

2300417

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia Mecânica
Projeto Mecânico

TESTES DINÂMICOS E TESTES DE FADIGA EM
LATERAIS E TRAVESSAS DE TRUQUES DE CARGA

Autores: Chen Wei Li

Yoshimi H. Nakao

Prof. Orientador: Octávio Maizze Neto

1983

Agradecimentos a

Marco Antonio Grecco D'Elia,

engenheiro do IPT que muito auxiliou na realização deste trabalho

ÍNDICE

CAPÍTULO 1	Pág.
Objetivo e condição da realização do teste	1
CAPÍTULO 2	
Técnicas experimentais e teóricas para determinação do nível de tensões e resistência à fadiga em truques ferroviários	9
CAPÍTULO 3	
Análise das medições do comportamento de um truque na via, com o apoio do computador	25
CAPÍTULO 4	
Banco de ensaio de truques ferroviários	40

CAPÍTULO 1

1 - OBJETIVO

O objetivo do trabalho aqui proposto é o de se realizar testes dinâmicos e testes de fadiga em Laterais e Travessas de Truques de Carga.

2 - INÍCIO E PRAZO DE EXECUÇÃO

Os trabalhos terão início logo após a assinatura do contrato.

O prazo de execução será de 120 (cento e vinte) dias para o projeto e fabricação dos dispositivos e 60(sesenta) dias para a execução dos ensaios.

3 - CONDIÇÕES DE PAGAMENTO

O pagamento deverá ser realizado em três parcelas em forma de faturas emitidas contra os seguintes eventos

1a. Parcela:

valor: 30% do preço dos serviços contratados;
emissão: na data da assinatura do contrato.

2a. Parcela:

valor: 20% do preço dos serviços contratados;
emissão: na data do início dos ensaios.

3a. Parcela:

valor: restante do valor do contrato;
emissão: na data da entrega do relatório final.

4 - REAJUSTE

Os preços desta proposta deverão ser reajustados nas datas de emissão das faturas, segundo os índices estabelecidos pela revista Conjuntura Econômica da Fundação Getúlio Vargas, tendo-se como base os preços de outubro de 1983, usando-se a seguinte fórmula:

$$P = P_0 \left(\frac{I}{I_0} \right)$$

onde:

P = Valor reajustado;

P₀ = Preço da presente, apresentada no mês de outubro de 1983;

I₀ = Índice Geral de Preços - Disponibilidade Interna - Coluna 2 - Revista Conjuntura Econômica, referente a dois meses anteriores a apresentação da proposta, ou seja, o mês de agosto de 1983;

I = Índice Geral de Preços - Disponibilidade Interna - Coluna 2 - Revista Conjuntura Econômica, referente a dois meses anteriores ao mês da emissão da fatura.

5 - METODOLOGIA

Os testes deverão ser realizados conforme recomendam as normas AAR número:

- M-203-77;
- Guidelines, For Bolster Fatigue Testing -
CC-223.6.18.

As cópias destas normas encontram-se no anexo I desta Proposta.

6 - EQUIPAMENTO E DISPOSITIVOS

a. Existentes

- Dois atuadores de 150t.;
- Dois atuadores de 10t.;
- Um atuador de 25t.;
- Quadro de Reação para ensaio de fadiga de lateral;
ral;
- Quadro de Reação para ensaio estático de Lateral
e Travessa;
- Dispositivos para ensaio estático de Travessa e
Lateral.

b. A Fabricar

- Quadro de Peação e dispositivos para ensaio de
Fadiga de Travessa;
- Dispositivos para ensaio de Fadiga de Lateral.

7 - PREÇO

Para a realização dos serviços objetos desta proposta o IPT cobrará os seguintes valores:

a. Teste dinâmico de Lateral

Dois corpos de prova

Preço Cr\$ 800.000,00

b. Teste de Fadiga de Lateral

Quatro corpos de prova

Preço Cr\$ 4.800.000,00

c. Teste dinâmico de Travessa

Dois corpos de prova

Preço Cr\$ 800.000,00

d. Teste de Fadiga de Travessa

Quatro corpos de prova

Preço Cr\$ 4.800.000,00

Em virtude de não se possuir todos os dispositivos para execução dos ensaios aqui propostos, damos as estimativas de preço de projeto e fabricação desses dispositivos.

e. Dispositivos para Ensaio de Fadiga de Lateral

Preço estimado para o projeto Cr\$ 2.030.000,00

Preço estimado para a fabricação Cr\$ 3.500.000,00

f. Quadro de Reação e Dispositivos para Ensaio de Fadiga de Travessa

Preço estimado para o projeto Cr\$ 1.400.000,00

Preço estimado para a fabricação Cr\$ 17.000.000,00

CAPÍTULO 2

TÉCNICAS EXPERIMENTAIS E TEÓRICAS PARA
DETERMINAÇÃO DO NÍVEL DE TENSÕES E RESIS-
TÊNCIA A FADIGA EM TRUQUES FERROVIÁRIOS

1 - INTRODUÇÃO

O objetivo deste trabalho é dar uma idéia das técnicas de medição, de ensaios e de cálculos afim de se obter informações a respeito do nível de tensões e resistência a fadiga em truques ferroviários a serem utilizados na Ferrovia de Carajás pela Companhia Vale do Rio Doce. Tais técnicas vem sendo aplicadas nos trabalhos realizados pela Divisão de Desenvolvimento Ferroviário do Centro de Tecnologia da Unicamp. Para isso, este Centro possui um laboratório com bancos de ensaio tanto para testes estáticos como dinâmicos, instalados sobre bases rígidas, e inerciais, sendo providos de dois sistemas "Hydropuls" para a aplicação de cargas bem como equipamento eletrônico de captação, tratamento e registro de sinais. O Centro de Tecnologia conta ainda com técnicas de cálculos teóricos tais como a teoria dos elementos finitos e programas para ensaios dinâmicos, as quais vem sendo desenvolvidas através do projeto com a República Federal da Alemanha.

2 - ATIVIDADES REALIZADAS

2.1 - Medição do Nível de Tensões na Lateral de um Truque Ferroviário Devido a um Carregamento Vertical.

A medição do nível de tensões na lateral de um truque ferroviário foi determinada utilizando-se duas técnicas distintas, uma experimental e uma teórica. Experimentalmente foram realizados ensaios estáticos utilizando-se a técnica da extensometria. Teoricamente foi feito um cálculo utilizando-se a teoria dos elementos finitos.

2.1.1 - Determinação do Nível de Tensões na Lateral Através de Ensaio Estáticos.

Para a realização dos ensaios estáticos foram considerados vários pontos visando a obtenção de parâmetros que representassem as condições de trabalho da lateral quando em serviço.

Assim sendo primeiramente foram determinadas as condições de carregamento a serem aplicadas à lateral, considerando-se a força peso imposta a peça atuando na direção vertical. Tal força atua na base de assentos das molas de suspensão da viga e tem reações nas regiões de apoios dos mancais dos rodeiros. A figura 1 mostra esquematicamente as forças determinadas nesta condição de carregamento.

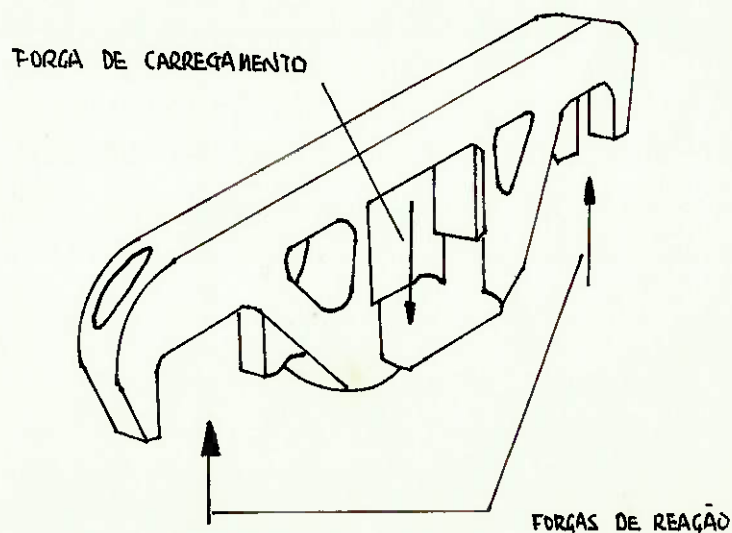


Figura 1 - Forças atuantes na lateral de um trem ferroviário devido a carga vertical.

Baseando-se nisso, foi projetado e construído um banco de ensaio capaz de reproduzir as condições anteriormente descritas, sendo a aplicação das cargas feita através do sistema Hydropuls.

A seguir foram determinados os pontos a serem colados os extensômetros bem como escolhidos os mesmos.

Para isso foram considerados vários pontos visando-se obter um grande número de medidas para posterior comparação com outras técnicas de medida, tendo sido dado especial atenção aos pontos que apresentavam maior concentração de tensões. O estudo para a determinação do nível de tensões foi feito considerando-se apenas um quarto da lateral devido a simetria da mesma. Assim sendo a peça foi dividida em quatro regiões segundo dois planos, um longitudinal e um transversal, vide figura 2 e 3. A região 1 foi considerada como base e as demais foram utilizadas para eliminar efeitos de flexões indesejáveis bem como para controle e média das medidas.

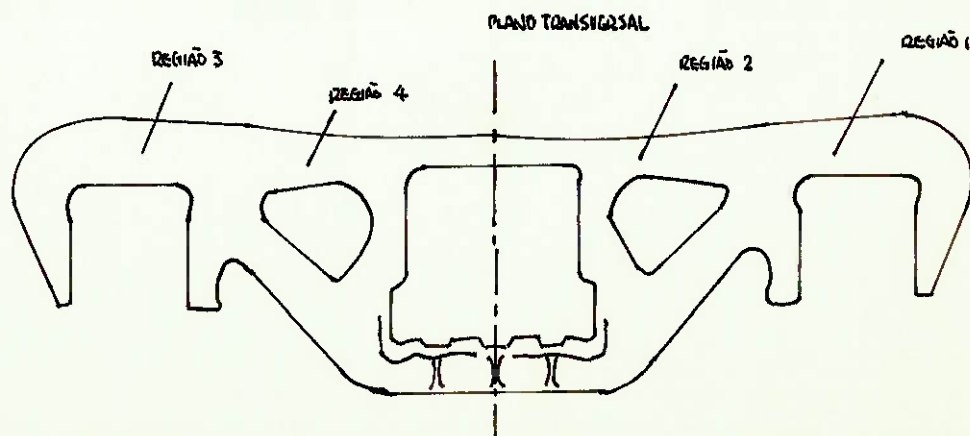


Figura 2 - Vista da divisão da lateral em quatro regiões simétricas.

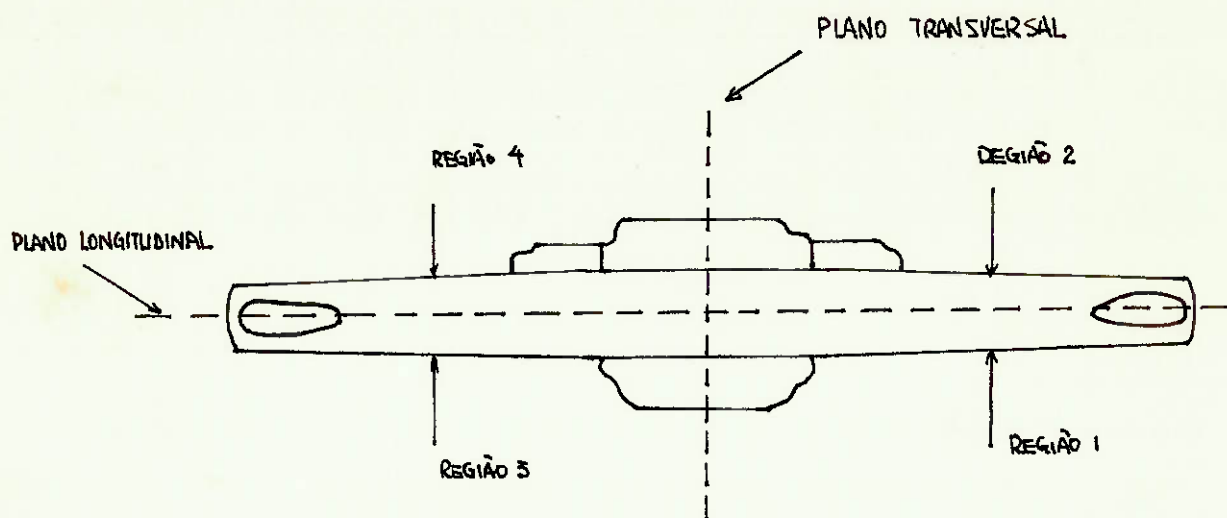


Figura 3 - Vista da divisão da lateral em quatro regiões simétricas.

Assim sendo foram determinados 130 pontos para a colagem dos extensômetros. Através de estudos, foram escolhidos em função daqueles pontos, 66 rosetas, 4 correntes de 10 extensômetros lineares cada uma e 14 extensômetros lineares os quais foram aplicados à estrutura e conectados a uma ponte amplificada com varredura e impressão automática de 100 canais. A partir dos resultados fornecidos pela ponte determinou-se o nível de tensões na lateral do truque através do cálculo e interpretação dos mesmos.

2.1.2 - Determinação do Nível de Tensões na Lateral Através da Teoria dos Elementos Finitos.

Obedecendo-se ao mesmo procedimento adotado no item anterior, tomou-se como base para cálculo apenas um quarto da lateral, vide região 1 das figuras 2 e 3. Posto isso foi feito um estudo bidimensional das tensões na estrutura utilizando-se a teoria dos elementos finitos através do programa de computador "SAP IV" ("Structural Analysis Program IV"). Para isso foi determinado um sistema de coordenadas para o quarto de lateral em estudo (vide figura 4).

Depois disso foram determinadas as várias espessuras da estrutura medidas na direção normal ao plano XY (vide figura 4).

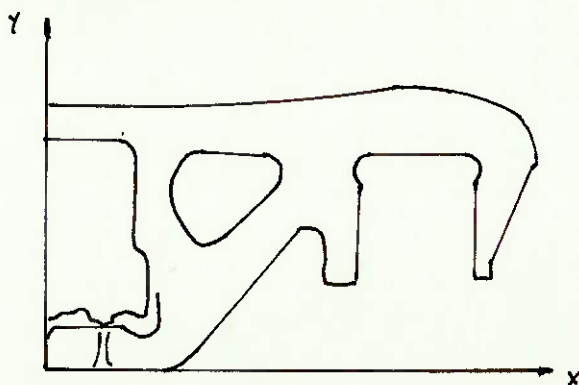


Figura 4 - Quarto de lateral com sistema de coordenadas para o estudo do nível de tensões através da teoria dos elementos finitos

Ficaram então definidas várias regiões com espessuras constantes. Em função destas regiões foram então determinados os elementos que formariam a rede de nós dos mesmos.

Foram utilizados dois tipos de elementos distintos na rede. Elementos de viga (apenas dois nós, determinando segmentos de reta) formando as regiões de contorno da peça e furos (vide gráfico 1 anexo) e elementos de chapa (três e quatro nós determinando triângulos e quadriláteros respectivamente) formando as regiões delineadas pelos contornos citados acima (vide gráfico 2 anexo).

Nesta rede, como no caso da extensometria foi dado especial tratamento as regiões que apresentaram maiores concentrações de tensões. Todas as cotas dos nós, bem como dos pontos de fixação e de carregamento do modelo proposto foram dadas em função do sistema de coordenadas XY (figura 4).

As condições de carregamento do modelo foram as mesmas consideradas nos estudos para a determinação do nível de tensões através do ensaio estático (item 2.1.1).

Assim, foi especificada uma carga vertical equivalente a carga para um quarto de lateral, aplicada uniformemente distribuída na base dos assentos das molas de suspensão da vida e com reação na região de apoio do mancal. As condições de fixação do modelo foram determinadas em função de se considerar apenas um quarto da lateral e ainda um estado

plano de tensões.

As fixações foram feitas através dos nós correspondentes sendo que na região de carregamento ficou determinada a liberação dos movimentos dos mesmos na direção Y e a fixação deles na direção X.

Na região das forças de reação os movimentos dos nós foram fixados nas direções X e Y.

Feito isso foram preparados todos os dados exigidos pelo programa SAP IV, o qual foi processado fornecendo os resultados solicitados. Como exemplo pode se observar a representação das tensões fornecidas pelos elementos de viga no gráfico 3 anexo. Tal representação fornece as amplitudes das tensões apresentadas no centro de cada elemento.

As direções das tensões coincidem com as direções do respectivo elemento.

Outro exemplo são as tensões principais σ_1 e σ_2 fornecidas pelos elementos de chapa no gráfico 4. Os segmentos com extremidades em forma de seta indicam tração enquanto que os com extremidades formados por traços ortogonais indicam compressão. Tais segmentos representam as amplitudes e as direções das tensões.

Assim sendo, pode-se ter uma visão geral do nível de tensões em todo o modelo e por conseguinte em toda a lateral.

2.2 - Determinação do Nível de Tensões no Truque Completo Através de Ensaio Estáticos.

Um outro tipo de ensaio estático foi feito utilizando-se um truque completo, a fim de se obter os níveis de tensão nos pontos mais críticos da estrutura através de extensômetros colados nos mesmos (uma das laterais foi a mesma utilizada no ensaio estático descrito no item - 2.1.1).

Para isso, foi construído um banco de ensaio especial capaz de simular os esforços verticais e laterais atuantes no truque em condições de serviço. Neste ensaio as laterais e a viga foram conectados entre si de forma a se obter as diversas influências de cada componente sobre os demais em função das cargas aplicadas. O carregamento foi feito através do sistema Hydropuls, atuando sobre as laterais nas regiões dos encaixes dos mancais dos rodeiros. As montagens para este ensaio estão esquematizados nas figuras 5 e 6.

O ensaio foi realizado em duas partes.

A primeira com a aplicação somente da força vertical a fim de se obter o nível de tensões da estrutura e comparar os resultados obtidos com os encontrados no ensaio estático e cálculo teórico, itens 2.1.1 e 2.1.2 respectivamente.

A segunda etapa consistiu em se fazer uma aplicação de cargas verticais e laterais combinadas a fim de se obter resultados necessários para a realização de um programa de ensaio dinâmico do truque.

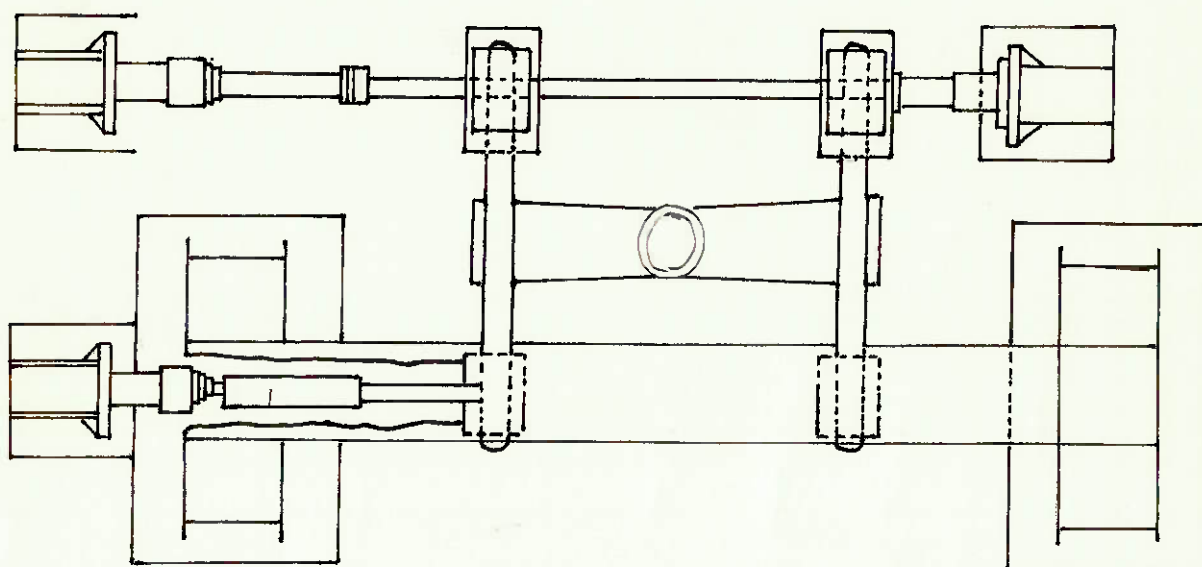


Figura 5 - Vista superior do banco de ensaio para o truque completo.

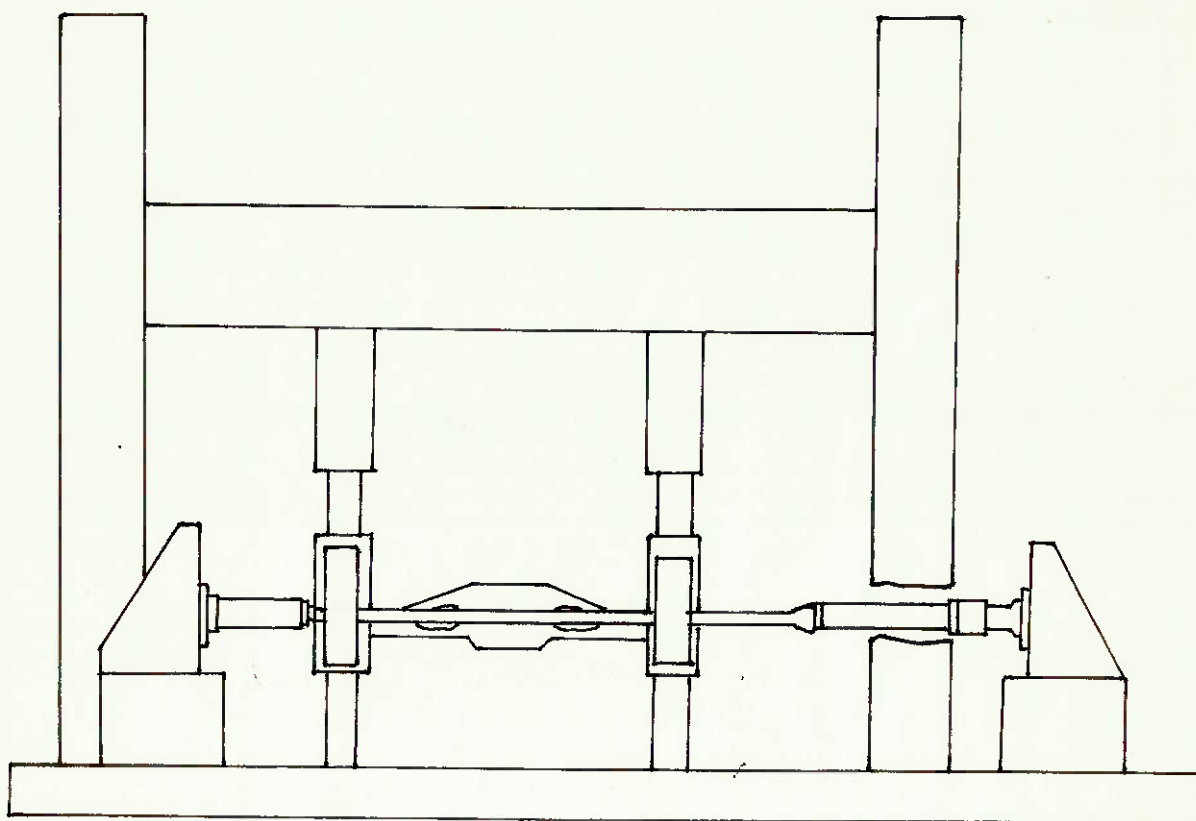


Figura 6 - Vista lateral do banco de ensaio para o truque completo.

2.3 - Ensaio Dinâmico do Truque.

O ensaio dinâmico do truque visa a determinação da resistência a fadiga dos seus componentes.

Para isso vem sendo elaborado juntamente com peritos alemães um programa de ensaios através de resultados obtidos em testes estáticos e via - gens na via, capaz de reproduzir dinamicamente as solicitações a que o truque é submetido, em condições de serviço, num banco de ensaio para este fim. Tal banco de ensaio é o mesmo utilizado no ensaio estático do truque completo (item 2.1.3) o qual é mostrado nas figuras 5 e 6.

O truque a ser ensaiado é o mesmo que foi submetido ao teste estático. O ensaio constará de carregamentos verticais e transversais aplicados nas regiões dos encaixes dos rodeiros através do sistema Hydropuls segundo o programa de teste citado anteriormente.

Com isso, será possível avaliar a resistência do truque a fadiga em função do número de ciclos de ensaio, determinando-se a vida do mesmo quando em trabalho na via.

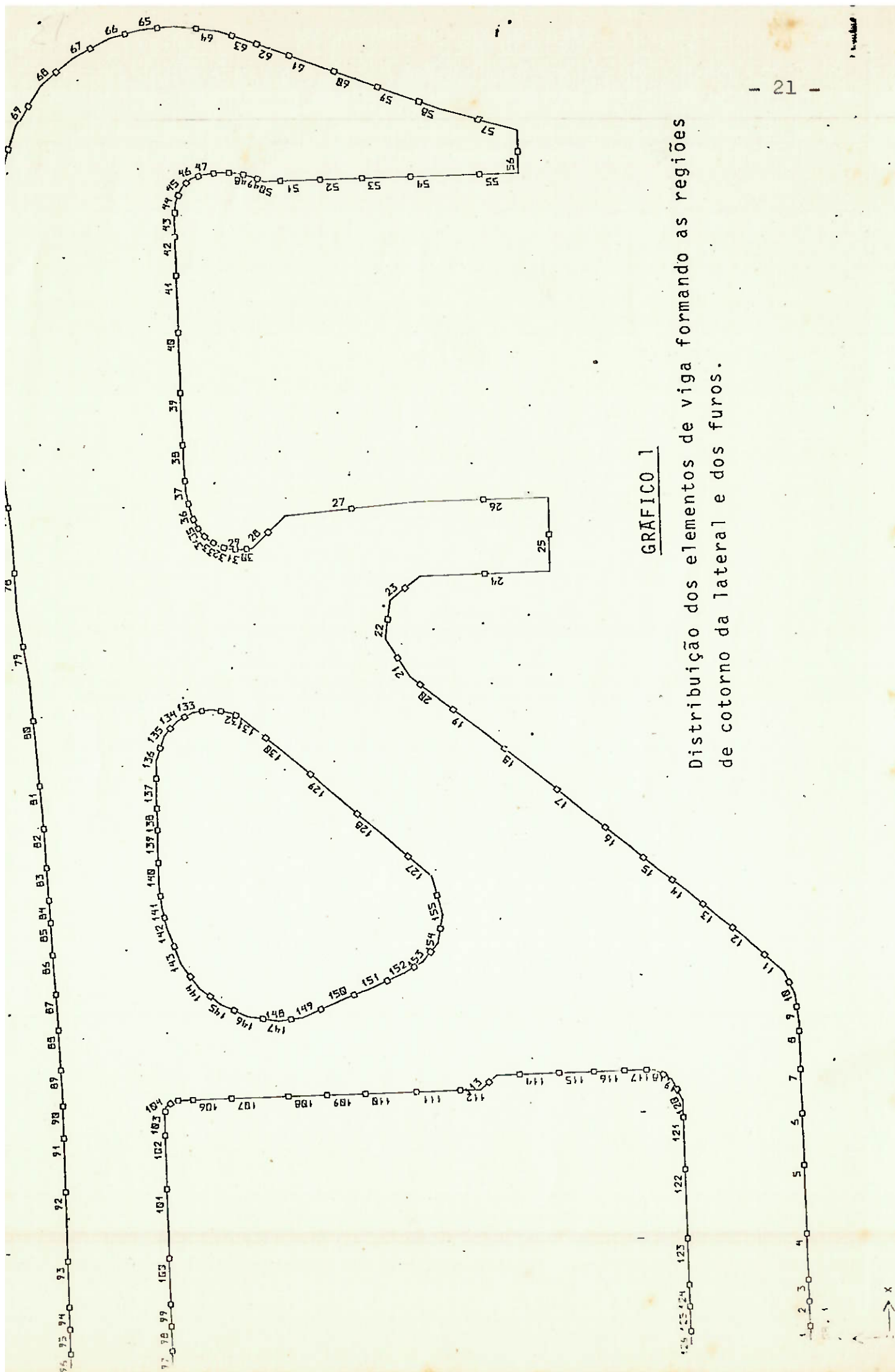


GRÁFICO 1

Distribuição dos elementos de viga formando as regiões de cotorno da lateral e dos furos.

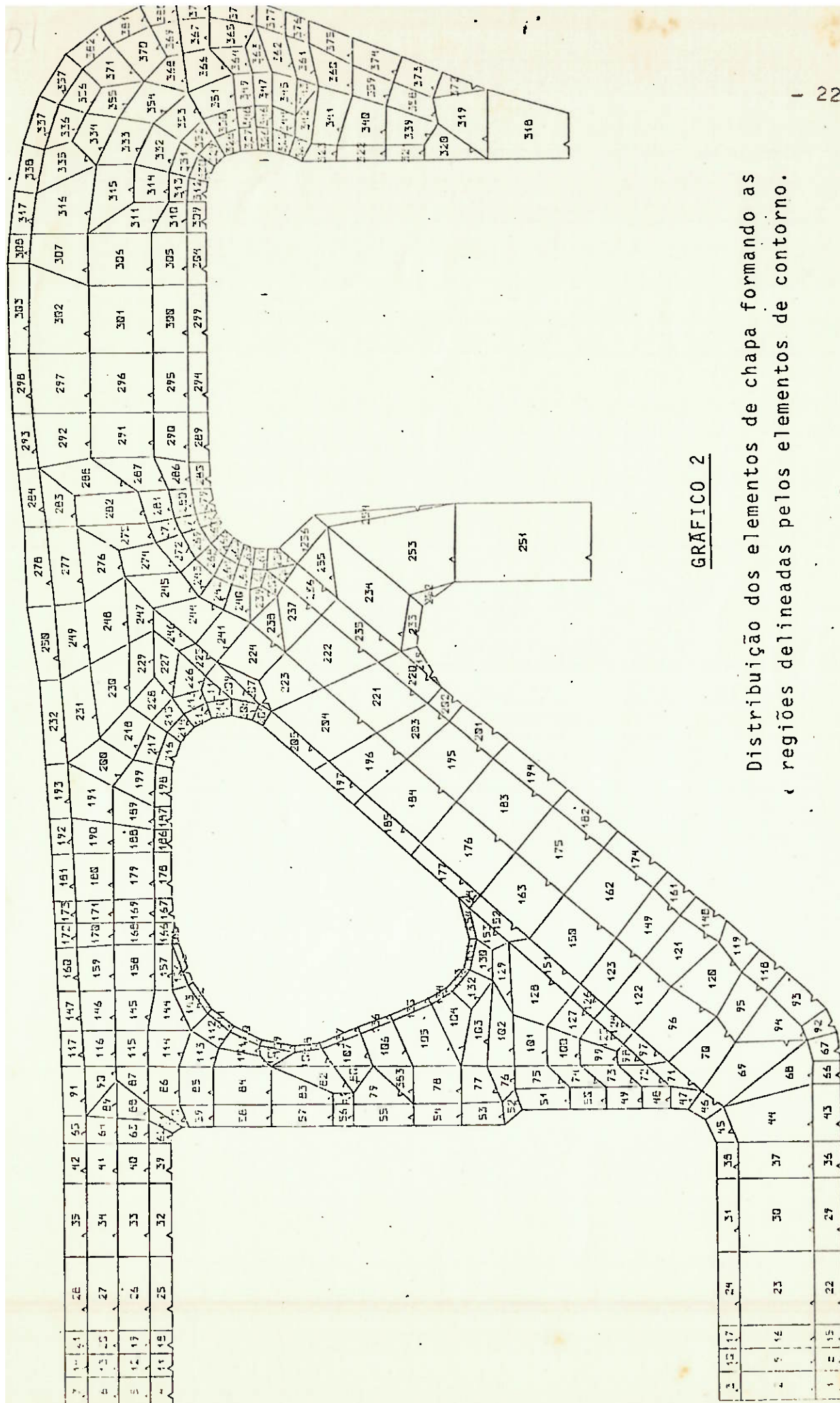


GRÁFICO 2

Distribuição dos elementos de chapa formando as
, regiões delineadas pelos elementos de contorno.

GR. 2



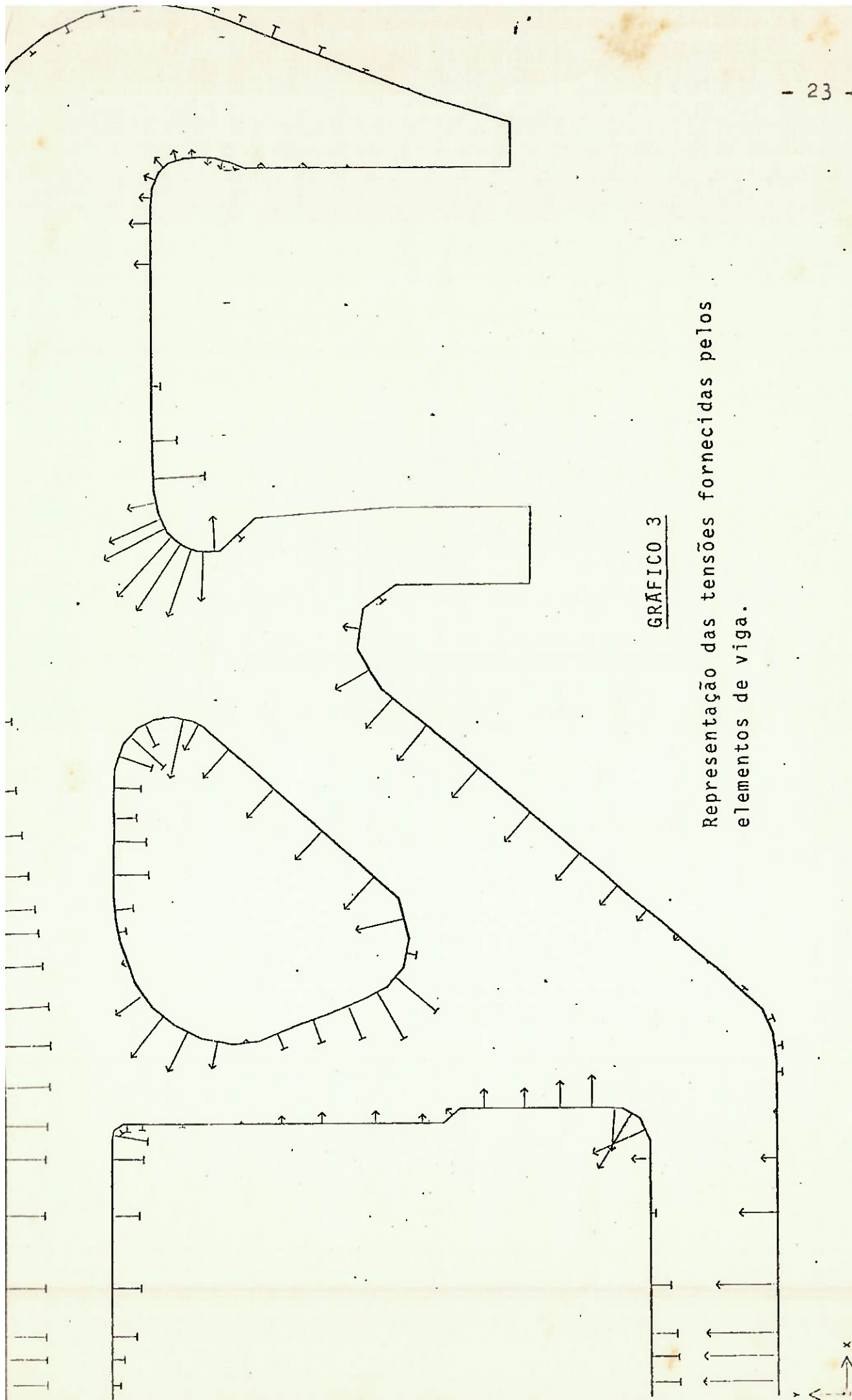


GRÁFICO 3

Representação das tensões fornecidas pelos
elementos de viga.

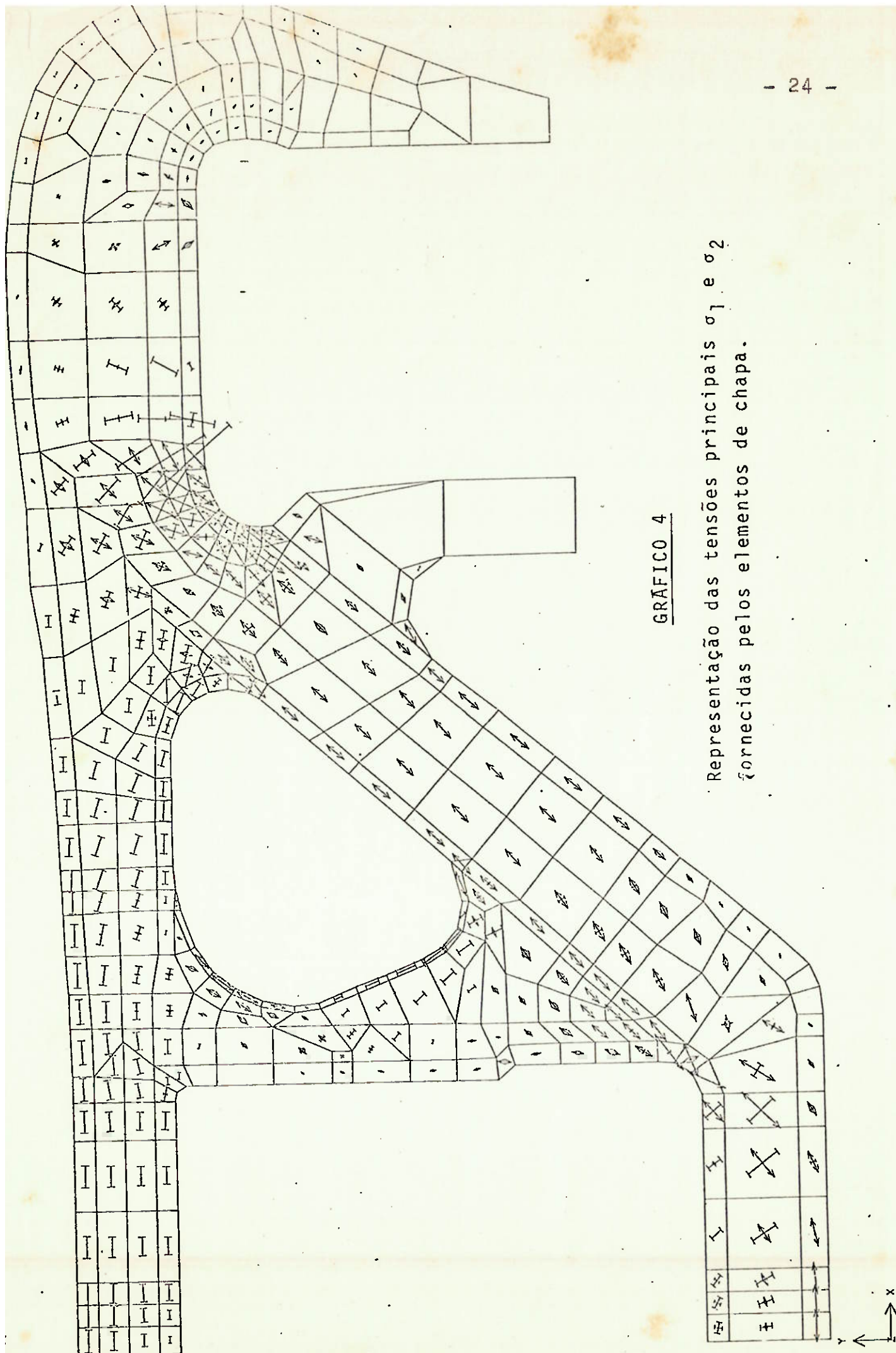


GRÁFICO 4

Representação das tensões principais σ_1 e σ_2
fornecidas pelos elementos de chapa.

CAPÍTULO 3

ANÁLISE DAS MEDIÇÕES DO COMPORTAMENTO DE UM
TRUQUE NA VIA, COM O APOIO DO COMPUTADOR

1 - GENERALIDADES

O objetivo dos ensaios do comportamento de truques é a avaliação do desempenho dos veículos ferroviários na via.

Este ensaio é necessário para se obter as grandezas físicas que são importantes para se determinar os comportamentos dos truques.

Estas grandezas físicas obtidas durante a realização do ensaio são armazenadas em uma fita magnética, as quais são representadas por sinais elétricos. Normalmente estas grandezas são acelerações, deslocamentos relativos, forças e tensões do material, etc.

Além da gravação em fita magnética, este ensaio é também registrado em um papel fotossensível, o que é feito usando um plotador de vários canais. Na figura 1 vemos um exemplo deste registro.

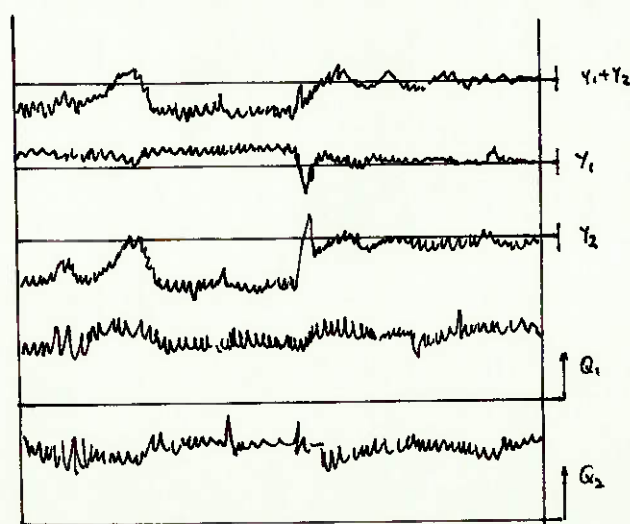


Figura 1 - Registro das grandezas.

Após a execução deste ensaio, os dados obtidos pelo mesmo devem ser transferidos da fita magnética para o computador, mas antes desta transferência, estes dados necessitam de uma conversão para posterior interpretação pelo computador, que é feita por um conversor A/D, o qual está inserido em um "system voltmeter" conforme veremos posteriormente.

Para a análise destes ensaios, é necessário além do computador, o apoio de alguns equipamentos periféricos, tais como um gravador de 14 canais, um conversor analógico/digital, uma unidade de disco Winchester, um plotador e uma impressora. Uma explanação sobre a utilização de cada um pode ser vista logo abaixo:

- Gravador 14 canais:

é utilizado para a gravação das grandezas mais importantes durante o ensaio, após o término desta, o mesmo é também utilizado na reprodução destas mesmas grandezas, as quais com um recurso apropriado são enviadas ao computador.

- Conversor Analógico/Digital:

este é representado pelo system voltmeter, sua função resume-se na leitura dos valores registrados na fita magnética correspondente e posterior conversão A/D para que estes sejam interpretados pelo computador.

- Unidades de disco Winchester e disco flexível:

estas unidades são usadas para a armazenagem das grandezas lidas na fita magnética ou dos resultados da análise feita pelo computador.

- Plotador:

sua utilização principal está na plotagem do sinal lido na fita magnética, ou seja, uma reprodução exata deste sinal, o qual é usado para uma comparação preliminar entre as diversas grandezas.

Para uma melhor observação do equipamento de análise temos abaixo um diagrama esquemático onde está disposto o computador com seus vários periféricos.

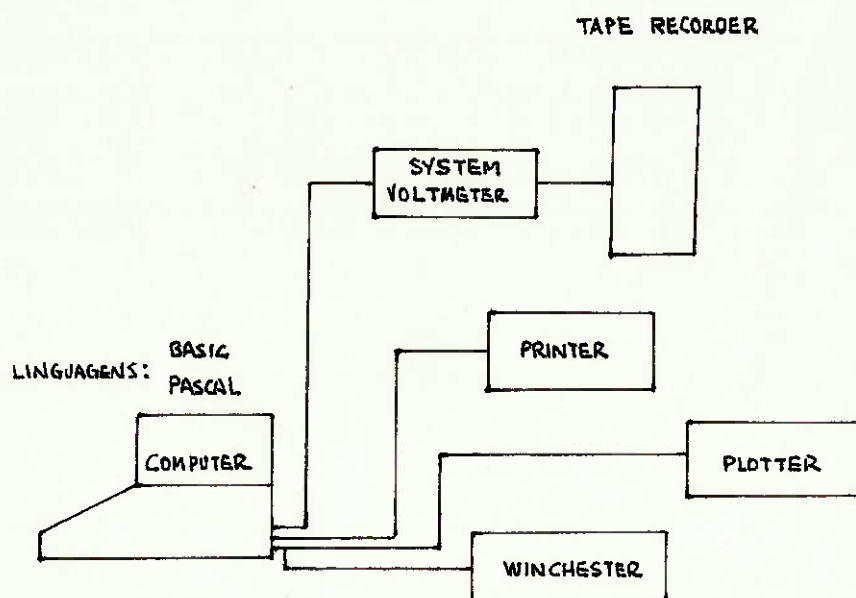


Figura 2 - Diagrama esquemático do equipamento de análises.

Os dados obtidos até o momento são apenas prelimina - res para uma avaliação das grandezas em questão , os quais necessitam de uma manipulação para uma determi - nação suficiente, ou seja, para a obtenção de resulta - dos concretos é necessário que se processe esses da - dos no computador.

2 - CONSIDERAÇÕES SOBRE A CLASSIFICAÇÃO DOS VALORES OBTIDOS DA FITA MAGNÉTICA

Os dados provenientes da fita magnética como sabemos, estão na forma analógica, após sua conversão para digital, estes são enviados para o computador. Esta leitura é sempre feita em função do tempo, como foi dito anteriormente, ou seja, no nosso caso o intervalo de tempo entre uma leitura e outra é sempre constante num bloco de leitura, podendo este tempo ser alterado de acordo com as necessidades, obtendo com isso uma precisão maior no sinal que está sendo lido, temos então uma grandeza variando com o tempo ou significando a mesma coisa, uma grandeza variando com a distância, já que a velocidade do truque é sempre constante durante uma determinada medição. Uma leitura deste tipo está exemplificada na figura 4, onde vemos representando uma grandeza qualquer sempre em função do tempo ou distância percorrida.

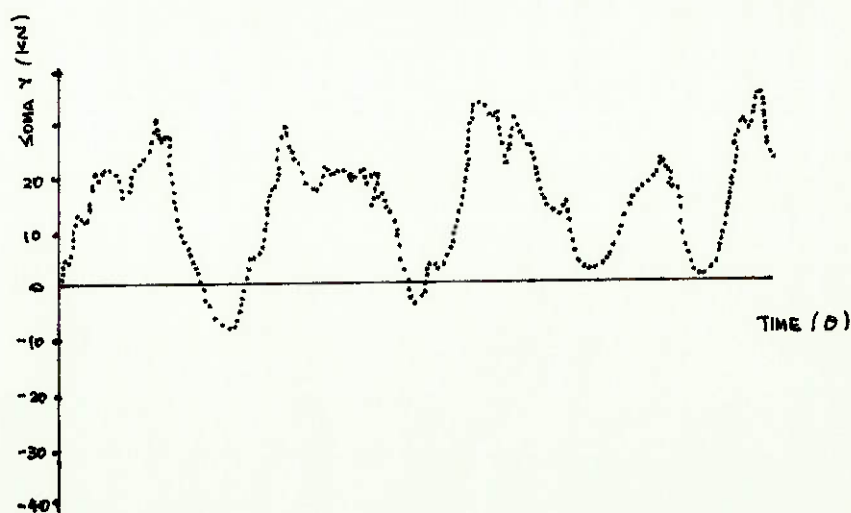


Figura 4 - Sinal da soma das forças Y digitalizado.

Como já dissemos, para uma avaliação mais profunda do comportamento dos truques na via é necessário uma análise das amplitudes destas grandezas o que é feito com o apoio de métodos estatísticos.

Para uma análise estatística suficiente, uma das primeiras providências a serem tomadas é a distribuição dos valores lidos por classes. Temos pleno conhecimento dos valores máximos e mínimos aproximados da grandeza sobre a qual estamos trabalhando; fazemos isto observando apenas o registro deste mesmo sinal que foi feito simultaneamente com a gravação.

Para facilitar, faremos verificação na figura 1.

Como trata-se de uma distribuição de frequência, temos que estabelecer os limites inferiore e superiore da grandeza em questão. Para isto, fazemos uma verificação no registro desta grandeza e avaliamos os limites máximos e mínimos da mesma. Visando uma certa margem de segurança, estabelecemos nossos limites de tal modo que estes estejam além dos limites máximo e mínimo verificados, o que não interfere em nada na nossa distribuição. Após a determinação destes limites, é necessário que se faça a escolha do tamanho dos intervalos de classes. Estes intervalos devem ser escolhidos de tal forma que sejam tão pequenos quanto menor for o módulo da diferença entre os limites máximo e mínimo, de maneira que se obedeça uma certa relação entre esta diferença e o número de classes, ou seja:

$$(A - B)/m = k$$

onde

A = limite superior da distribuição

B = limite inferior da distribuição

m = número de classes

k = constante que estabelece o tamanho dos intervalos de classes e deve estar em torno de 1 (um) para uma análise suficiente

Tal relação não deve ser excessivamente pequena, pois, esta interfere diretamente no tempo de processamento destes dados pelo computador.

Deste modo, temos que a nossa primeira classe estaria compreendida entre (B) e $(B + k)$ e estando a última entre $(B + m - k)$ e $(B + m)$, ou seja:

$B \rightarrow B + k, B + k \rightarrow B + 2k, \dots, B + m - k \rightarrow B + m$

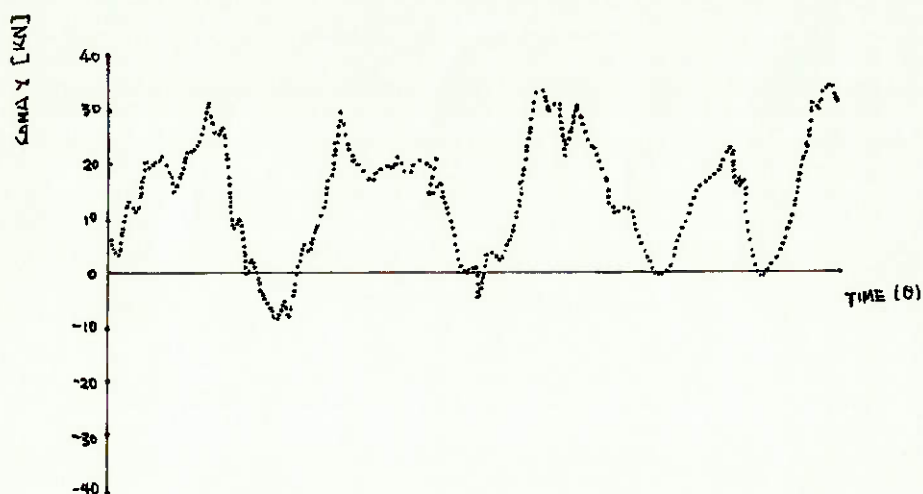


Figura 5 - Representação esquemática das classes consideradas.

Feito este trabalho, resta agora a colocação de todos os valores lidos da fita magnética e digitalizados em suas classes correspondentes, onde obtemos com isto uma distribuição de frequência semelhante a que temos logo abaixo:

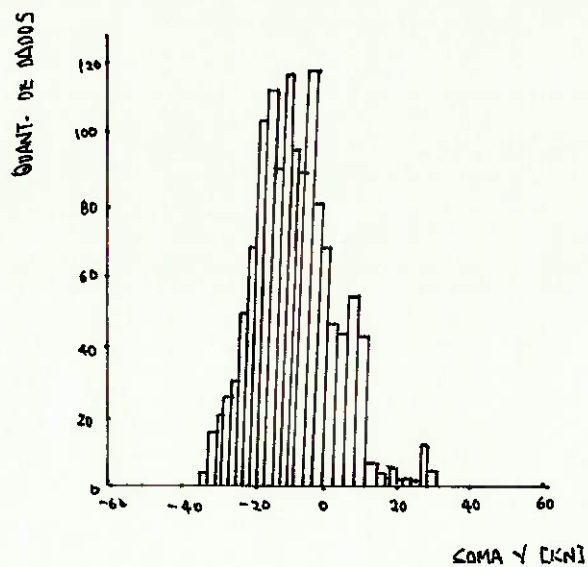


Figura 6 - Distribuição de frequências.

3 - ANÁLISE ESTATÍSTICA

Após os valores terem sido classificados dentro dos limites pré-estabelecidos pelas classes ora definidas, passamos então à análise estatística destes valores, onde são considerados vários parâmetros de grande importância para a análise do desempenho do truque na via. Temos a seguir uma lista de parâmetros mais importantes que devemos considerar tais como:

- desvio padrão
- média destas forças
- variância
- quantidade de classes
- força máxima instantânea
- força mínima instantânea
- outros parâmetros especiais tais como:

$X_{2,5\%}$, $X_{16\%}$, $X_{84\%}$, $X_{97,5\%}$

Parâmetros estes que são obtidos sempre em função dos dados lidos na fita magnética.

Os últimos parâmetros mencionados são calculados em função da quantidade total de dados ora retirados da fita. Usando como exemplo o parâmetro $X_{16\%}$ e considerando ainda que temos uma quantidade "N" de dados na memória do computador, temos que a quantidade de dados $0,16 N$ é considerada.

Voltando ao gráfico das distribuições de frequências, partindo da classe mais baixa, devemos somar todas as quantidades de dados correspondentes a cada classe até atingirmos o total de $0,16 N$; da última classe acrescentada nessa soma deve ser registrado o seu valor central, e este valor é o correspondente ao $X_{16\%}$ que tem a mesma unidade da grandeza ora em questão. A seguir temos uma ilustração desta discussão.

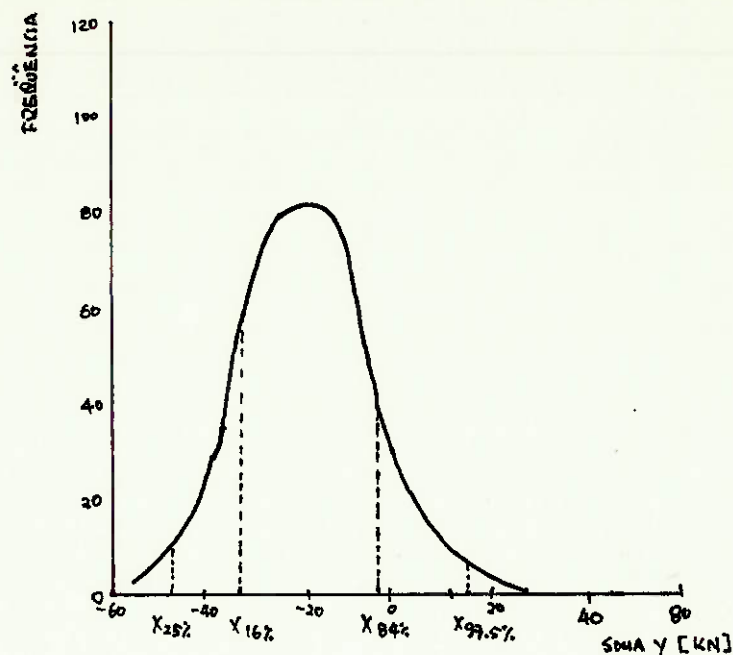


Figura 7 - Representação dos valores correspondentes a 25%, 16%, 84%, 97,5%

Um método estatístico muito utilizado na ferrovia federal da Alemanha na área de análise de desempenho é o método "Stichproben". No qual todos os valores instantâneos do sinal são considerados por este método, ou seja, faz-se um levantamento estatístico deste sinal, calculando todos os parâmetros mencionados anteriormente, tais como desvio padrão, média, etc.

Este método é também chamado de "método dos valores retirados ao acaso", onde os intervalos de leitura podem ser iguais ou, também, apresentam, dentro de certos limites definidos, duração de caráter aleatório; mas, recomenda-se ainda o uso dos intervalos iguais. A variação do intervalo de leitura não altera a distribuição relativa destes valores.

Usa-se também tal método para a maioria das outras grandezas, ou seja, aceleração vertical e horizontal, forças verticais de apoio, deslocamento, etc.

No caso específico da soma das forças de guia Y_1 e Y_2 (ΣY), é utilizado ainda um método ferroviário que envolve parâmetros adicionais para a análise de ensaio. Método este desenvolvido por Prud'Home (França).

O objetivo deste método é a segurança contra o deslocamento transversal da via, isto é, a verificação dos valores desta força durante a medição ao longo de um trecho, visando a não ultrapassagem de um valor limite estabelecido.

Este critério é aceito internacionalmente pela relação:

$$(\Sigma Y)_{2m} = K \left(10 + \frac{2Q_0}{3} \right)$$

sendo que:

$(\Sigma Y)_{2m}$ = Soma das forças de guia Y atuante transversalmente sobre uma extensão de 2m, medido na via.

Q_0 = Força vertical de apoio (estática)

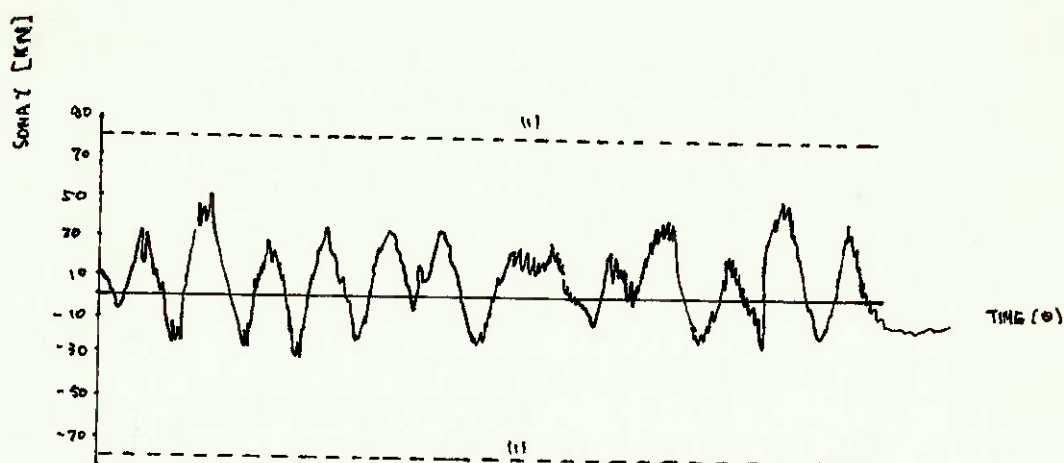
K = Aceita-se normalmente este valor como sendo ≈ 0.85 de acordo com Prud'Home.

Estas forças variam de acordo com uma série de fatores, tais como, geometria do rodeiro e da via, construção do truque, velocidade do veículo, etc.

Neste último caso podemos verificar um aumento bem acentuado da amplitude destas forças com o aumento da velocidade.

Consideramos aqui neste método, não um valor instantâneo da força que estaria atuando num determinado trecho, mas sim o valor de uma força (ΣY) que atuaria ao longo de uma distância de 2m na via.

No gráfico abaixo temos um exemplo de um sinal correspondente à soma das forças "Y" ($\sum Y$) num determinado trecho de via.



(1) - LIMITE P/ O VALOR DOS 2 METROS

Figura 8 - Representação esquemática do problema dos metros.

Podemos verificar no gráfico alguns traços horizontais limitados por dois asteriscos. Estes traços correspondem exatamente ao limite da força $(\Sigma Y)_{2m}$ atuante numa parte do trecho. No cálculo feito pelo computador, ficou-se determinado que a distância entre os dois asteriscos é a distância correspondente a 2m medidos sobre a via.

Analisando o gráfico podemos ter uma visão aproximada da situação destas forças para este trecho. Mas, da mesma forma como foi feito para o método "Stichproben"

após todos estes valores terem sido computados, fazemos um levantamento estatístico de todos os limites para $(\Sigma Y)_{2m}$ encontrados, ou seja, calculamos o desvio padrão, armazenamos os valores máximos e mínimos destas forças, etc., para uma posterior comparação entre resultados para velocidades diferentes, ou de mesma velocidade, mas, para veículos diferentes.

De posse de todos estes resultados, tanto para o caso dos "2 metros" quanto para o "Stichproben", para uma melhor visualização, os mesmos são plotados para que possa ser feita uma análise das amplitudes destas forças para diferentes situações. No diagrama seguinte temos uma exemplificação:

$X_{\max}$ = VALOR MÁXIMO DAS FORÇAS
 $+_{99.5}$ = VALOR CORRESPONDENTE AO $X_{99.5\%}$
 $0_{99.5}$ = VALOR CORRESPONDENTE AO $X_{99.5\%}$
 $X_{\text{méd}}$ = VALOR MÉDIO DAS FORÇAS
 0_{95} = VALOR CORRESPONDENTE AO $X_{95\%}$
 $+_{95}$ = VALOR CORRESPONDENTE AO $X_{95\%}$
 $X_{\min}$ = VALOR MÍNIMO DAS FORÇAS

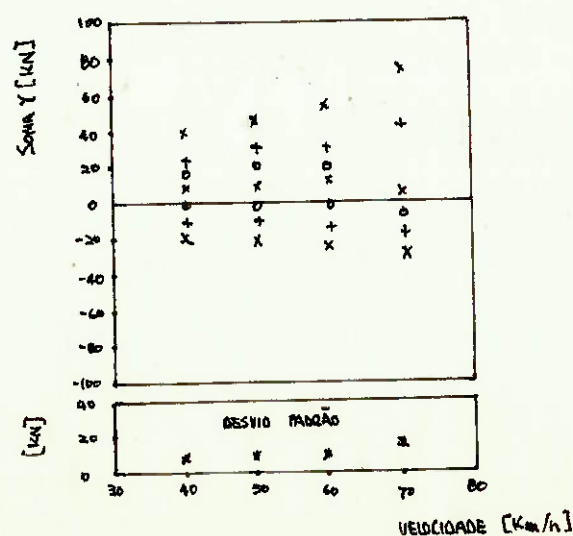
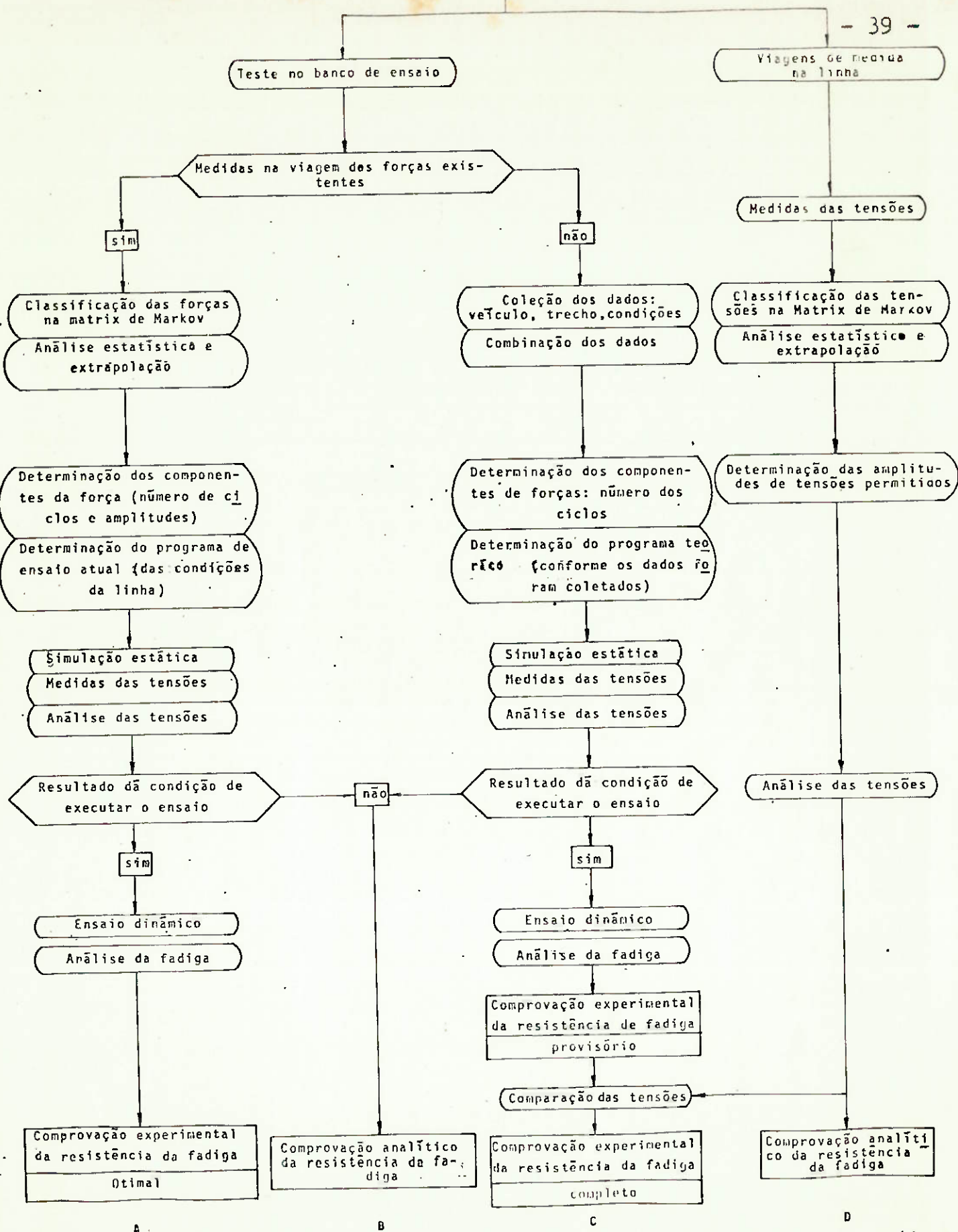


Figura 9 - Plotagem dos resultados

Podemos observar neste diagrama, 4 (quatro) situações diferentes, ou seja, temos resultados para 4 velocidades diferentes, para cada velocidade temos impresso o valor em "Kn" das forças máximas e mínimas, média, valores correspondentes aos 2,5%, 16%, 84% e 97,5% e desvio padrão. Estaríamos de posse então de 2 (dois) diagramas semelhante a este, para o caso de (ΣY) , onde no primeiro imprimiríamos os resultados do "Stichproben" e no segundo para $(\Sigma Y)_{2m}$, ambos para um mesmo trecho da via, onde teríamos representados todas as grandezas estatísticas para todas as velocidades ensaiadas neste trecho.

Com estes resultados, estamos então, possibilitados a fazer uma análise qualitativa do comportamento de um veículo na via, ou mesmo uma análise comparativa do comportamento de vários truques ensaiados num mesmo trecho da via, levando-se em conta logicamente certos critérios pré-determinados.



A

B

C

D

CAPÍTULO 4

BANCO DE ENSAIO DE TRUQUES FERROVIÁRIOS

1 - INTRODUÇÃO

O ensaio dinâmico do truque ferroviário tem por objetivo determinar se esse atinge uma vida determinada sem quebras, ou seja, sem que falhe por fadiga do material (por exemplo, surgimento de trincas).

Como o truque testado deve suportar o trabalho a ele destinado durante uma vida de pelo menos 30 anos, um ensaio executado nas condições normais de uso, ou seja, durante esses 30 anos, não seria prático, pois consumiríamos um tempo muito longo para se chegar a um resultado. Em poucas palavras: seria impraticável e anti-econômico.

Portanto, o que se deve fazer nesses casos, é determinarmos o número de ciclos e a carga aplicada equivalente aos do uso do truque nas condições de trabalho. Esses valores equivalentes proporcionariam um tempo de ensaio menor, com resultado confiável. Além disso, como o ensaio é apenas simulado, não há risco de acidentes causadores de danos pessoais.

Para se chegar aos valores de carga e frequência aplicados no ensaio, precisamos de valores concretos. Um meio de se obter esses dados é através de um teste de campo, onde o truque roda com carga de trabalho, para termos uma idéia da ordem de grandeza dos esforços submetidos ao truque. A partir dos dados observados, conseguiremos os valores equivalentes necessários para iniciarmos o ensaio simulado. Esse teste de campo não terá uma duração muito grande, apenas o tempo necessário para se conseguir dados suficientes para a simulação.

Com os dados em mãos, partimos para a etapa seguinte, ou seja, por em prática toda a teoria inicial.

2 - BANCO DE ENSAIO

Para a simulação de cargas e frequência das mesmas, dispomos de cilindros servo-hidráulicos em posições estratégicas para representarmos peso do vagão, esforços em curvas, irregularidades da via férrea, desvios, cruzamentos e outras condições presentes na utilização diária do truque.

O equipamento disponível tem condições de simular os esforços muitíssimo semelhantes com a realidade, programando-se cargas com frequências irregulares, reproduzindo as condições encontradas no ensaio de campo. Para que os cilindros exerçam sua função são necessários os dispositivos de conexão dos cilindros para aplicação de cargas e dispositivos auxiliares menores. Do truque original foram removidas as molas da suspensão e os rodeiros, substituídos respectivamente por placas metálicas e blocos, estes com dimensões semelhantes aos dos mancais do rodeiro. Todas as folgas existentes foram eliminadas com calços, tornando a estrutura toda em um bloco quase que completamente rígido. Essa disposição foi tomada para que haja uma melhor aplicação de carga nas partes componentes do truque, simultaneamente.

Para a simulação da carga vertical, dispõe-se dois cilindros aplicando carga nos blocos substitutos dos mancais. Os outros mancais são mantidos fixos, sofrendo a carga de reação proveniente da carga aplicada pelos dois cilindros.

Os esforços laterais são aplicados também nos blocos, sendo que a carga é transmitida de uma lateral do truque até a outra através de um tubo fixo entre os dois

blocos: o que recebe a carga e o oposto a esse bloco. Pode-se notar que no ensaio o truque é montado em posição invertida, sendo apoiado em uma base que substitui o prato central e os ampara-balanços laterais, acoplamentos existentes no vagão de carga. A disposição invertida é a mais adequada para o ensaio de truques de vagões destinados a transportar carga.

Todo o conjunto está montado sobre uma base inercial; os cilindros verticais estão montados em uma estrutura tipo pórtico e os cilindros horizontais montados em consoles individuais. Tanto o pórtico como o console devem ter rigidez suficiente para que não se deformem quando da aplicação das cargas no truque.

Para conseguirmos obter valores numéricos dos esforços sofridos pelo truque durante o ensaio, foram colados à superfície do mesmo, extensômetros elétricos em diversos pontos previamente determinados. Para a leitura e registro dos valores de deformação, utiliza-se um registrador X - t.

SPECIFICATION M-203-77
TRUCK SIDE FRAMES, CAST STEEL
Approval Requirements

Adopted 1926, Revised 1929, 1937, 1938, 1947,
1948, 1951, 1953, 1958, 1961, 1965, 1975, 1977

Effective: October 1, 1977

American
Railway
Engineers
Association

1. SCOPE

- a. These specifications cover all cast steel side frames for freight equipment.
- b. All designs of truck side frames must be approved by the Car Construction Committee before being placed in interchange freight service. The basis for approval is provided by these specifications.
- c. Application for approval shall be addressed to the Secretary of the Association of American Railroads, Mechanical Division, who will refer same direct to the Car Construction Committee. Application shall be submitted in quintuplicate and be accompanied by copies of detail construction drawings and full information with respect to composition of material and heat treatment employed.
- d. Approval will be based upon the results of dynamic and static tests, Or, the Committee may recommend approval of the design, material and heat treatment on the basis of previous satisfactory static and dynamic tests of similar designs, material and heat treatment.

Waiver of tests should only be requested on the basis of a design previously approved as a result of official dynamic and static tests. Waiver request should be accompanied by substantiating data covering new design and design being used as a basis for such request when there are differences not covered by Appendix "A".

2. MATERIAL

Shall be of cast steel in accordance with latest revision of A.A.R. Specifications M-201 and M-210, Grades B and C.

3. DESIGN

- a. All standard fundamental A.A.R. requirements, in addition to those specifically mentioned herein, shall govern.
- b. The basis for calculations and testing shall be the axle capacity "C" as given in Table I.

TABLE I

Size of Journal, In.	Type of Truck	C-Axle Capacity, Lbs.
4 $\frac{1}{4}$ x 8	2B	24,000
5 x 9	2C	33,500
5 $\frac{1}{2}$ x 10	2D	42,000
6 x 11	2E	52,500
6 $\frac{1}{2}$ x 12	2F	63,000
7 x 12	2G	76,000

Vertical load
1.5 x 63,000 =
94,500 lbs
42,857 kgs

Association of American Railroads
Manual of Standards and Recommended Practices

M-203

c. The vertical design load shall be taken as acting on the spring base (or its equivalent for test) and shall be 1.5 "C". The transverse load shall be taken as acting on the bolster guides, one half on each guide on a line located above the nominal center line through the two axles an amount equal to the journal diameter of the axle less 1½ in. and shall be 0.4 "C". The maximum combined unit stress in the design shall not exceed 16,800 lbs. per sq. in. for Grade B steel, and 26,250 lbs. per sq. in. for Grade C steel.

4. STATIC TESTS

a. Two specimens of each design shall be tested in a suitable static testing machine under the supervision of a representative of the Joint Subcommittee. The two specimens selected shall be good average product.

b. The side frames shall comply with static test requirements of Table II. The transverse and the vertical tests shall be made separately, but the same specimen may be used for both tests. In the case of separable journal boxes the boxes and parts shall be assembled and bolted into place for the vertical test only.

TABLE II
Static Tests

c. Basis for computing test loads:

	Loads in Pounds	
	Grade B and Grade C	
	Transverse	Vertical
Load for zero setting of instruments	5000	5000
Additional load for maximum deflection	0.60C	2.25C
Load for maximum permanent set	1.20C	4.50C
Elastic Limit, minimum		4.25C
Ultimate Load		12.50C

d. Values from Paragraph 4 c. as used in actual testing:

	4¼ x 8	5 x 9	5½ x 10	6 x 11	6½ x 12	7 x 12
Load 0.60C (Deflection) =	19,400	24,200	29,000	35,000	41,000	48,000
1.20C (Set) =	28,880	38,400	48,000	60,000	72,000	86,400
2.25C (Deflection) =	59,000	77,000	95,000	117,500	140,000	167,000
4.50C (Set) =	108,000	144,000	180,000	225,000	270,000	324,000
4.25C (Elastic Limit) =	102,000	136,000	170,000	212,500	255,000	306,000
12.50C (Ultimate) =	300,000	400,000	500,000	625,000	750,000	900,000

Test Requirements:

Wheel Base	Max. Transverse Deflection for a Load of 0.60C		Max. Transverse Permanent Set at a Load of 1.20C		Max. Vertical Deflection for a Load of 2.25C		Max. Vertical Permanent Set at a Load of 4.50C	
	Grade B	Grade C	Grade B	Grade C	Grade B	Grade C	Grade B	Grade C
5'-6"	.070"	.120"	.010"	.010"	.040"	.055"	.010"	.010"
5'-8"	.070	.120	.010	.010	.040	.055	.010	.010
5'-9"	.072	.124	.010	.010	.041	.057	.010	.010
5'-10"	.074	.127	.011	.011	.042	.058	.011	.011
5'-11"	.076	.131	.011	.011	.044	.060	.011	.011
6'-0"	.078	.135	.011	.011	.045	.062	.011	.011
6'-1"	.081	.138	.012	.012	.046	.063	.012	.012
6'-2"	.083	.142	.012	.012	.047	.065	.012	.012
6'-3"	.085	.146	.012	.012	.049	.067	.012	.012
6'-4"	.087	.150	.013	.013	.050	.069	.013	.013

4.25C Minimum Elastic Limit

12.50C Minimum Ultimate Load

e. The deflection measuring instruments shall be located midway between supports of specimen and shall be set at zero under an initial load of 5000 lbs. In the vertical test only, a load of 20,000 lbs. shall be applied to the side frame and then released to 5000 lbs. for the zero setting of instruments.

f. The elastic limit shall be determined by the Johnson fifty per cent method. This may be defined as the point on the stress strain diagram at which the rate of deformation is 50 per cent greater than the initial rate of deformation.

5. LOADING DIAGRAMS FOR STATIC TESTS

Figure I shows the method for transverse test loading. Figure II shows the method for vertical test loading. Figure III shows the location of knife edges in the vertical tests for various spring groupings.

6. DYNAMIC TESTS

a. For approval, four (4) representative side frames shall be submitted for dynamic testing on either the American Steel Foundries' machine at Granite City, Illinois, or the Dresser Transportation Equipment Division machine in Depew, New York, under the supervision of a representative of the AAR Car Construction Committee. Tests may be performed at other test facilities provided that facility is approved by the AAR and that specimens are tested in accordance with b., c. and d. following.

- b. The dynamic test requirements are given in Table III.

TABLE III

	Grade B	Grade C
Minimum loading each specimen before first critical crack is recorded	50,000	75,000
Average loadings for specimens tested shall exceed	100,000	125,000

Definition of a crack — Any break in the parent metal that has definite direction and a minimum length of $\frac{1}{4}$ inch. The crack must work under test when sprayed with mineral spirits or suitable fluid.

A crack is considered longitudinal and non-critical if it extends lengthwise of the member in which it is located.

Definitions of a critical crack:

1. Any crack in a general transverse direction of a member that progresses during the test.
 - a. For official recognition, a transverse crack must be at least $\frac{1}{4}$ inch in length and must show $\frac{1}{4}$ inch additional progress transversely.
 - b. A transverse crack shall be recorded as critical at that number of loadings when it has progressed $\frac{1}{4}$ inch after initial recognition.
 2. Any crack which, if discovered in service, would lead to condemnation of a side frame for service.
- c. Test specimens must have loads applied and cycled as shown in Table IV.

TABLE IV

Type Loading	Load Range (Pounds)			
	40 ton	50 ton	70 ton	100 ton
Vertical	0 to 78,000	0 to 100,000	0 to 125,000	0 to 150,000
Transverse	0 to	0 to	0 to	0 to
In & Out	10,500	13,000	16,500	19,500
Center Twist	0 to	0 to	0 to	0 to
Right & Left	6,800	8,500	10,650	12,600

- d. Manner of applying loads shall be as follows:

Vertical — To be applied as uniformly distributed load on the spring seat of the side frame.

Transverse — To be applied to the edges of the columns in approximately the same location that bolster contacts columns when truck is at static loaded condition. For each vertical loading there shall be one transverse loading alternating between inward and outward directions.

Center Twist — To be applied as a twisting moment in the center of the frame in a horizontal plane. For each two vertical loadings there will be a center twist load alternating clockwise and counterclockwise. Loads shown are applied to the end of a lever extending 39" from the center line of the frame to the center of the track.

Note: The number of cycles shown in Table III refers to vertical loads. The transverse and twist loads are additional and in the ratio shown above.

7. MARKING

All approved cast side frames shall be legibly marked as follows:

1. Coded Designs. Apply proper Code Number that fully identifies design, including material and heat treatment. Code Number system is shown in the A.A.R. Code For Designating Design Features For Side Frames And Truck Bolsters Having Built In Snubbing Devices-Single Shoe Brakes.
2. Non-Coded Designs. When Code Number is not applicable, apply identification number as follows:

Grade B steel: AAR-B- (identification number); for example AAR-B-400.

Grade C steel: AAR-C- (identification number); for example AAR-C-401. (Or AAR-C-QT-401). If properties of grade were obtained by quenching and tempering.)

b. The markings specified above, when properly applied by the manufacturer, will serve as a positive means of certifying that the design has been approved and, by reference to the 1948 and subsequent D.V. circular reports of the Car Construction Committee the exact date of approval can be ascertained.

c. The markings specified in Sections 7(a) (1) and 7(a) (2) are in addition to those required by A.A.R. Specifications M-201. Location of markings is specified in Section D, A.A.R. Manual.

d. The Code Number, when applicable as well as the Identification Number shall be shown on the manufacturer's detail drawing.

Association of American Railroads
Manual of Standards and Recommended Practices

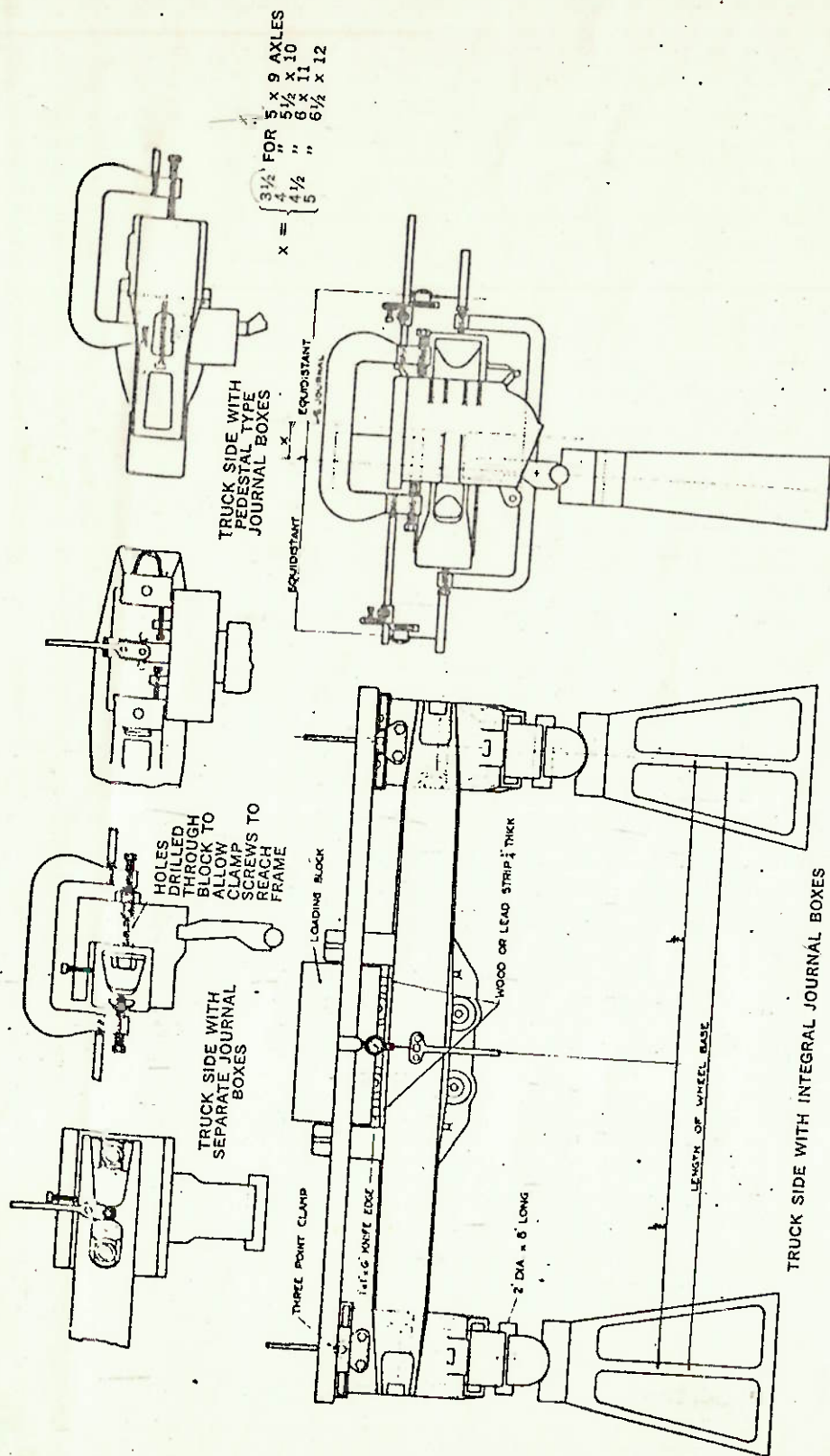
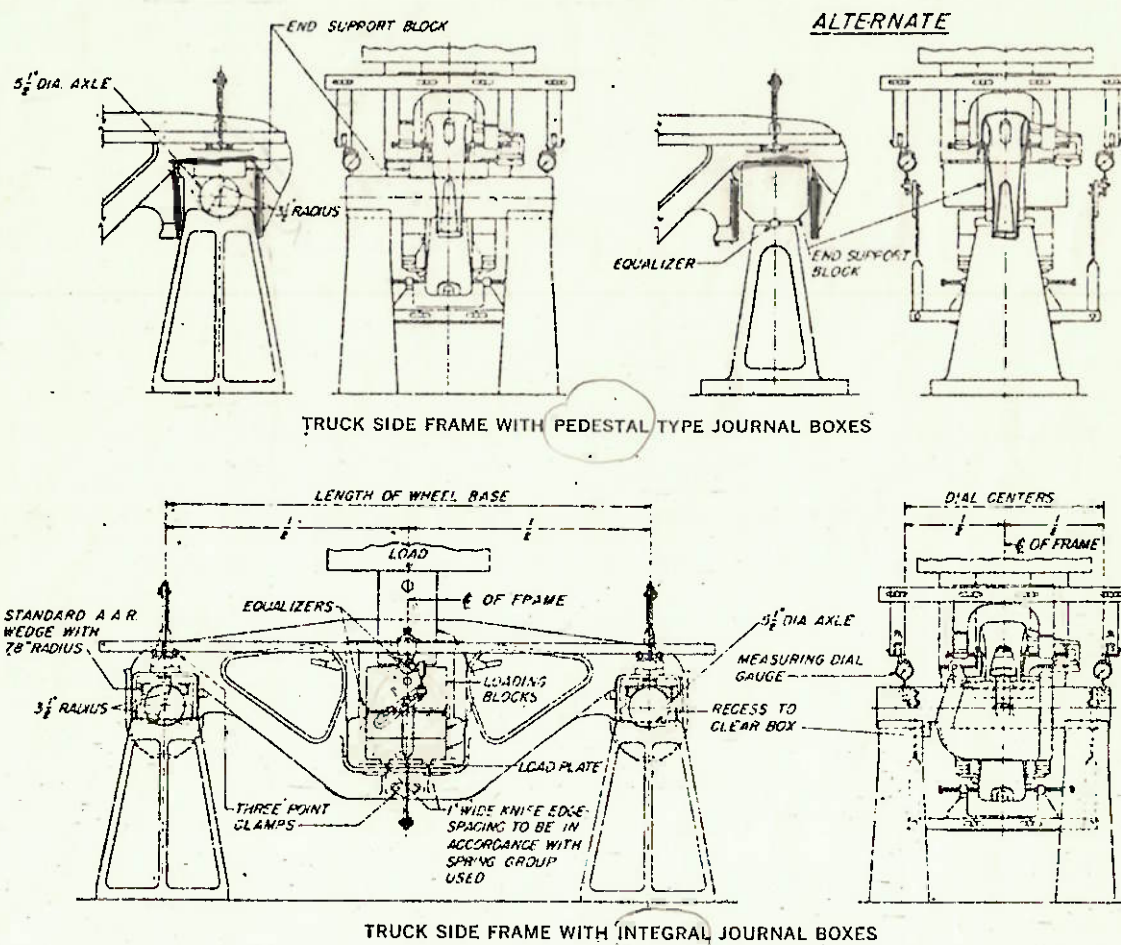


Figure I



NOTE:

SETUPS ARE TYPICAL; VARIATIONS ARE PERMITTED IN DESIGN OF APPARATUS, ALSO TO SUIT DESIGN OF SIDE FRAME, PROVIDED TEST RESULTS ARE NOT AFFECTED

Figure II

Association of American Railroads
Manual of Standards and Recommended Practices

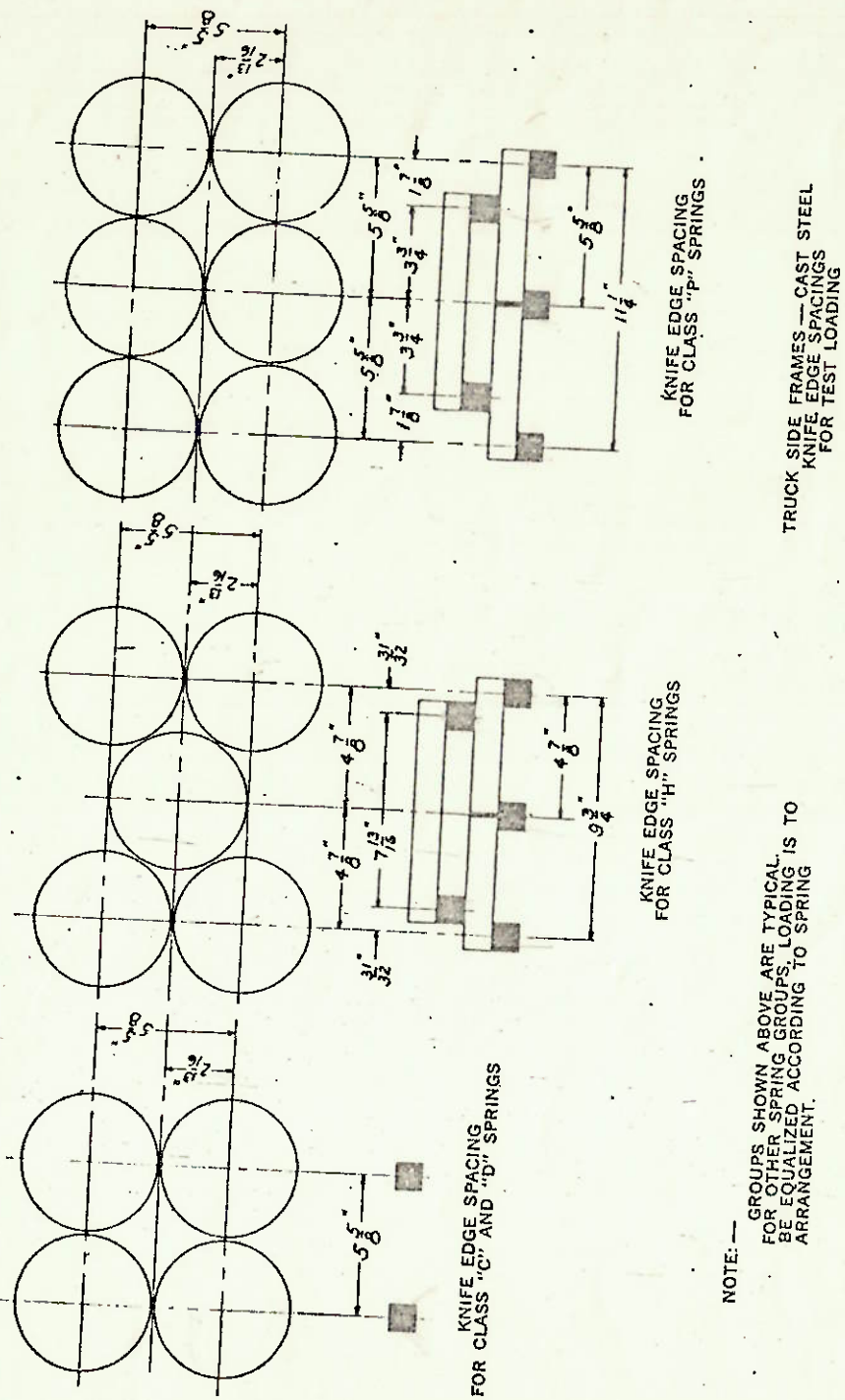


Figure III

APPENDIX A

REGULATIONS GOVERNING APPLICATIONS FOR APPROVAL OF SIDE FRAME DESIGNS UNDER LATEST ISSUE OF SPECIFICATIONS M-203

- I. Approval under this specification applies only to the foundry from which the approved side frames are produced, and if a manufacturer desires that more than one foundry be approved, each foundry must be approved independently.
- II.
 - a. A foundry which does not have a base pattern design approved by the AAR may have its facility inspected by a representative of the AAR when required by the Car Construction Committee. The inspection will be conducted by a person who is knowledgeable concerning foundry practices for side frames to determine that the facilities are satisfactory for manufacturing side frames. The cost will be borne by the manufacturer.
 - b. A foundry which has satisfactorily completed AAR approval tests on at least one but not more than nine different designs of side frames shall be considered a Conditionally Approved Foundry. A Conditionally Approved Foundry shall be considered conditionally approved for a period of three (3) years from the date of last frame design produced by said Foundry. Retesting at the end of the three (3) year period for an extension of an additional three (3) years may be accomplished by making and passing an official AAR approval test on either an existing approved design of side frame or a new design.
 - c. A foundry which has satisfactorily completed AAR approval tests on a minimum of ten different designs of side frames shall be considered an Approved Foundry. Once a Foundry is approved said Foundry is considered approved for a period of three (3) years from the date of last satisfactory AAR approval test on a side frame design produced by said Foundry. Retesting at the end of the three (3) year period for an extension of an additional three (3) years may be accomplished by satisfactorily completing an AAR approval test on either an existing approved design of side frame or a new design.
 - d. In the event a Foundry fails to maintain an approved status, the designs and castings previously produced will retain their AAR approval and identification number.
- III. All designs that have been approved and listed in A.A.R. Circular D.V.—1168 and subsequent annual reports of the Car Construction Committee are to be considered approved, but the Committee reserves the right to further select truck side frames from production for subsequent static and dynamic tests at no cost to the manufacturer aside from furnishing the test specimens.
- IV.
 - a. All base pattern designs not already approved shall be submitted to the A.A.R. Secretary of the Mechanical Division, for Committee approval or advice that official static and dynamic tests are required.
 - b. Approval of a design applies only to the Foundry for whom it is approved; it does not cover an identical or similar design made by another Foundry or the same design made of a different material by the same foundry.
 - c. Any manufacturer's design previously approved for one foundry may be approved for an Approved Foundry without further tests.
 - d. In the event a Foundry fails to maintain an approved status, the designs and castings previously produced will retain their AAR approval and identification number.

V. When a base pattern design has been approved, such approval will also apply to any issues of that pattern when any of the following changes are made.

1. Brake hanger bracket (location and type), or removal of brake hanger bracket.
2. Addition or removal of CRECO 4th point support bracket.
3. Addition or removal of tie rod bracket.
4. Addition or removal of UNIT brake beam guide bracket.
5. Addition or removal of brake beam safety ledges.
6. Addition or removal of journal box waste retaining ribs, or addition or removal of holes in side walls of journal boxes used for the application of journal stops.
7. Location, omission, or addition of spring or spring plank bosses, providing bending moment at center of frame spring seat is not increased.
8. Change in journal hinge lug design.
9. Addition or removal of pad for stamping truck number.
10. Columns altered to make any of the following variations in design, provided there is no increase in width of bolster opening at the bottom:
Conventional, Barber S-2, Ride Control, Double Truss Self-Aligning Spring Plankless, Double Truss with Spring Plank, Snub-Up, Cushion-Ride, Cardwell Stabilized, Basic and National C-1.
11. Modification in journal boxes to permit the use of solid cartridge type or roller bearing unit. The modification may consist of removing the walls of dust guard portion of the journal box or removing the lower portion of the brass stop lugs, or providing a 3" opening in the lower front face of the journal box. The modification may consist of any or all of the above alterations.
12. Change in design of journal box to provide a removable lower portion to facilitate wheel changes. This change permitted only if reinforcement is provided at the outer corner of journal box where it merges with the compression member.
13. Change in design of journal box for application of wear plate in the roof of box, providing the design metal thickness of roof of box is maintained between side walls of compression member.
14. Patterns previously approved for Grade B may be approved for Grade C if patterns are unchanged and new pattern number is assigned.

VI. a. Tests may be waived when the following conversions of approved designs are made, if the construction of the tension and compression members is kept identical:

1. Wide Pedestal Jaw to Narrow Pedestal Jaw.
2. Wide Pedestal Jaw to Integral Journal Box.
3. Narrow Pedestal Jaw to Integral Journal Box.

b. Tests may be waived when the strength and design requirements of the Wide Pedestal Jaw have been anticipated, and when the strength in the critical areas of the converted designs equals or exceeds the strength of the approved design. Under these conditions the following conversion of approved designs may be made:

1. Integral Journal Box to Narrow Pedestal Jaw.
2. Integral Journal Box to Wide Pedestal Jaw.

3. Narrow Pedestal Jaw to Wide Pedestal Jaw.

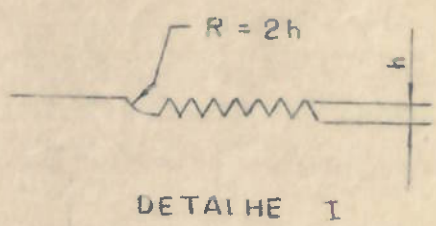
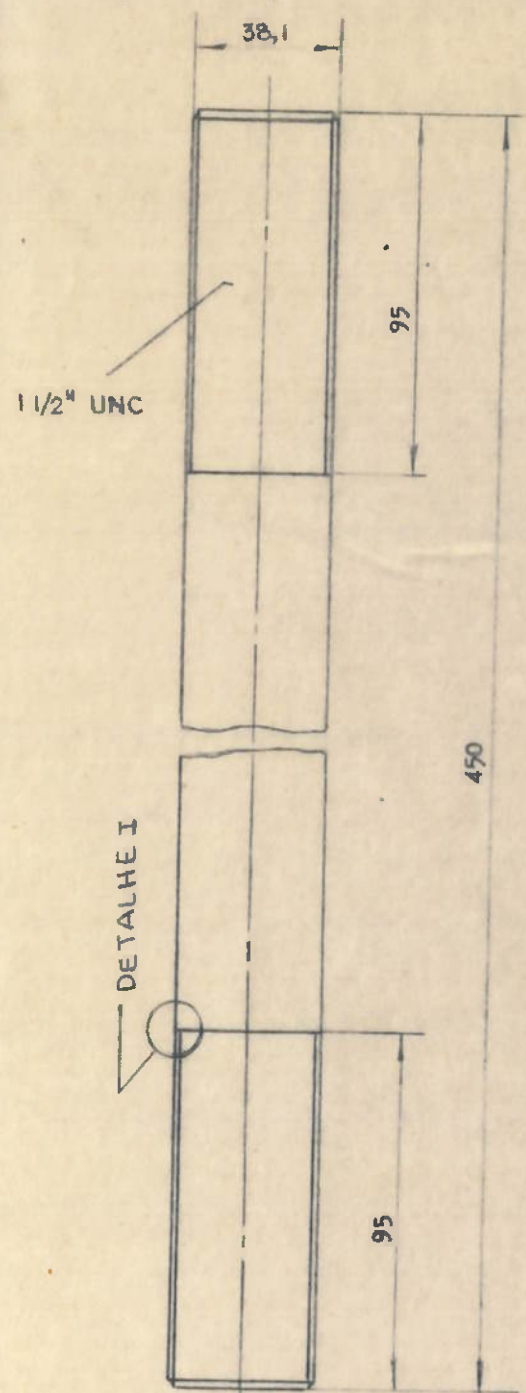
c. Tests may be waived when the strength and design requirements of the Narrow Pedestal Jaw have been anticipated, and when the strength in the critical areas of the converted design equals or exceeds the strength of the approved design. Under these conditions the following conversion of approved designs may be made:

1. Integral Journal Box to Narrow Pedestal Jaw.

d. Request for approval must be made in accordance with requirement of Section 1 — Scope. Paragraph (d).

VII. Test Specimens. All test specimens presented for both static and dynamic testing shall be produced by the manufacturer's normal production methods and be representative of the manufacturer's average commercial product. The test specimens shall not be given any special preparation not given to all side frames in the course of regular production.

If the representative of the Committee rejects the test specimens due to apparent special preparation, he shall so inform the manufacturer. At the manufacturer's request and expense, an inspection of similar products ready for shipment will be made by such representative or by the Committee prior to testing to determine if the specimens presented for test are representative of the manufacturer's regular production. The Joint Subcommittee shall make the final decision in case of appeal.



Obs:
TRAT. TÉRMICO RC 35 → 40

2	PORCAS	8	Ø 1 1/2"	
1	TIRANTE	2	SAE 1045 Ø 38,1 x 450 mm	
ITEM	DENOMINAÇÕES	QUANT.	MATERIAL E DIMENSÕES	

DATA	RUBRICA	RESPONSÁVEL	IPT INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS	
DES	02.10.83	<i>[Signature]</i>		
CALC				
VER	05.10.83	<i>[Signature]</i>		
			CREA Nº	DESENVOLVIMENTO FERROVIÁRIO

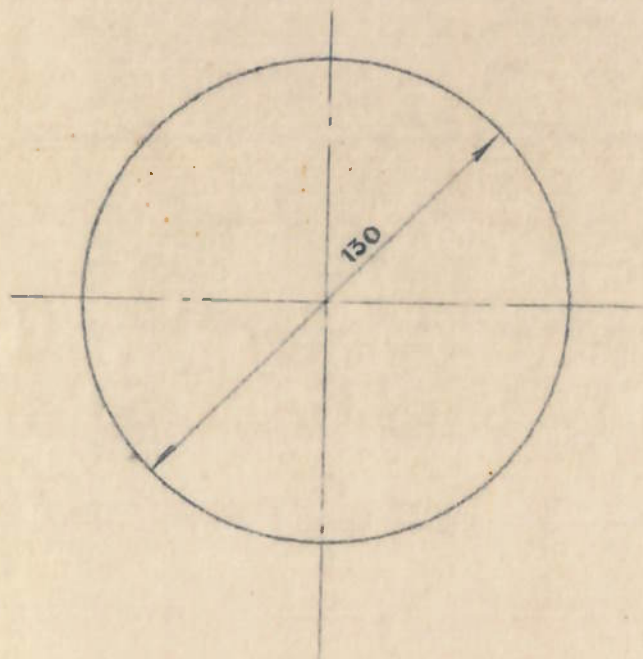
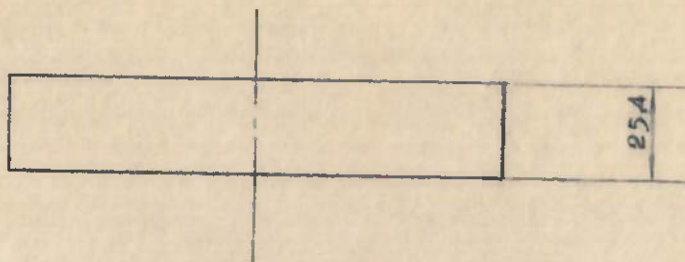
PROJETO ENSAIO DE TRAVESSA E LATERAL		Nº DO PROJETO 2 170 012
REVISÃO	TÍTULO TIRANTE	CLIENTE S/A MATILDE
ESCALA 1 : 2		DESENHO Nº 2 170.01.10.052.3

Nº

DATA

HISTÓRICO DE REVISÕES

RUBRICA



1	CHAPA			5	SAE 1020 CH 1" x Ø 130 mm
ITEM	DENOMINAÇÕES			QUANT.	MATERIAL E DIMENSÕES
	DATA	RUBRICA	RESPONSÁVEL	IPT INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DESENVOLVIMENTO FERROVIÁRIO	
DES	28.09.82	YOSHIMI			
CALC					
VER	01.10.83	Y	CREA Nº		
PROJETO				Nº DO PROJETO	
ENSAIO DE TRAVESSA E LATERAL				2 170 012	
REVISÃO	TÍTULO			CLIENTE	
	CALÇO P/ APLICAÇÃO DA CARGA VERTICAL			SANTA MATILDE	
ESCALA				DESENHO Nº	
1 : 2				2 170.01.10.052.4	

Nº

DATA

HISTÓRICO DE REVISÕES

RUBRICA

14,6

500500

1

BLOCO DE MADEIRA

1

PERUBA 14,6 x 500 x 300 mm

ITEM

DENOMINAÇÕES

QUANT.

MATERIAL E DIMENSÕES

DATA

RUBRICA

RESPONSÁVEL

DES

29.08.85

CALC

VER

5.10.85

279

CREA Nº

IPT

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS

DESENVOLVIMENTO FERROVIÁRIO

PROJETO

ENSAIO DE TRAVESSA E LATERAL

Nº DO PROJETO

2 170 012

REVISÃO

TÍTULO

CLIENTE

S^{ra} MATILDE

ESCALA

1 : 2,5

BLOCO DE MADEIRA

DESENHO Nº

2 170.01.10.052.5