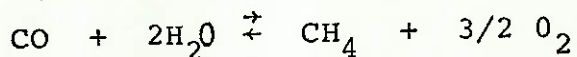
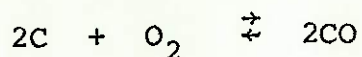
Análise dos gases produzidos pelo Gasogênio

A análise dos gases produzidos pelo gasogênio pode ser feita através do aparelho de Orsat ou da cromatografia de gases.

Os gases obtidos na saída do gasogênio são:

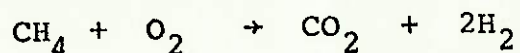
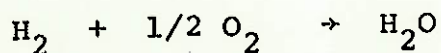


Em função da temperatura, temos as seguintes reações de equilíbrio ocorrendo no gasogênio:

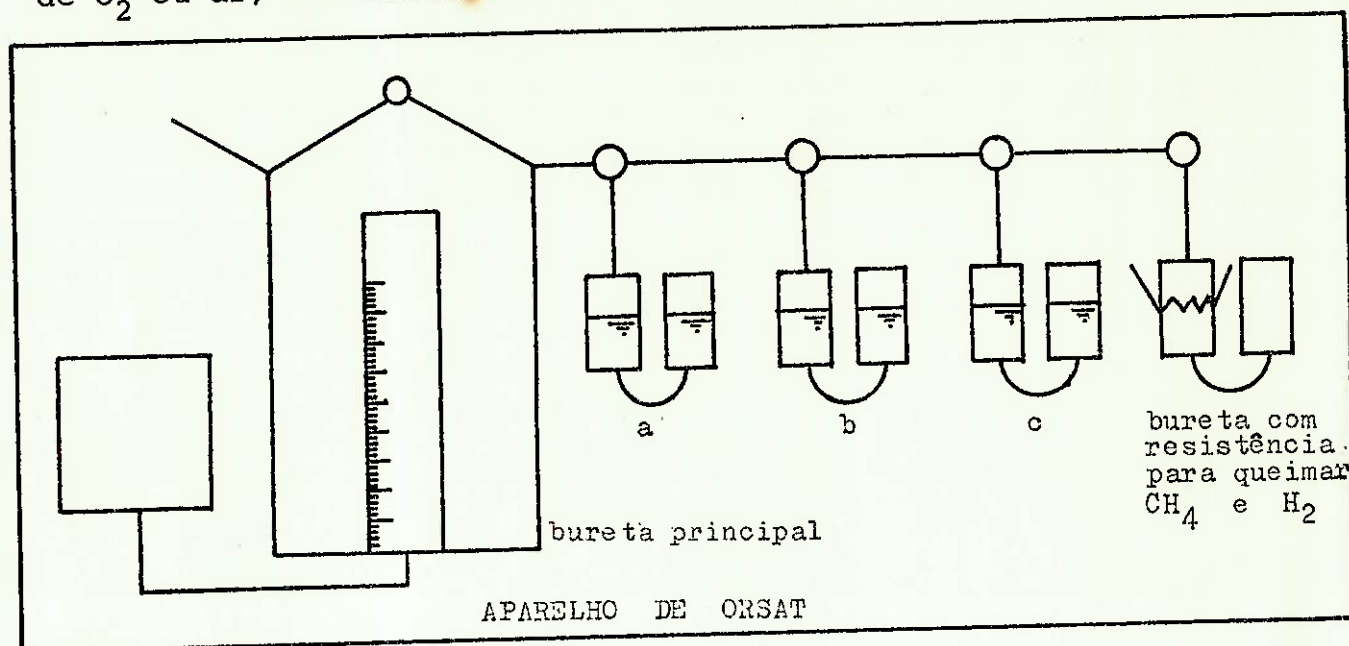


Aparelho de Orsat

O primeiro absorvedor deve ser com hidróxido de potássio, para absorver o CO₂ (a), o segundo absorvedor com ácido pirogálico para absorver O₂ (b), um terceiro absorvedor com cloreto cuproso em solução amoniacal para absorver o CO (c), e por fim, deve-se realizar uma operação com adição de O₂ ou ar à bureta principal, fazendo-a passar com os gases restantes através de uma quarta bureta contendo uma resistência que aquecida a 300°C queima com O₂, o H₂ e o CH₄ restantes através das reações:



Sendo que o H_2 queimado transforma-se em água, deixando de ocupar o volume, e o CO_2 deverá ser repassado na solução de hidróxido de potássio e a diminuição do volume determinará o teor de CH_4 . Assim, montando um sistema de equações que leve em conta a adição de O_2 ou ar, determina-se o teor de todos os gases.



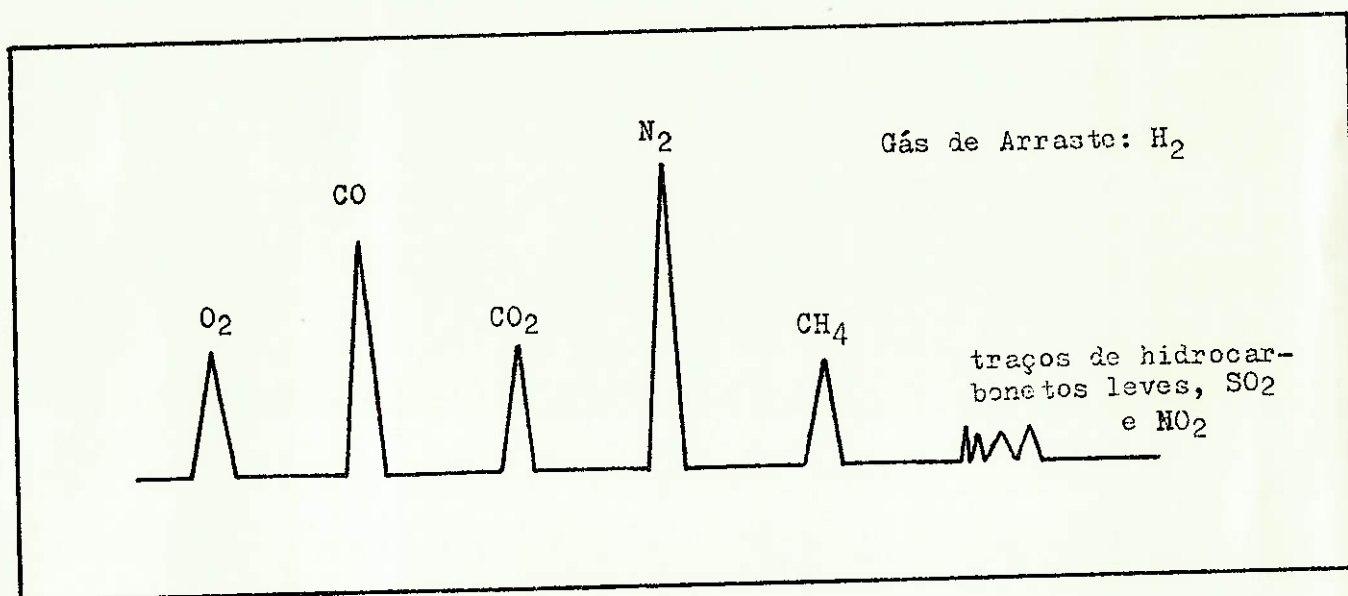
Recomenda-se a utilização de sulfato de sódio a 20% com ácido sulfúrico a 5% no balão de recolhimento do gás.

Cromatografia de Gases

Consiste num gás de arraste que transporta os gases a serem medidos, através de uma serpentina, que passa para um detetor e dele para um registrador.

O gás de arraste que passa pela serpentina poderá ser hidrogênio ou nitrogênio e a serpentina poderá ser constituída de silicagel. Caso o gás de arraste seja o hidrogênio, o espectro registrado não indicará o hidrogênio e caso seja o nitrogênio, este não será detectado, sendo, pois necessárias duas passagens com os dois gases de arraste diferentes.

A leitura do gráfico pode ser feita de duas maneiras. Uma quando temos uma mistura padrão desses tipos de gases na qual por comparação e por regra de 3 obtemos o volume de cada gás na mistura. Outro método é a leitura pura e simples das áreas sob a curva, obtendo assim, o teor de cada gás na mistura. O espectro conseguido é mostrado no exemplo abaixo.



A N E X O III

Medição do P.C. do Carvão Vegetal por Bomba Calorimétrica

Fundamentais teóricas:

Chama-se poder calorífico de um combustível sólido a quantidade de calor desprendida quando se queima completamente a unidade de massa desse combustível sob determinadas condições. Como não é possível medir diretamente quantidades de calor, queima-se a massa (m) de combustível na bomba calorífica e mede-se o aquecimento (Δt) que o calor desprendido provoca num certo sistema, o calorímetro. Conhecido este aquecimento e a capacidade calorífica (C) do calorímetro (quantidade de calor necessária para aquecer o aparelho de 1°C), é fácil obter o poder calorífico. Sendo Q a quantidade de calor desprendida pela combustão da massa m de combustível, tem-se:

$$Q = m \cdot \text{P.C.} = C \cdot \Delta t$$

Então:

$$\text{P.C.} = \frac{C \cdot \Delta t}{m}$$

Desde que o calorímetro não sofra alterações, sua capacidade calorífica permanece constante e pode ser determinada pela combustão de uma substância de P.C. bem conhecido (ácido benzóico, geralmente) e medindo a elevação de temperatura do calorímetro.

Nessas condições, a expressão acima permite o cálculo de C.

Na determinação do P.C. de combustíveis sólidos ou líquidos, a ABNT segue as normas da ASTM, nº D 407-44, D-271-58 e D-240-57.

A N E X O IV

Medição da Temperatura dos Gases

A medição de temperatura deve ser feita preferivelmente utilizando um par termoelétrico.

Um par termoelétrico é composto de dois arames de metais diferentes cujas extremidades estão soldadas entre si. Um ponto de solda é aplicado ao ponto cuja temperatura se quer medir (superfície interna da tubulação), enquanto o outro ponto de solda é mantido numa temperatura constante.

Segundo a diferença de temperatura em ambos os pontos de solda, pelos dois fios passa uma corrente elétrica, cuja tensão pode ser medida com um multimetro.

Com este valor determina-se a temperatura através de tabelas ou gráficos.

Os metais utilizados devem ser cobre-constantan ou ferro constantan para a medição de temperatura até 500°C (pontos da tubulação posteriores ao trocador de calor) e níquel-cromo-níquel para até 1000°C (pontos da tubulação anteriores ao trocador de calor).

BIBLIOGRAFIA

GULDNER, H. Motores de Combustión interna y Gasógenos. Editorial Labor, S.A., 1934.

PEGASUS

J.S.S. BAUME & J.G. KING. Fuel. London, 1935.

P.O. ROSIN. The influence of particle size on processes of fuel technology. London, 1937.

N. CLARK-JONES. Wood Charcoal and Portable Charcoal Kilns, Industrial Chemist. London, 1938.

DUBBEL. Manual do Engenheiro.

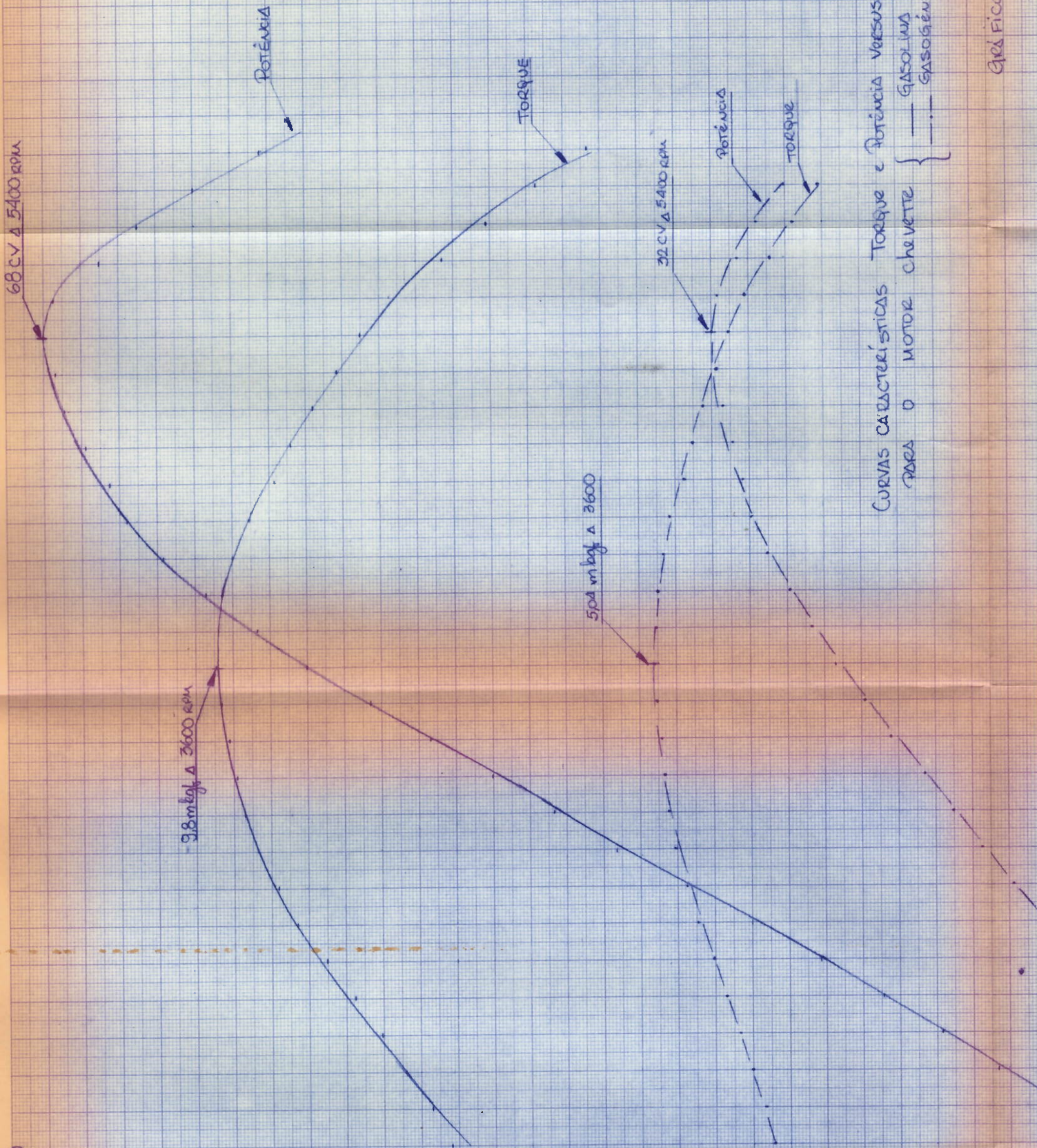
REVISTA ENERGIA. Vol.III, nº14, 1981.

CODETEC. Gaseificação de Madeira, Julho de 1980.

J. GORDON & WYLEN, Van. Fundamentos da Termodinâmica Clássica. Ed. Edgar Blücher.

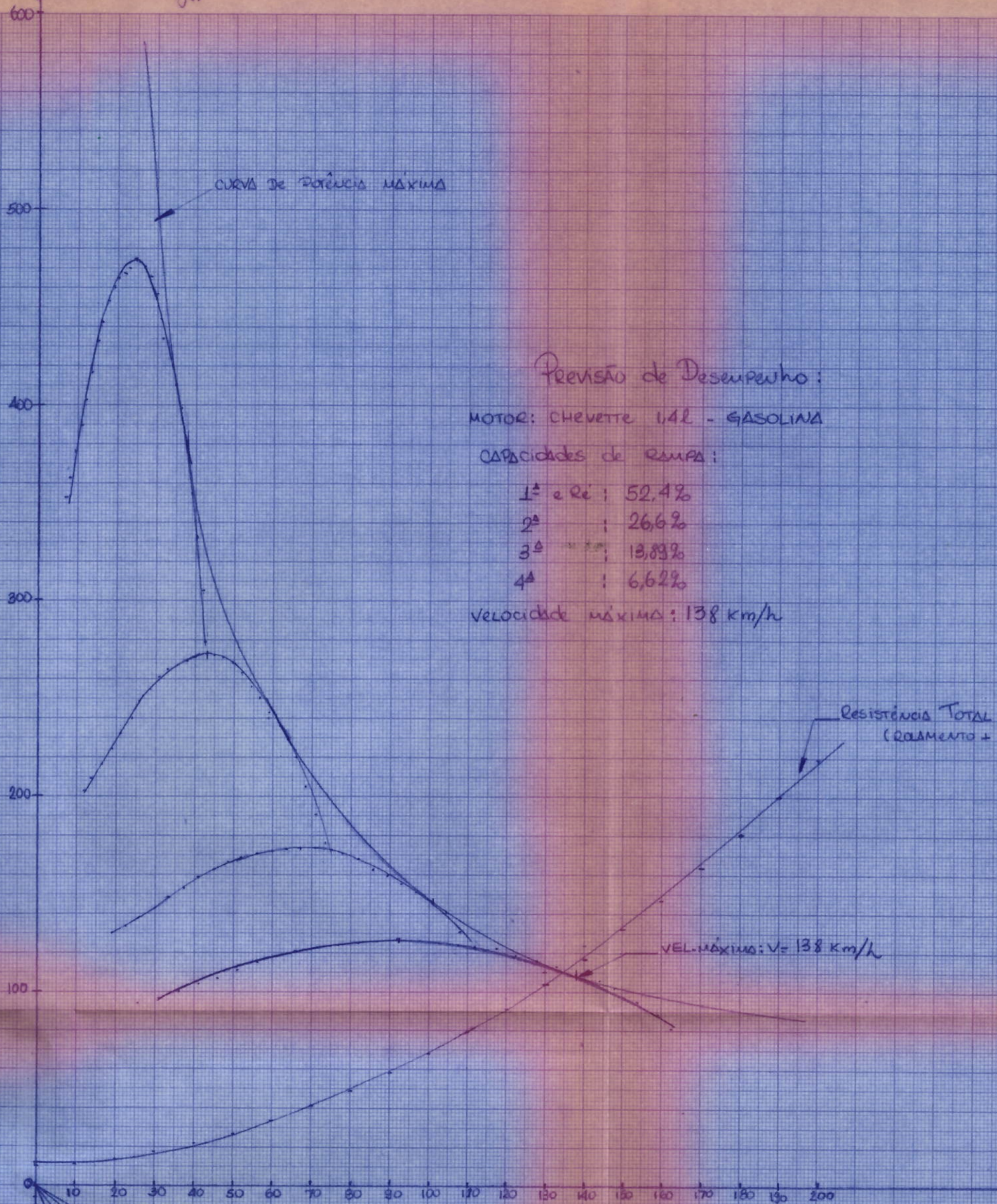
Apostila do Departamento. Motores de Combustão Interna.

(CV)
TORQUE (mkgf)



CURVAS CARACTERÍSTICAS TORQUE e POTÊNCIA VERSUS RPM
PARA O MOTOR CHEVETTE }
—— GASOLINA
- - - GASOLÊNIO

Força Bruta (Kgf)



Pressão de Desempenho:

MOTOR: CHEVETTE 1.4L - GASOLINA

Capacidades de rampa:

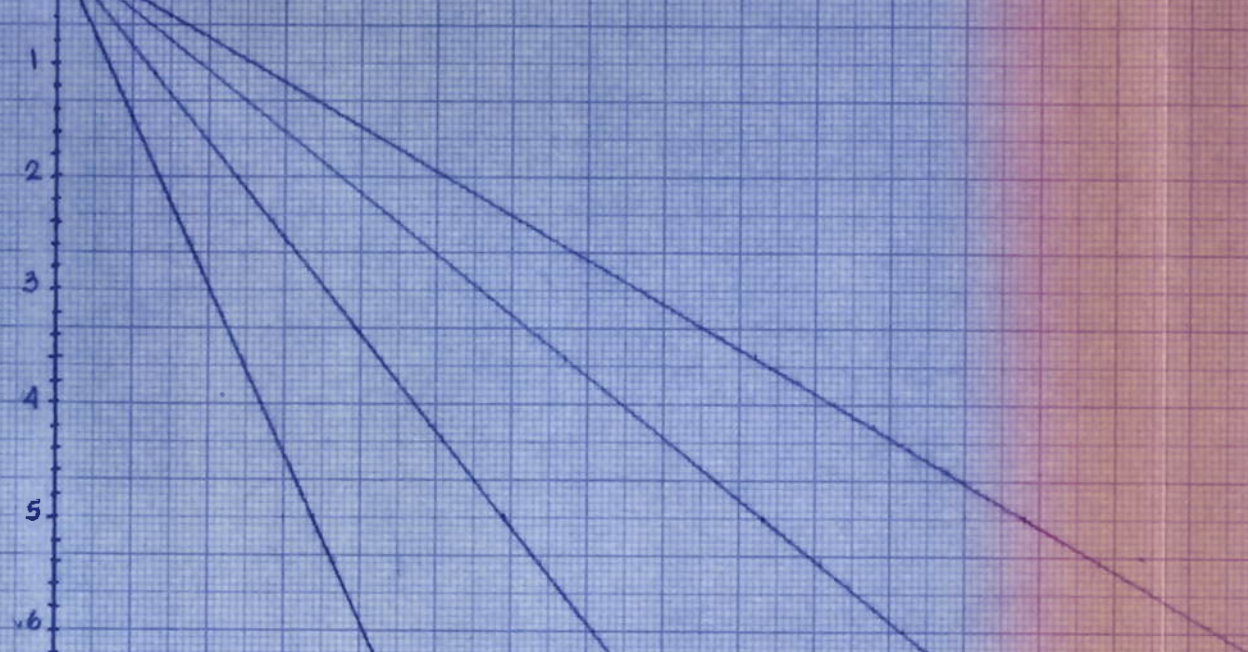
- 1ª e 2ª : 52,4%
- 3ª : 26,6%
- 4ª : 13,83%
- 5ª : 6,62%

Velocidade máxima: 138 km/h

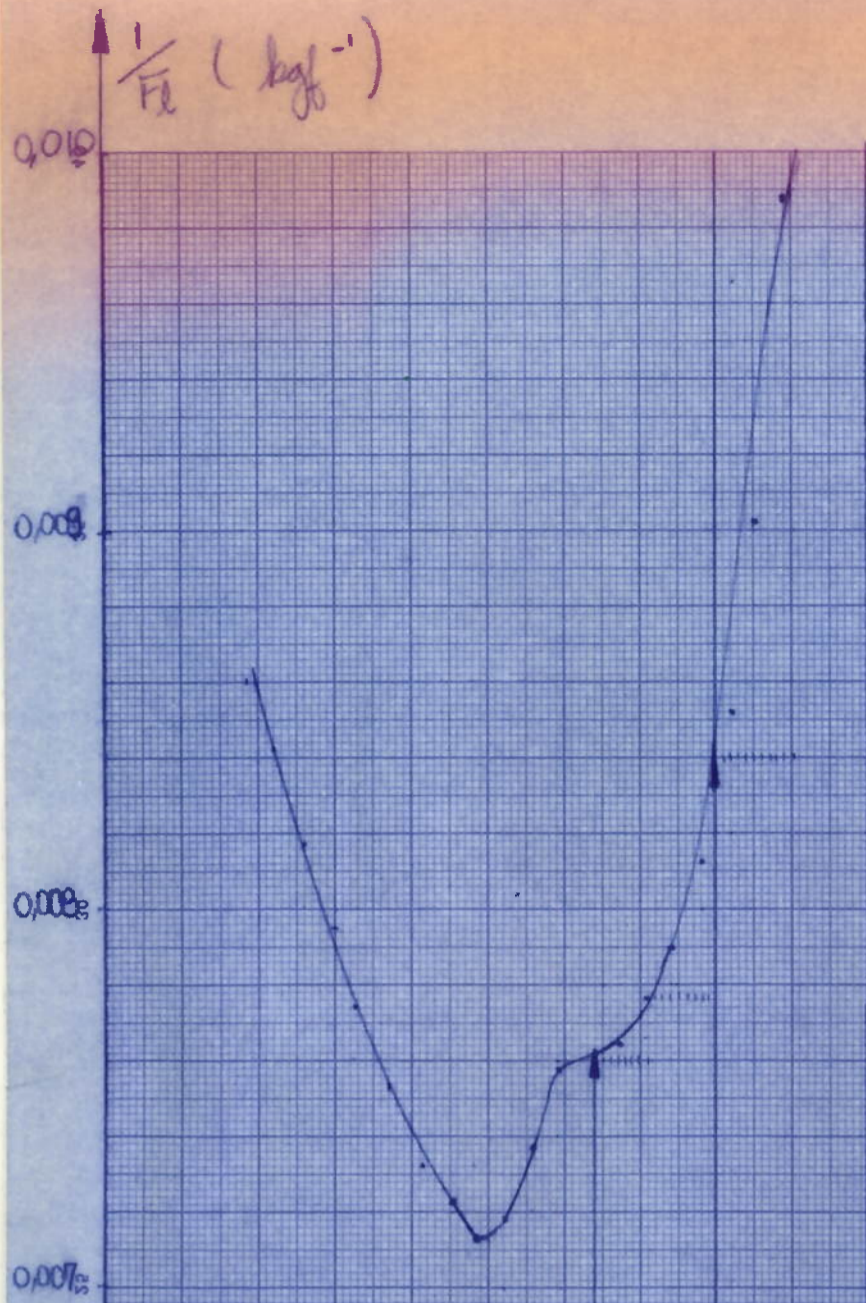
Resistência Total (ROLAMENTO + ...)

VEL. MÁXIMA: V = 138 km/h

RPM x 1000



Gráfico



PREVISÃO de Aceleração PARA o Chevette 1,4l,

tempo:
 0-80 (1ª, 2ª, 3ª) : 8,81s
 0-100 (1ª, 2ª, 3ª) : 15,33s
 0-100 (4ª, 2ª, 3ª, 4ª) : 17,36s

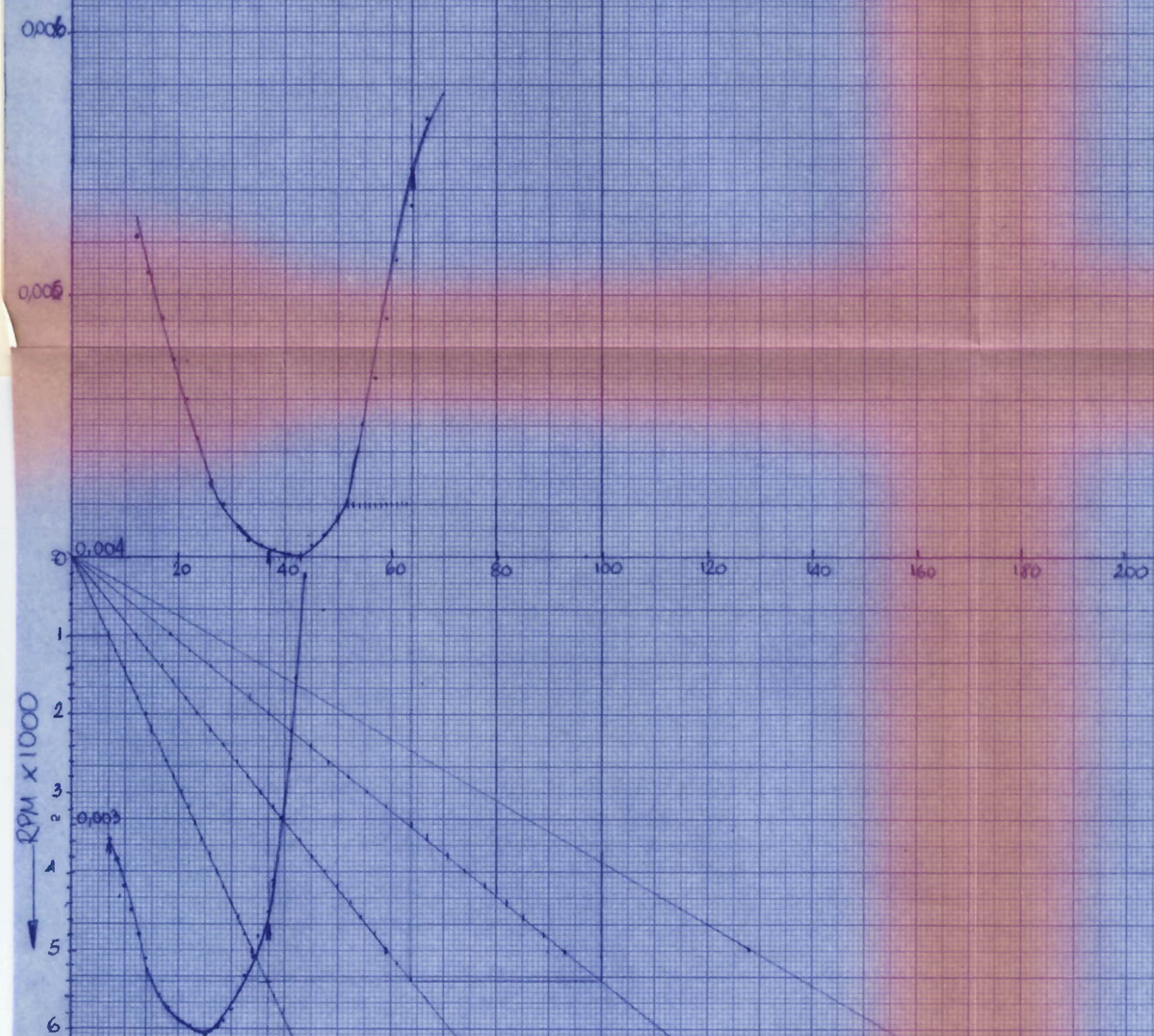
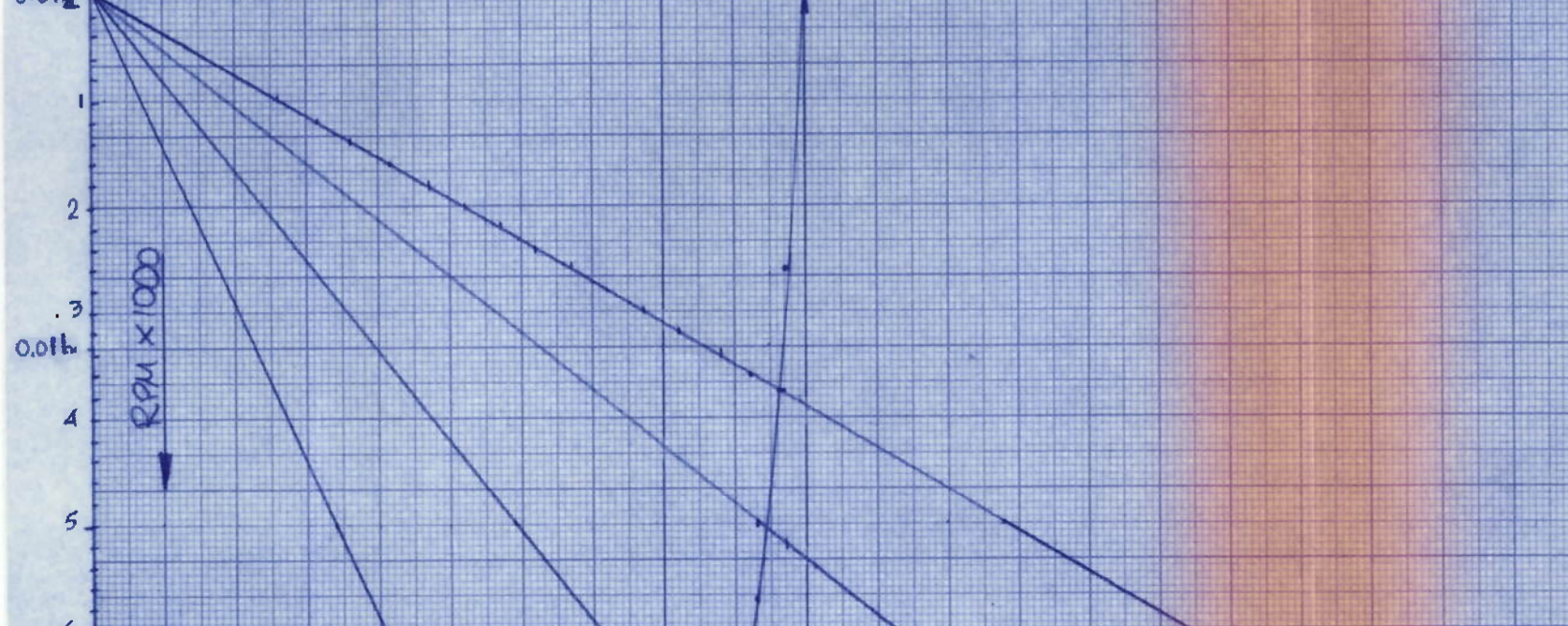
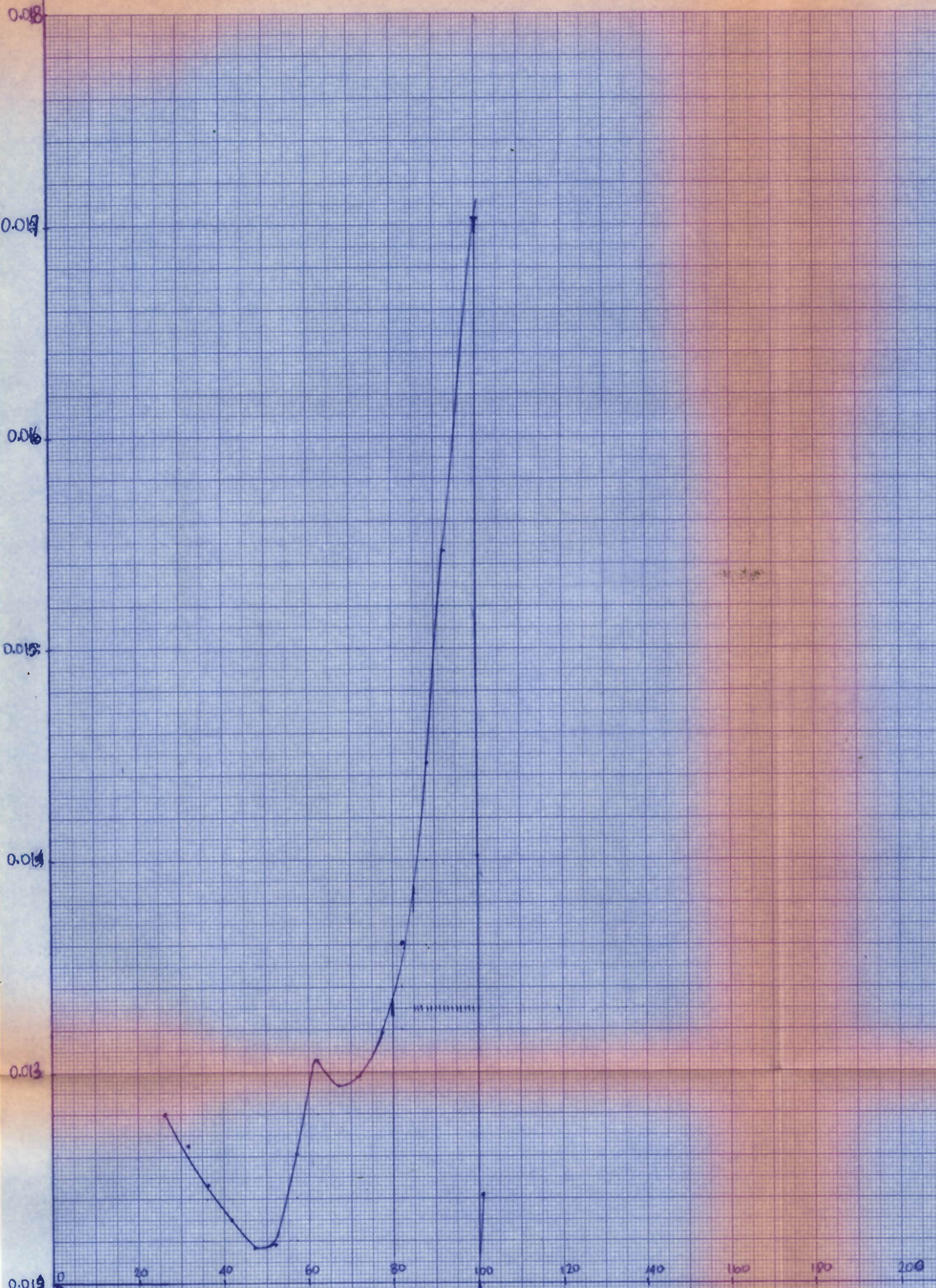


Gráfico 3.1

$\frac{1}{F_L}$ (kgf⁻¹)



GRÁFICO

600 Força Bruta (kgf)

PREVISÃO DE DESEMPENHO

MOTOR: CHEVETTE 1,4l : GASOLINA

capacidades de rampas:

- 1ª e 2ª: 19,1%
- 3ª: 9,44%
- 4ª: 3,90%
- 5ª: 0,27%

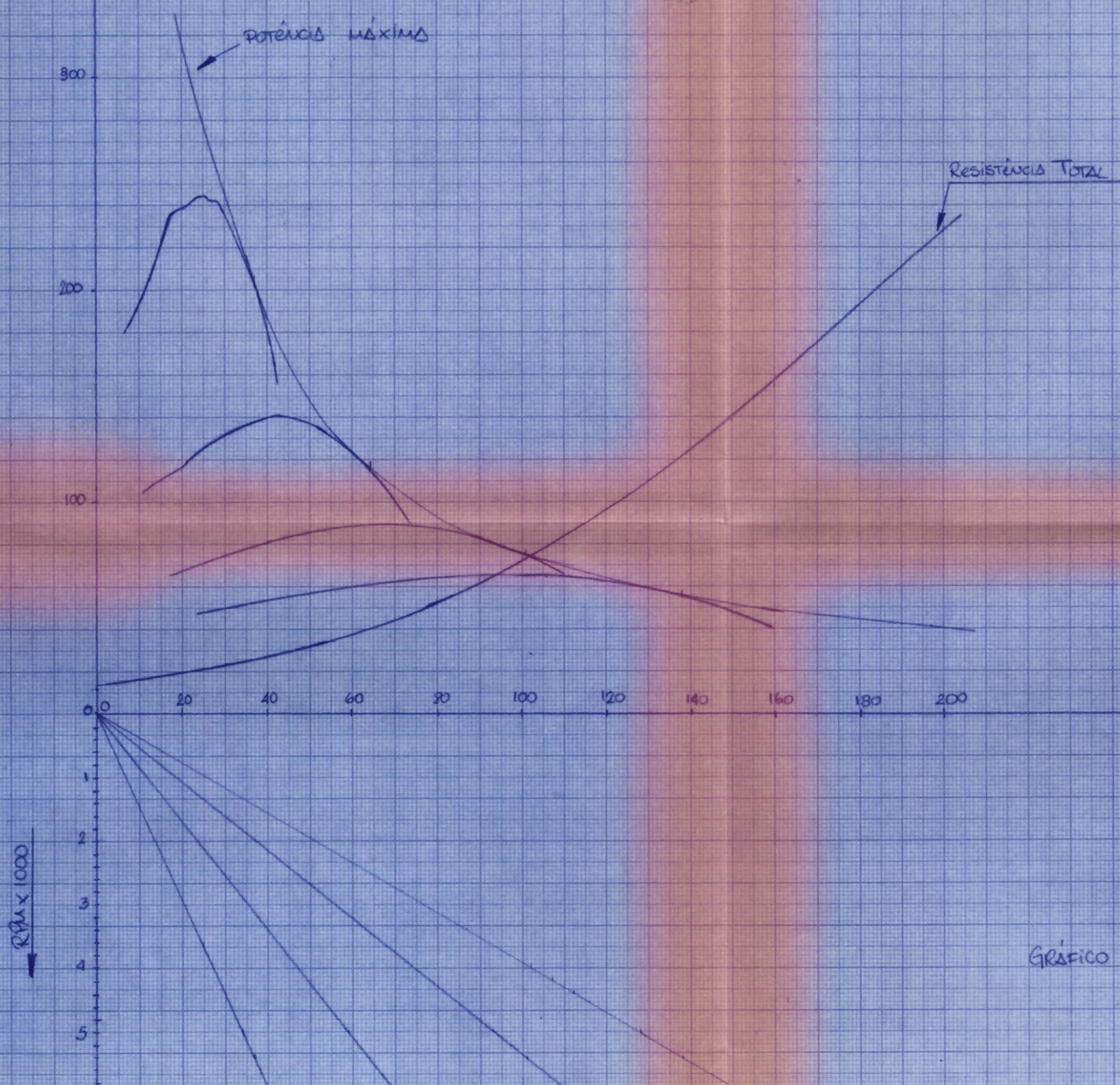


Gráfico 4