

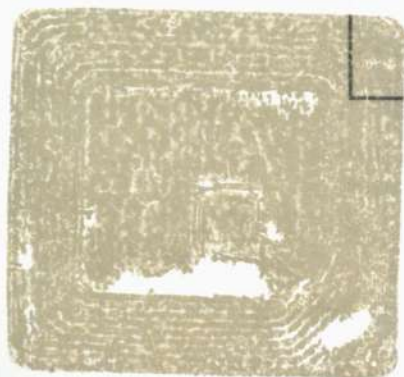
FÁBIO NERY BARRA

SEMIRREBOQUE BITREM TANQUE VERSÃO 3 EIXOS

Projeto apresentado a Faculdade
Redentor como parte dos
requisitos para a obtenção do
título de bacharel em
Engenharia Mecânica

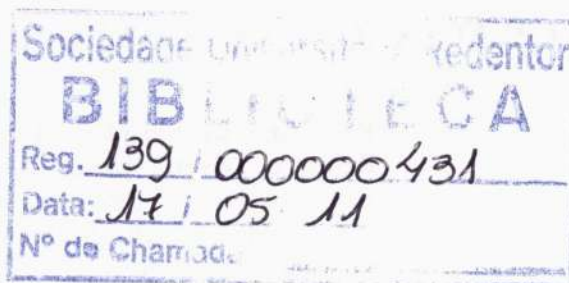
Orientador: Sérgio Souza Dias

Co-orientadora: Amanda Camerini Lima



Itaperuna

2010



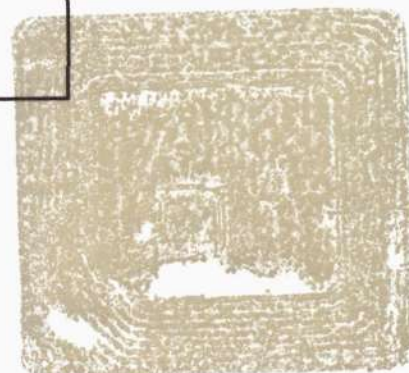
621

B268s Barra, Fábio Nery

Semirreboque Bitrem Tanque versão 3 eixos./ Fábio Nery
Barra. – Itaperuna: Faculdade Redentor, 2010.
57p. : il.

Orientador (a): Sérgio Souza Dias
Monografia apresentada à Faculdade Redentor como parte dos
requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia
Mecânica – Faculdade Redentor, 2010.
Referências: p. 55 - 57

1. Engenharia Mecânica – Monografia 2. Veículos de Carga
3. Reboque. I. Título



Autor: FÁBIO NERY BARRA

Título: SEMIRREBOQUE BITREM TANQUE VERSÃO 3 EIXOS

Natureza: Projeto Final

Objetivo: Título de Bacharel em Engenharia Mecânica

Instituição: Faculdade Redentor

Área de Concentração: Engenharia Mecânica com ênfase em Projetos Mecânicos

Aprovado em: 17/12/2010

Banca Examinadora



Prof. Sérgio Souza Dias

Engenheiro Civil, Mecânico e Metalúrgico - UFF

Orientador



Profª DSc. Amanda Camerini Lima

Doutora em Ciência e Engenharia de Materiais - UENF

Co-orientadora



Evaldo de Azevedo Moreira

Mestre em Engenharia de Produção

Universidade Estadual Norte Fluminense - UENF

Examinador

Dedicatória

Dedico esse Projeto aos meus pais, Marcos e Alcione, a minha avó M^a Aparecida, ao meu avô Fabio Nery (*in memoriam*), minha irmã Ivelise, a minha esposa Raquel, ao meu filho Rafael e a minha filha que está chegando Fernanda, pela força, apoio e incentivo que me deram nos momentos mais difíceis desta caminhada.

Agradecimentos

Agradeço primeiro a Deus, meus pais, minha irmã, meus avós, a todos meus parentes e amigos que sempre torceram por mim e principalmente a minha esposa e ao meu filho que muito se sacrificaram e me apoiaram todo o tempo.

Aos professores, pelos conhecimentos transmitidos e pelas dúvidas esclarecidas, deixando-me apto para o concorrido mercado de trabalho. Agradeço também ao coordenador Prof. Glênio Daniel e a todos da “família” Redentor.

A Lider Viaturas Equipamentos Industriais, empresa do Grupo Lider onde estagiei e aos funcionários que me receberam de braços abertos, pela oportunidade e confiança a mim depositada.

*“Não importa onde você parou...
Em que momento da vida você cansou...
O que importa é que sempre é possível recomeçar.
Recomeçar é dar uma nova chance a si mesmo...
É renovar as esperanças na vida e,
o mais importante...
Acreditar em você de novo.”*

Carlos Drummond de Andrade

RESUMO

O Brasil está passando por um crescimento em todos os setores, necessitando de um fluxo cada vez maior nos transportes. Esse projeto visa o dimensionamento de um semirreboque bitrem tanque versão 3 eixos para transporte de combustíveis bem como sua capacidade volumétrica, tara dos semirreboques, distribuição de carga nos eixos, enfim, dados essenciais para sua fabricação. Com isso aumenta-se o volume de carga transportada, diminuindo os impactos causados pelos implementos rodoviários nas estradas, redução do consumo de combustível, pneus e a emissão de poluentes.

Palavras-chaves: Tanque, bitrem, semirreboque.

ABSTRACT

Brazil is experiencing a growth in all sectors, requiring an ever increasing flow in transport. This project aims the design of a semi trailer 3 axle version Bi train tank for fuel transportation as well as its volumetric capacity, tare weight of semi-trailers, the axle load distribution, finally, the data needed for its manufacture. With that increases the cargo volume, reducing the negative impacts of road equipment on the roads, reducing fuel consumption, tires and exhaust emission.

Key words: Tank, bi train, semi trailer.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Detalhe da longarina reduzida para receber a 5ª roda	23
Figura 2: Anel do costado (tanque).....	24
Figura 3: Feixe de molas	25
Figura 4: Eixo tubular	25
Figura 5: Válvulas e condutores plásticos	26
Figura 6: Lonas de freio	27
Figura 7: Roda para pneu sem câmara	28
Figura 8: Pneu sem câmara	28
Figura 9: Pino rei flangeado	29
Figura 10: 5ª roda.....	29
Figura 11: Peso máximo legal permitido	30
Figura 12: Costado.....	31
Figura 13: Desconto de volume.....	32
Figura 14: Calota torisférica – ASME 10% (DIN28011).....	32
Figura 15: Posição da divisória do 1º semirreboque	33
Figura 16: Posição da divisória do 2º semirreboque	34
Figura 17: 2º Semirreboque.....	36
Figura 18: 1º Equipamento.....	37
Figura 19: Cavalo mecânico.....	38
Figura 20: Calota trisférica – ASME 10% (DIN28011).....	39
Figura 21: Costado (corpo do tanque).....	40
Figura 22: Empalme.....	41
Figura 23: Anel de reforço	42
Figura 24: Berço e complemento (escantilhão)	42
Figura 25: Escantilhão do berço	43
Figura 26: Tampa.....	44
Figura 27: Seta de aferição.....	44
Figura 28: Válvula portinhola.....	45
Figura 29: Válvula de fundo curva	45
Figura 30: Acionador das válvulas de fundo	46
Figura 31: Protetor da boca contra derrame	46
Figura 32: Aro da boca.....	47
Figura 33: Escoamento.....	47

Figura 34: Passarela de acesso às bocas de visita	48
Figura 35: Escada marinho de acesso à passarela.....	49
Figura 36: Santo Antônio	49
Figura 37: Chassis 1º semirreboque.....	51
Figura 38: Chassis 2º semirreboque.....	52

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Compatibilidade de algumas CVCs com limites de carregamento de pontes	20
Quadro 2 : Comparação de custos - carreta x bitrem	22
Quadro 3: Fatores relativos de deterioração de tráfego de caminhões	53

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

3S2A2S2: Cavalo mecânico de 3 eixos tracionando um semirreboque de 2 eixos ao qual está conectado a um segundo semirreboque de 2 eixos por intermédio de uma conexão tipo A – dole de 2 eixos (9 eixos no total).

3S3: Cavalo mecânico de 3 eixos tracionando um semirreboque de 3 eixos. (6 eixos no total).

3S3B3: Cavalo mecânico de 3 eixos tracionando um semirreboque de 3 eixos ao qual está conectado a um segundo semirreboque de 3 eixos por intermédio de uma conexão tipo B (9 eixos no total).

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas.

AISI: American Iron and Steel Institute

ASTM: American Society for Testing and Materials.

CVC: Composições de Veículo de Carga.

DECOPE: Departamento de Custos Operacionais e Estudos Econômicos da NTC.

DER: Departamento de Estradas de Rodagem.

DER-SP: Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo.

DIN: Deutsches Institut für Normung.

NTC: Associação Nacional do Transporte de Cargas e Logística.

PBT: Peso Bruto Total.

PBTC: Peso Bruto Total Combinado

SAE: Society of Automobile Engineers.

TB24: Classe de ponte na qual a base do sistema é um veículo-tipo de 240kN de peso total.

TB36: Classe de ponte na qual a base do sistema é um veículo-tipo de 360kN de peso total.

TB45: Classe de ponte na qual a base do sistema é um veículo-tipo de 450kN de peso total.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 JUSTIFICATIVA.....	18
1.2 OBJETIVOS	19
1.2.1 Objetivo geral.....	19
1.2.2 Objetivo específico.....	19
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	20
2.1 COMPATIBILIDADE DAS OBRAS DE ARTE.....	20
2.2 COMPARAÇÃO DE CUSTOS: CARRETA x BITREM.....	21
2.3 INFORMAÇÕES TÉCNICAS DO VEÍCULO	22
2.3.1 Descrição e Materiais Do Chassi.....	22
2.3.2 Material Construtivo Da Carroceria	23
2.3.3 DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE SUSPENSÃO	24
2.3.4 Descrição Do Sistema De Freios.....	25
2.3.4.1 Materiais de composição do conjunto de freios	26
2.3.4.2 Material Construtivo Das Rodas	27
2.3.4.3 Dimensões das rodas e pneus	28
2.3.5 Material construtivo do pino rei	28
2.3.6 Material construtivo da 5ª roda	29
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	29
3.1.1 Cálculo da capacidade volumétrica	30
3.1.2 Semirreboque bitrem tanque versão 3 eixos – cada semirreboque.....	31
3.1.2.1 Cálculo do volume do costado	31
3.1.2.2 Cálculo do volume dos tampos.....	32
3.1.2.3 Total do volume.....	33
3.1.3 Cálculo do volume 1º semirreboque.....	33
3.1.3.1 Cálculo do volume 1º compartimento.....	33
3.1.3.2 Cálculo do volume 2º compartimento.....	33

3.1.4 Cálculo do volume 2º semirreboque.....	34
3.1.4.1 Cálculo do volume 1º compartimento.....	34
3.1.4.2 Cálculo do volume 2º compartimento.....	34
3.1.4.3 Cálculo do volume 3º compartimento.....	35
3.2 CÁLCULO DE ESFORÇO DO PINO REI.....	35
3.2.1 Cálculo do 1º semirreboque	36
3.2.2 Cálculo do 2º semirreboque.....	36
3.3 CÁLCULO DA DISTRIBUIÇÃO DE CARGA.....	36
3.3.1 Semirreboque traseiro – 2º equipamento	36
3.3.2 Semirreboque dianteiro – 1º equipamento	37
3.3.3 Caminhão trator (cavalo mecânico).....	38
3.4.2 Cálculo do costado	40
3.4.3 Cálculo das cintas (empalmes).....	41
A figura 22 mostra o detalhe do empalme.....	41
3.4.4 Cálculo do anel de reforço	41
3.4.5 Cálculo do berço.....	42
3.4.6 Cálculo do complemento (escantilhão) do berço	43
3.4.7 Tampa de visita	43
3.4.8 Seta de aferição	44
3.4.9 Válvula portinhola 4”	44
3.4.10 Válvula de fundo	45
3.4.11 Acionador.....	46
3.4.12 Cálculo do protetor da boca	46
3.4.13 Cálculo do aro da boca.....	47
3.4.14 Cálculo do tubo de escoamento.....	47
3.4.15 Cálculo da passarela	48
3.4.16 Cálculo da escada tipo marinha.....	48
3.4.17 Cálculo do Santo Antônio de proteção	49

3.4.18 Tara da caixa de carga 1º semirreboque.....	50
3.4.19 Tara da caixa de carga 2º semirreboque.....	50
4 FATORES RELATIVOS DE DETERIORAÇÃO DE TRÁFEGO DE CAMINHÕES	53
5 CONCLUSÕES	54
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55

1 INTRODUÇÃO

O mercado de transportes no Brasil começou a crescer quando o então Presidente da República Juscelino Kubitschek trouxe as montadoras estrangeiras de veículos para o Brasil, com isso a malha rodoviária brasileira aumentou muito, despertando assim o interesse de algumas transportadoras e como consequência o surgimento de empresas de implementos rodoviários, ou seja, fabricantes de carretas para o transporte rodoviário.

O ramo dos transportes estava crescendo cada vez mais e os fabricantes foram obrigados a acompanhar esse mercado tão promissor, ou seja, os caminhões precisavam de uma capacidade de carga útil cada vez maior. Do simples caminhão de dois eixos passou para o de três (truck) e surgiram os semirreboques; definição de semirreboque: reboque sem eixo dianteiro, que se apóia, em parte, sobre o veículo trator, transmitindo-lhe uma fração considerável do seu peso e carga (fonte: dicionário da língua portuguesa-infopedia.pt). Semi-reboques de um, dois e três eixos, com três eixos espaçados e os bitrens.

Os conjuntos bitrens tem algumas vantagens em relação aos semirreboques de 3 eixos, entre elas, destacam-se:

- uma melhor distribuição de carga, resultando em menores danos ao pavimento;
- redução dos caminhões no trânsito com consequente diminuição do desgaste da malha rodoviária, do número de acidentes e emissões de poluentes;
- menor desgaste dos pneus, por distribuir a carga de forma mais equilibrada e;
- menor custo por tonelada transportada.

Por estas e outras razões que os bitrens são os implementos rodoviários de maior preferência para a maioria das empresas de transportes.

Daniel Rech, "Algumas empresas e associações de pequenos e médios empresários, na busca de melhores resultados, estão começando a trabalhar quase que exclusivamente com composições de veículos de carga – CVC's, particularmente, bitrens eletrônicos, com maior capacidade de carga, maior potência, motores mais duráveis e menor consumo de combustível".

Esse trabalho visa o projeto de dimensionamento de um semirreboque bitrem tanque de três eixos para o transporte de combustíveis: gasolina, álcool e óleo diesel, com capacidade de carga útil de 48 toneladas, volume de 60m^3 divididos em 5 compartimentos, 2 de 15m^3 e 3 de 10m^3 , comprimento de aproximadamente 28 metros e um peso bruto total combinado (PBTC) de 74 toneladas, um aumento de aproximadamente trinta e três por cento de carga transportada se comparado com um bitrem convencional de dois eixos.

1.1 JUSTIFICATIVA

O Brasil está passando por um grande crescimento, não só na área dos transportes, mas em sua economia como um todo. Tendo em vista esse crescimento, os veículos de carga estão sempre necessitando de um aumento de sua carga útil em prol da redução do custo operacional.

Justamente da necessidade desse aumento da carga transportada é que surgiram os semirreboques bitrens: composição de duas unidades semi-reboques de dois eixos cada e um cavalo mecânico (caminhão trator), mas ainda assim não é suficiente, pois o transporte rodoviário no Brasil responde por 65% do total de cargas transportadas.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo geral desse projeto é aumentar a carga útil transportada, a fim de diminuir o consumo de combustível por tonelada, a poluição que a cada dia nos preocupa e a conservação da malha rodoviária. Já que o bitrem distribui melhor a carga, em consequência tem um menor gasto de pneus, reduzindo o custo do frete por tonelada transportada.

1.2.2 Objetivo específico

1) Dimensionar um semirreboque bitrem tanque de três eixos para o transporte de combustível.

2) Aumentar a capacidade de carga com a inserção de um terceiro eixo em cada equipamento do bitrem convencional, passando de sete para nove eixos o conjunto, ampliando a carga útil em aproximadamente 12 toneladas. Baixar o custo operacional dos transportadores, ou seja, mais carga transportada por km rodado. Assim haverá preservação das estradas.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 COMPATIBILIDADE DAS OBRAS DE ARTE

“A compatibilidade de tráfego de CVCs com as obras de arte da malha viária nacional é um assunto extenso e complexo e foi objeto de vários projetos de empresas de consultoria para pontes ou conjuntos de pontes isolados e no passado recente de um extenso estudo para o DER-SP por um grupo de pesquisa da USP- São Carlos (DERSP2001). A apresentação de resultados desse estudo foge ao escopo desse trabalho mas as conclusões mais importantes para uma avaliação macroscópica do problema são apresentadas no quadro 1”.

Tipo de CVC	Classificação da Ponte		
	TB45	TB36	TB24
3S2A2S2 de 20m 74t	não recomendado	não recomendado	não recomendado
3S2A2S2 de 25m 74t	recomendado	recomendado	não recomendado
3S3B3 de 25m 74t	recomendado	recomendado	não recomendado
3S3 de 14m 48,5t	recomendado	não recomendado	não recomendado

Quadro 1: Compatibilidade de algumas CVCs com limites de carregamento de pontes vãos críticos de 20 e 30 m; estimativas para diversos sistemas estruturais. (DER-SP)

“Conclui-se que a compatibilidade com as cargas limites das pontes é um problema de carga por comprimento linear da CVC, ou seja, que maiores PBTC deverão estar associados a maiores comprimentos de veículos de modo a reduzir o nível de fadiga imposto às estruturas. Os estudo que deram origem à tabela 2

mostram que a CVC do tipo 3S2B2 (Bitrem de 7 eixos) 19,8 m de comprimento é representativa de um limite mínimo de comprimento para CVCs com cerca de 60 t de PBTC nas pontes do tipo TB36 e que CVCs mais pesadas, do tipo 3S3B3 (Bitrem de 9 eixos), deverão, necessariamente, ter mais de 20 m de comprimento. O limite mínimo de comprimento para uma CVC de 74t compatível com os limites de carga das pontes TB36 é da ordem de 25 m. Os resultados da pesquisa mostram também que CVCs de uma unidade rebocada, 3S3 basculantes curtos de 13 a 14m e PBTC de mais de 45t, que via de regra transportam cargas de elevado peso específico, podem ser tão ou mais danosos às estruturas das obras de arte do que CVCs mais longas com duas unidades rebocadas”.

2.2 COMPARAÇÃO DE CUSTOS: CARRETA x BITREM

O quadro 2 abaixo mostra uma relação custo/benefício de uma carreta em comparação ao bitrem.

Comparação dos resultados (R\$/tonelada)			
Percurso (km)	Carreta	Bitrem	Redução (%)
50	12,27	11,73	4,38
500	47,95	41,50	13,45
1.000	87,6	74,58	14,86
2.000	166,89	140,74	15,67
3.000	246,18	206,90	15,96
4.000	325,47	273,06	16,10
5.000	404,77	339,22	16,19
6.000	484,06	405,38	16,25

Quadro 2. Relação custo benefício de uma carreta em comparação com um bitrem.(DECOPE)

“nas curtas distâncias, a redução de custos é discreta (4,38%). No entanto, para percursos superiores a 1.000 km esta redução varia de 14,88% até 16,25%”, *Neuto Gonçalves dos Reis* e mestre em Engenharia de Transportes e Chefe do DECOPE – Departamento de Custos Operacionais e Estudos Econômicos da NTC.

2.3 INFORMAÇÕES TÉCNICAS DO VEÍCULO

2.3.1 Descrição e Materiais Do Chassi

Os semirreboques bitrem tanque, utilizam chassi tipo auto portante com longarinas fabricados em perfis soldados tipo “I” e travessas tipo escada e reforços estruturais. Material utilizado é o aço carbono SAE 1020.

Os semirreboques bitrem tanque apresentam estrutura construída para ser tracionado por cavalo mecânico 6 x 4 (traçado) e arrastar na sua traseira outro semirreboque tanque.

A longarina do chassi tem sua seção transversal reduzida na traseira, para receber a quinta roda para acoplamento do bitrem tanque, segundo equipamento.

A figura 1 mostra a redução da seção transversal da longarina.

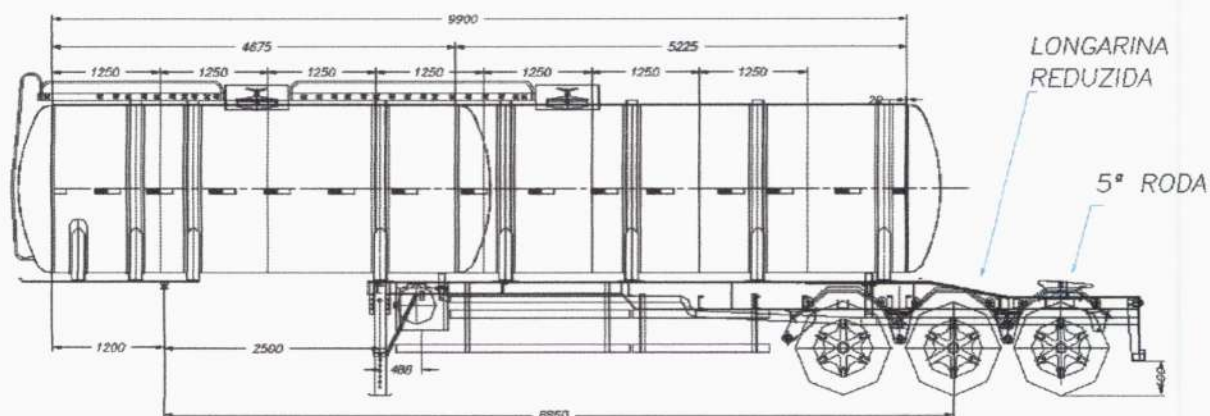


Figura 1: Detalhe da longarina reduzida para receber a quinta roda. (Arquivo pessoal).

A quinta roda instalada no bitrem tanque, primeiro semirreboque é posicionada na traseira, travada por parafuso de aço classe 8.8 e calçada por batentes de chapa soldados na base (aba superior do chassi) para evitar possíveis deslocamentos, provocando o cisalhamento dos parafusos.

Entre a mesa de pino rei e o suporte do pé de apoio não apresentam perfil de longarina do chassi, ficando somente o cilindro do tanque como estrutura do equipamento nesta seção.

O compartimento de carga tem sua estrutura robusta fabricada com aço inox AISI 304 e anéis de reforços dimensionados e posicionados para transferir esforços dos apoios da mesa de pino rei e chassi que prolongue até a suspensão montada atrás do tanque.

A mesa de pino rei é montada sob perfil de chassi menor, unidos aos dois primeiros berços da carroceria (tanque) com travessas internas soldadas na mesa e montada no chassi menor também por meio de soldagem. O pino rei é flangeado, tipo removível e fixado por parafusos de aço classe 8.8.

2.3.2 Material Construtivo Da Carroceria

Todos os semirreboques bitrem tanque são confeccionados com materiais que atendem as exigências das Normas para o transporte dos produtos denominados cargas

líquidas, de acordo com as Normas Técnicas Nacionais e Internacionais RTQ 7c (Regulamento Técnico da Qualidade 7-construção).

A caixa de carga dos semirreboques bitrem tanque são confeccionados em chapas de aço inoxidável AISI 304. Os tanques possuem seção transversal cilíndrica e tem os tampos torisféricos conformados segundo Norma ASME 10%.

O corpo dos tanques são montados em módulos de anéis, desenvolvidos e calculados para a capacidade pré-definida, conformados em calandra e unidos por solda elétrica.

A figura 2 mostra um anel do corpo do tanque.



Figura 2: Anel do costado tanque. (Arquivo pessoal).

2.3.3 DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE SUSPENSÃO

A suspensão dos semirreboques bitrem tanque diferencia-se pela capacidade de carga aplicada nos eixos distribuindo as cargas na quinta roda do cavalo mecânico e suspensão traseira do semirreboque dianteiro e distribuição de carga na quinta roda sobre a traseira do primeiro e a suspensão traseira do semirreboque traseiro.

A suspensão dos semirreboques bitrem tanque primeiro e segundo é do tipo feixe de molas e composta de suportes dianteiro, traseiro e central com balancins. Os materiais dos suportes da suspensão é fabricado em chapas de aço SAE-1020. Os feixes são compostos de

10 lâminas de aço mola, de material ABNT 5160, conforme NBR-5588, apresentando dureza HBD 2,85 ~ 3,00.

A figura 3 mostra o conjunto de lâminas formando o feixe de molas.



Figura 3: Feixe de molas. (Molas Hoesch)

Conjunto eixo tubular redondo Ø127 sem solda, usinado, soldado em dispositivos de solda de modo a garantir a estabilidade dimensional do conjunto.

Viga: tubo de aço forjado especial sem costura, com parede de 15mm, onde são soldados os flanges do freio tipo master e posteriormente usinados concomitantemente com a ponta de eixo formando o conjunto viga para que possamos garantir 100% o paralelismo e a eficiência do freio.

O material da viga de eixo é aço FB 70, conforme norma DIN 2391, sem solda, de modo a garantir a estabilidade dimensional do conjunto.

Os cubos de rodas são do tipo rodagem a disco. O material usado na fabricação dos cubos é o ferro fundido nodular especificação D-4512, fundido e usinado.

A figura 4 mostra o conjunto eixo.

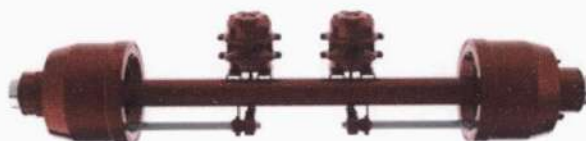


Figura 4: Eixo tubular. (MM eixos)

2.3.4 Descrição Do Sistema De Freios

O sistema de freios é dotado de linhas de serviço e de emergência, incluindo reservatório de ar com capacidade para 117 litros, válvula relê de emergência e três válvulas de descarga rápida. Estes elementos compõem a distribuição de ar, em conjunto com engates

compatíveis com a do veículo trator que transferem o ar através de condutores plásticos de nylon, mangotes flexíveis de borracha com trama de lona de alta resistência e conjunto de freios de $\varnothing 16.1/2'' \times \varnothing 7''$ e $\varnothing 16.1/2'' \times 8''$.

O conjunto de distribuição de ar em forma de kits é composto dos engates de emergência e serviço, válvulas de desfrenagem, válvula relê RE-4-3S, válvula de acionamento, manifold de distribuição, válvula de dupla retenção M16 x 1,5, filtro de ar, válvula 2/2 vias e válvulas de descarga rápida. Os materiais de fabricação desses componentes são em ligas de alumínio fundido.

A figura 5 mostra os mangotes flexíveis, terminais e válvulas do sistema de freios.



Figura 5: Válvulas e condutores plásticos. (Freios Master)

2.3.4.1 Materiais de composição do conjunto de freios

Os Suportes são fabricados em ferro fundido nodular D4512 e o tubo em aço sem costura ASTM A-106 GRB. Suportes da câmara em aço SAE 1008/10. Buchas de Nylon em technil A216 Y 10 com bissulfeto de molibdênio. Eixos expansores tipo “S” em aço SAE-1045 com o “S” forjado e estriado na outra extremidade.

Composição química das Buchas de Bronze: Cu - 60 a 63%, Pb - 0,8 a 2,0%, Zn restante.

Pinos da Sapata em aço SAE 1020.

Sapatas de Freio (meia lua) em aço ASTM-A36.

Lona de Freio ED 22 Lonaflex.

Rebites em aço SAE 1008/10 recozido latonado.

Roletes da Sapata em aço SAE 1020.

Mola de Retorno da Sapata em aço DIN 177223 Classe “C” enrolado a frio.

Alavanca de Freio (catraca) com Corpo D4512 em ferro fundido nodular, Coroa em aço SAE 1020 Cementado/Revenido e Sem Fim em aço 8620 Cementado/Revenido.

Anel Elástico em aço mola DIN 471.

Câmaras de Freio com Tampas em aço SAE 1008/10, Diafragma conforme ASTM D-2000 4AA 620 A13 B13 Z1 com tecido interno em poliamida 6,6.

Mola de Fixação da Sapata em aço DIN 177223 classe “C” enrolado a frio.

Guarda-pó em aço SAE 1008/10 estampado.

Diversos parafusos classe 8.8 em aço.

A figura 6 mostra as sapatas com as lonas de freio.



Figura 6: Lonas de freio. (Fras-le)

2.3.4.2 Material Construtivo Das Rodas

As rodas são fabricadas em aço carbono utilizando técnicas de estiramento a frio ou de repuxo/laminação a frio, considerado o mais avançado sistema de proteção superficial. As rodas são perfeitamente balanceadas e atendem às especificações internacionais recomendadas pela TRA, ETRTO, ABNT e ABPA.

A figura 7 mostra uma roda para semirreboque.



Figura 7: Roda para pneu sem câmara. (Roda Forte)

2.3.4.3 Dimensões das rodas e pneus

As dimensões das rodas são de 8,25" de tala e aro de 22,5" de diâmetro. Os pneus utilizados são de construção do tipo radial tubeless (sem câmara) com medidas 295/80 R-22,5.

A figura 8 mostra um pneu sem câmara.



Figura 8: Pneu sem câmara. (Pirelli)

2.3.5 Material construtivo do pino rei

Os Pinos reis flangeados de 2" são fabricado em aço forjado e temperado proporcionando menor desgaste e maior segurança, fixados com parafusos autotravantes conforme NBR 5548.

A figura 9 mostra o pino rei flangeado.



Figura 9: Pino rei flangeado. (Jost).

2.3.6 Material construtivo da 5ª roda

A quinta roda é a peça que faz a ligação do cavalo mecânico ao 1º semirreboque e do 1º semirreboque para o segundo semirreboque, fabricada em ferro fundido nodular, com coxins de borracha que neutralizam os choques e furação das sapatas conforme norma DIN 74081 e ISO 3842.

A figura 10 mostra uma quinta roda.



Figura 10: 5ª roda. (Jost).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O semirreboque bitrem tanque versão 3 eixos será construído em aço inox e aço carbono, sendo:

O tanque, as cintas, os anéis de reforços, tampos, quebra ondas, passarela e escada do semirreboque bitrem serão fabricados com aço inox AISI 304, austenítico contendo 18% de cromo (Cr) e 8% de níquel (Ni), material este escolhido por questões de possuir maior durabilidade, excelente resistência mecânica e para que não ocorra nenhuma contaminação no combustível transportado.

Chassis, berços, travessas, mesa de pino rei e suportes serão de aço carbono SAE1020 contendo 0,2% de carbono (C) e até 1% de manganês (Mn), escolhido por conciliar resistência mecânica, boa soldabilidade e alta tenacidade a um baixo custo.

O bitrem será mais longo em relação a um bitrem convencional de 2 eixos, comprimento extra capaz de permitir a inserção de mais um eixo em cada semirreboque, melhorando a distribuição de carga e possibilitando o aumento da capacidade de carga útil transportada.

3.1 CÁLCULOS

Os cálculos realizados serão de volume de cada compartimento do costado (tanque), dos tampos, de posição de divisórias, de esforço do pino rei e da distribuição de carga transmitida nos apoios (eixos e quintas rodas). Também serão realizados os cálculos de massa de cada componente, para que não ultrapasse o PBTC permitido por lei de 74 toneladas.

3.1.1 Cálculo da capacidade volumétrica

A figura 11 mostra o peso máximo permitido por lei para essa combinação.



Figura 11: Peso máximo legal permitido. (Boreal)

Peso bruto total combinado (PBTC) máxima do conjunto permitido por lei: 74 toneladas.

Cavalo mecânico + (tara + carga 1º semirreboque) + (tara + carga 2º semirreboque)

3.1.2 Semirreboque bitrem tanque versão 3 eixos – cada semirreboque

3.1.2.1 Cálculo do volume do costado

A figura 12 mostra o desenho do costado: corpo do tanque.

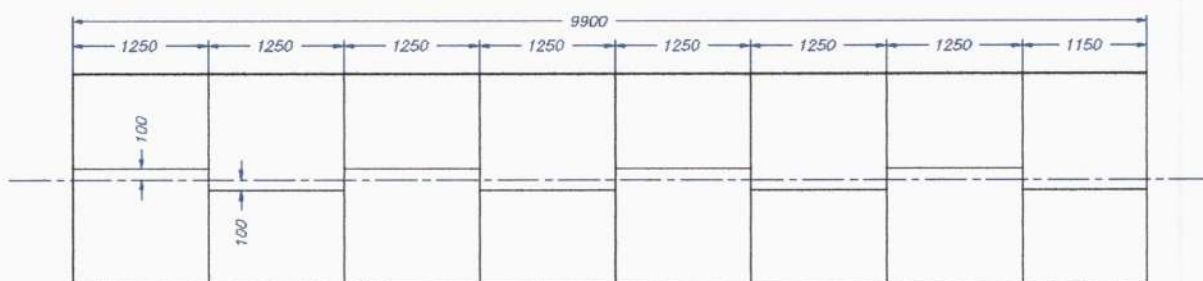


Figura 12: Costado. (Arquivo pessoal)

$$\varnothing = 1955 \text{ mm}$$

Comprimento do costado = 9900 mm

$$\frac{\varnothing^2}{4} \cdot \pi \cdot \text{comprimento}$$

$$\frac{1955^2 \cdot \pi \cdot (9900 - 40)}{4 \cdot 10^6} = 29.597,86 \text{ l}$$

Obs: desconto de 40 mm no costado, pois os tampos transpassam 20 mm de cada lado.

A figura 13 mostra o detalhe da parte do tampo que penetra na parte interna do costado.

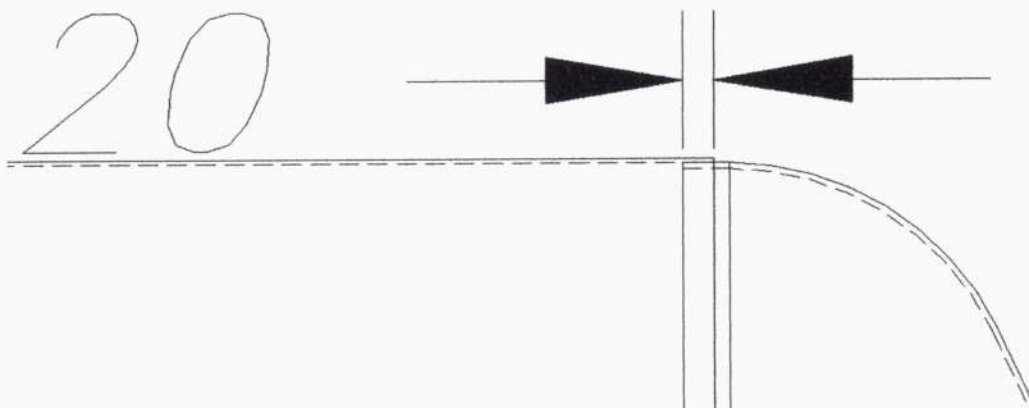


Figura 13: Desconto de volume. (Arquivo pessoal)

3.1.2.2 Cálculo do volume dos tampos

A figura 14 mostra o desenho do tampo torisférico.

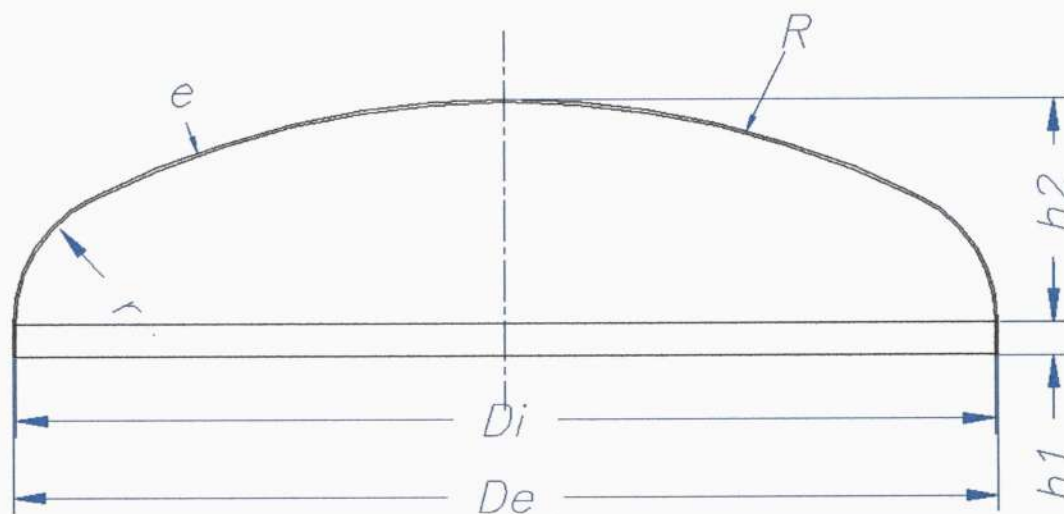


Figura 14: Calota torisférica – ASME 10% -DIN28011. (Arquivo pessoal)

$$\text{Tampos: } [(\emptyset - (2.e))^3] \cdot \frac{0,1}{10^6}$$

$$[(1955 - (2.3))^3] \cdot \frac{0,1}{10^6} = 740,35 \times 2 = 1480,70 \text{ l}$$

$$\text{Parte reta: } \frac{[(\emptyset - (2.e))^2] \cdot \pi \cdot 30}{4 \cdot 10^6} = 89,50 \times 2 = 179 \text{ l}$$

Obs: desconto de 2 vezes a espessura da chapa, uma vez que os tampos estão posicionados na parte interna do costado.

3.1.2.3 Total do volume

$$29.597,86 + 1.480,70 + 179 = 31.257.56 \text{ litros}$$

$$30.000 + 4\% = 31.200 \text{ litros}$$

Obs: "O espaço vazio deve corresponder a no mínimo a 2% da capacidade nominal",
Portaria Inmetro nº 137, de 22 de agosto de 2003.

$$\text{Volume total dos dois semirreboques} = 62.515,12 \text{ litros}$$

$$\text{Volume nominal dos dois semirreboques} = 60.000 \text{ litros (60 m}^3\text{)}$$

3.1.3 Cálculo do volume 1º semirreboque

A figura 15 mostra a posição da 1ª divisória.

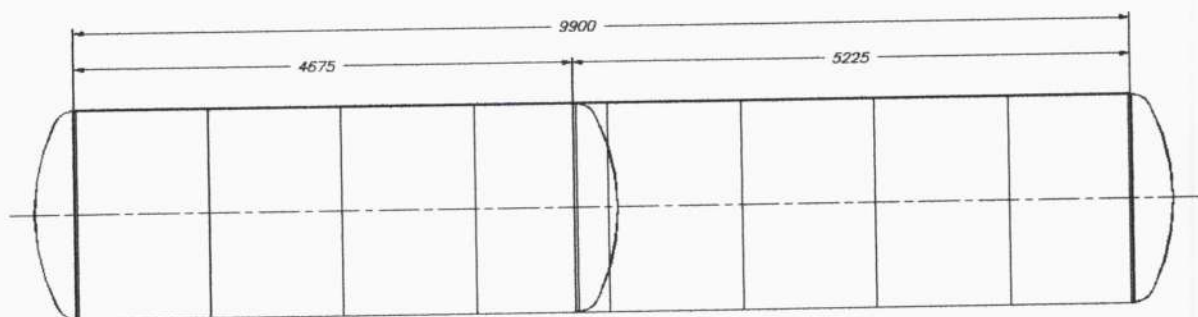


Figura 15: Posição da divisória do 1º semirreboque. (Arquivo pessoal)

3.1.3.1 Cálculo do volume 1º compartimento

$$\varnothing = 1955 \text{ mm}$$

$$\text{Comprimento do costado (posição da divisória)} = 4675 \text{ mm}$$

Costado

$$\frac{1955^2 \cdot \pi \cdot (4675 - 20)}{4 \cdot 10^6} = 13.973,43 \text{ l}$$

Costado + tampos + parte reta

$$13.973,43 + 1.480,70 + 179 = 15.633.13 \text{ litros}$$

$$15.000 + 4\% = 15.600 \text{ litros}]$$

3.1.3.2 Cálculo do volume 2º compartimento

$$\varnothing = 1955 \text{ mm}$$

Comprimento do costado (posição da divisória) = 5225 mm

Costado

$$\frac{1955^2 \cdot \pi \cdot (5225 - 20)}{4 \cdot 10^6} = 15.624,43 \text{ l}$$

Costado + 1 tampos - 1 tampo = 15.624,43 l

15.000 + 4% = 15.600 litros

Volume total do 1º semirreboque: 1º + 2º compartimento

15.633,13 + 15.624,43 = 31.257,56 litros

3.1.4 Cálculo do volume 2º semirreboque

A figura 16 mostra a posição da 2ª e 3ª divisórias.

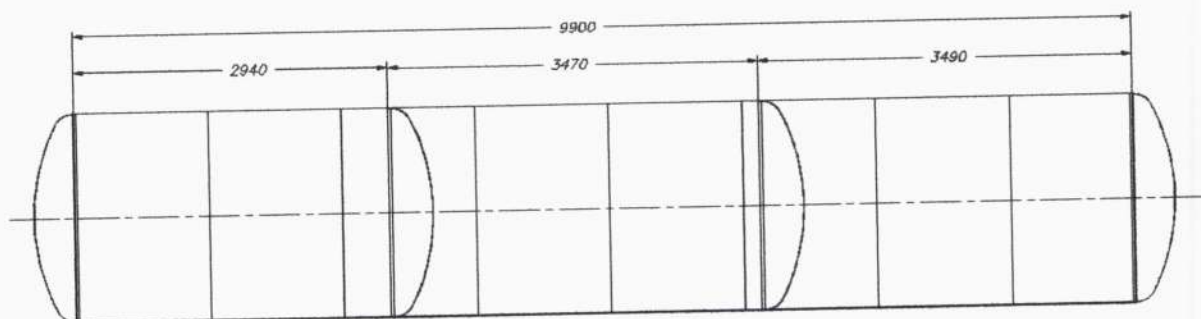


Figura 16: Posição da divisória do 2º semirreboque. (Arquivo pessoal)

3.1.4.1 Cálculo do volume 1º compartimento

$\varnothing = 1955 \text{ mm}$

Comprimento do costado (posição da divisória) = 2940 mm

Costado

$$\frac{1955^2 \cdot \pi \cdot (2940 - 20)}{4 \cdot 10^6} = 8.765,30 \text{ l}$$

Costado + tampos + parte reta

8.765,30 + 1.480,70 + 179 = 10.425 litros

10.000 + 4% = 10.400 litros]

3.1.4.2 Cálculo do volume 2º compartimento

$$\varnothing = 1955 \text{ mm}$$

Comprimento do costado (posição da divisória) = 3470 mm

Costado

$$\frac{1955^2 \cdot \pi \cdot 3470}{4 \cdot 10^6} = 10.416,28 \text{ l}$$

Costado + 1 tampos – 1 tampo = 10.416,28 litros

10.000 + 4% = 10.400 litros

3.1.4.3 Cálculo do volume 3º compartimento

$$\varnothing = 1955 \text{ mm}$$

Comprimento do costado (posição da divisória) = 3490 mm

Costado

$$\frac{1955^2 \cdot \pi \cdot (3490 - 20)}{4 \cdot 10^6} = 10.416,28 \text{ l}$$

Costado + 1 tampos – 1 tampo = 10.416,28 l

10.000 + 4% = 10.400 litros

Volume total do 2º semirreboque: 1º + 2º + 3º compartimento

10.425 + 10.416,28 + 10.416,28 = 31.257.56 litros

3.2 CÁLCULO DE ESFORÇO DO PINO REI

Conforme norma NBR NM-ISSO 8716:2000

Dados:

Massa total do 1º semirreboque = 32.550 kg

Massa total do 2º semirreboque = 32.100 kg

Carga vertical máxima cavalo mecânico = 14.649 kg

Cálculo do valor “D” quinta roda e pino rei

$$D = g \frac{0,6 \cdot \text{carga} \cdot \text{PBT}}{\text{carga} + \text{PBT} - \text{carga vertical } 5^{\text{a}} \text{ roda}}$$

3.2.1 Cálculo do 1º semirreboque

$$D = 9,81 \frac{0,6.24.32,55}{24+32,55-14,649} = 109,74 \text{ kN}$$

3.2.2 Cálculo do 2º semirreboque

$$D = 9,81 \frac{0,6.24.32,1}{24+32,1-14,649} = 109,40 \text{ kN}$$

Valor "D" pino rei de 2" : 162 kN

3.3 CÁLCULO DA DISTRIBUIÇÃO DE CARGA

3.3.1 Semirreboque traseiro – 2º equipamento

A figura 17 mostra o semirreboque 2º equipamento para o cálculo de distribuição de carga nos apoios.

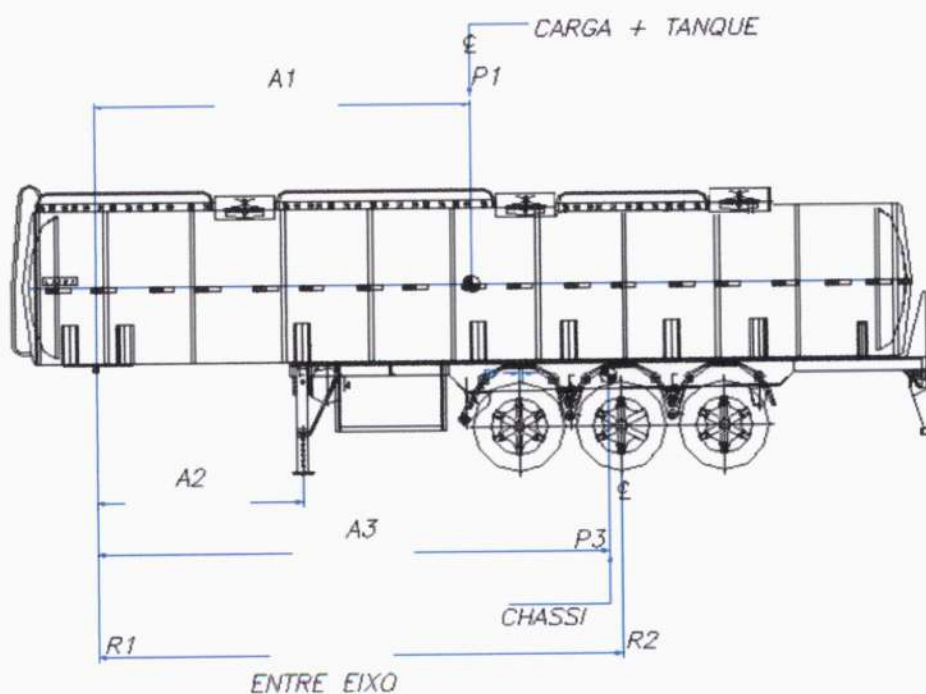


Figura 17: 2º Semirreboque (Arquivo pessoal)

$$P1 = \text{tanque} + \text{carga} = 2.742 + (30.000 \times 0,80) = 27.742 \text{ kg}$$

$$P2 = \text{pé mecânico} = 170 \text{ kg}$$

$P3 = \text{chassis} = 966 \text{ kg}$

$P4 = \text{porta estepe} = 180 \text{ kg}$

$\Sigma P = \text{soma das massas suspensas} = P1 + P2 + P3 + P4$

$\Sigma P = 26.742 + 170 + 966 + 180 = 28.058 \text{ kg}$

$MS = \text{massa da suspensão} = 3.600 \text{ kg}$

$R2 = \frac{(A1.P1) + (A2.P2) + (A3.P3)}{\text{entre eixo}} + MS$

$R2 = \frac{(4500 \times 26742) + (2500 \times 170) + (6212 \times 966)}{6411} + 3600$

$R2 = 23.373 \text{ kg}$

Carga máxima permitida para semirreboque de 3 eixos: 25.500 kg

$R1 = \Sigma P - (R2 - MS)$

$R1 = 28058 - (23373 - 3600)$

$R1 = 8.285 \text{ kg}$

3.3.2 Semirreboque dianteiro – 1º equipamento

A figura 18 mostra o semirreboque 1º equipamento para o cálculo de distribuição de carga nos apoios.

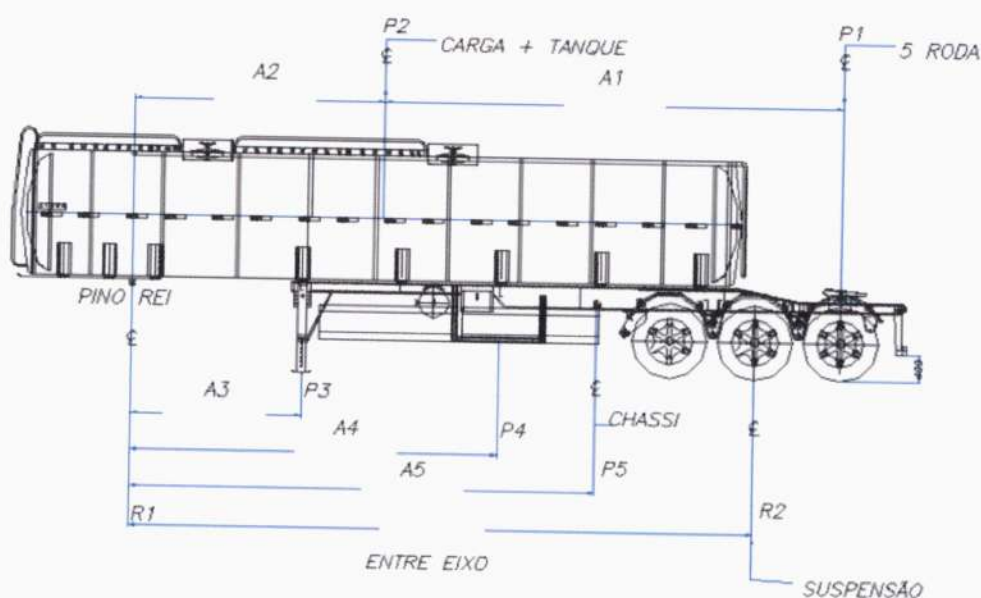


Figura 18: 1º equipamento. (Arquivo pessoal)

$P1 = \text{carga transferida para 5ª roda} = 8.285 \text{ kg}$

$$P2 = \text{tanque} + \text{carga} = 2.583,18 + (30.000 \times 0,80) = 26.583,18 \text{ kg}$$

$$P3 = \text{pé mecânico} = 170 \text{ kg}$$

$$P4 = \text{chassis} = 1.432 \text{ kg}$$

$$\Sigma P = \text{soma das massas suspensas} = P1 + P2 + P3 + P4$$

$$\Sigma P = 8.285 + 26.583,18 + 170 + 1.432 = 36.470,18 \text{ kg}$$

$$MS = \text{massa da suspensão} = 3.600 \text{ kg}$$

$$R2 = \frac{[(A1+A2).P1] + (A2.P2) + (A3.P3) + (A4 \times P4)}{\text{entre eixo}} + MS$$

$$R2 = \frac{[(6713+3659) \times 8285] + (3659 \times 26583,18) + (2500 \times 170) + (6818 \times 1432)}{8900} + 3600$$

$$R2 = 25.329 \text{ kg}$$

Carga máxima permitida para semirreboque de 3 eixos: 25.500 kg

$$R1 = \Sigma P - (R2 - MS)$$

$$R1 = 36470,18 - (25329 - 3600)$$

$$R1 = 14.741,18 \text{ kg}$$

3.3.3 Caminhão trator (cavalo mecânico)

A figura 19 mostra o cavalo mecânico para o cálculo de distribuição de carga nos apoios.

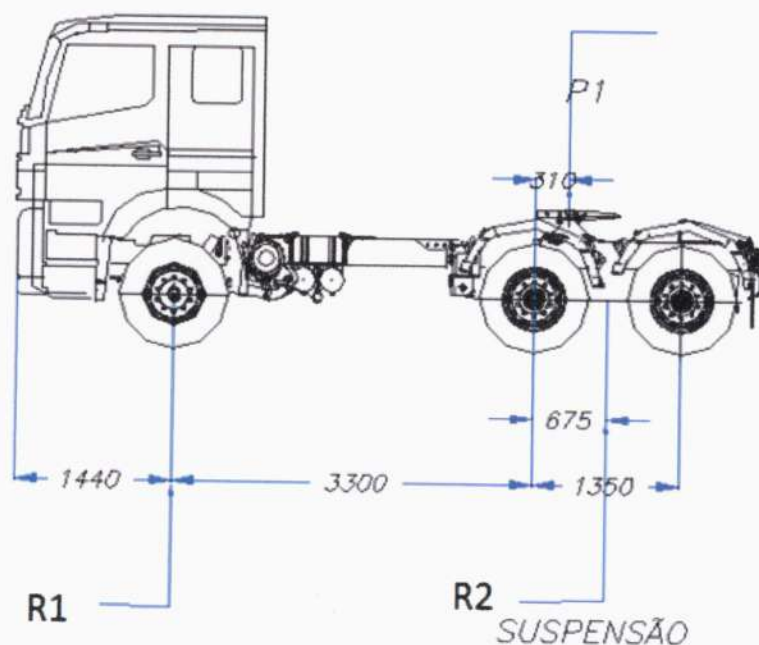


Figura 19: Cavalo mecânico (Arquivo pessoal)

$P1 = \text{carga transferida para } 5^{\text{a}} \text{ roda} = 14.741,18 \text{ kg}$

$Te1 = \text{tara do eixo dianteiro} = 4.947 \text{ kg}$

$Te2 = \text{tara do eixo traseiro} = 4.404 \text{ kg}$

$$R2 = \frac{A1 \times P1}{\text{entre eixo teórico}} + Te2$$

$$R2 = \frac{3610 \times 14741,18}{3300 + 675} + 4404 = 17.791,59 \text{ kg}$$

$$R1 = P1 - (R2 - Te2) + Te1$$

$$R1 = 14741 - (17791,59 - 4404) + 4947 = 6.300,41 \text{ kg}$$

3.4 CÁLCULO DA MASSA (TARA)

3.4.1 Cálculo dos tampos

A figura 20 mostra o tampo torisférico.

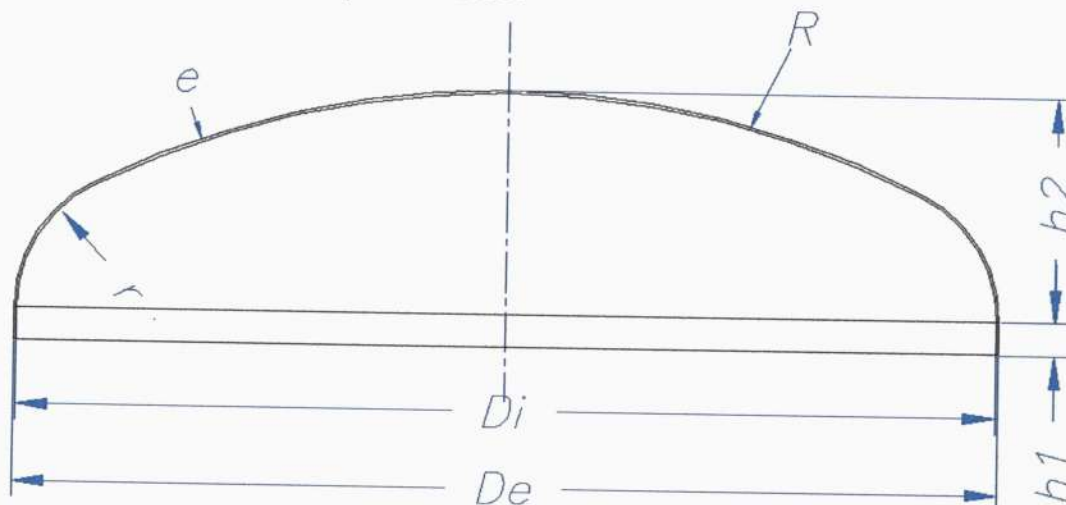


Figura 20: Calota trisférica – ASME 10% - DIN28011. (Arquivo pessoal)

Material: aço inox AISI 304

e (espessura) = 3 mm e 4 mm

De (diâmetro externo) = 1955 mm

Di (diâmetro interno) = $1955 - (2 \times 3) = 1949 \text{ mm}$

$h1 = 30 \text{ mm}$

$h2 = Di \times 0,1937 = 378 \text{ mm}$

$R = Di = 1949 \text{ mm}$

$r = Di \times 0,1 = 195 \text{ mm}$

$$\emptyset \text{ disco} = (1,12 \times Di) + (2 \times h1) + (1,54 \times e)$$

$$\emptyset \text{ disco} = (1,12 \times 1949) + (2 \times 30) + (1,54 \times 3) = 2.248 \text{ mm (3 mm)}$$

$$\emptyset \text{ disco} = (1,12 \times 1949) + (2 \times 30) + (1,54 \times 4) = 2.249 \text{ mm (4 mm)}$$

$$\text{Peso específico aço inox 304} = 8 \times 10^{-6} \text{ kg / mm}^3$$

$$\frac{2248^2}{4} \cdot \pi \times 8 \times 10^{-6} \times 3 = 95,26 \text{ kg (3 mm)}$$

$$\frac{2249^2}{4} \cdot \pi \times 8 \times 10^{-6} \times 4 = 127,12 \text{ kg (4 mm)}$$

3.4.2 Cálculo do costado

A figura 21 mostra o costado e suas juntas longitudinais.

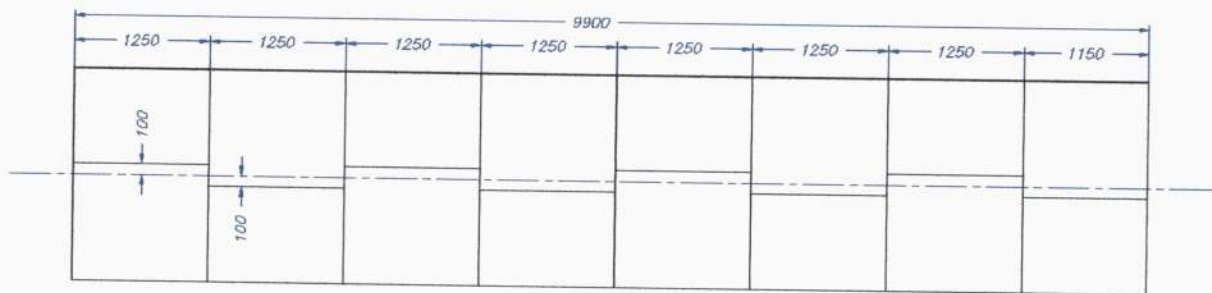


Figura 21: Costado - corpo do tanque. (Arquivo pessoal)

“Juntas longitudinais em 02 (duas) chapas adjacentes devem ser desencontradas no mínimo de 50mm”, anexo da Portaria Inmetro nº 91/2009 – RTQ7c.

Material: aço inox AISI 304

Espessura: 3 mm

$$\emptyset_{\text{int}} = 1955 = 1961$$

$$\text{Perímetro} = \emptyset_{\text{int}} + 2 \times e \times \pi = 1955 + 6 = 1961 \times \pi = 6160 \text{ mm}$$

$$\text{Comprimento} = 9900 \text{ mm}$$

$$\text{Massa} = 6160 \times 9900 \times 3 \times 8 \times 10^{-6} = 1464 \text{ kg}$$

3.4.3 Cálculo das cintas (empalme)

A figura 22 mostra o detalhe do empalme.



Figura 22: Empalme (Arquivo pessoal)

“A solda de suportes de acessórios e dispositivos no corpo do tanque deve ser feita através de um empalme, de modo que não ocorra nenhum efeito adverso sobre a integridade do tanque, se alguma força é aplicada ao acessório ou dispositivo, em qualquer direção”, anexo da Portaria Inmetro nº 91/2009 – RTQ7c.

Material: aço inox AISI 304

Espessura: 3mm

Largura: 230 mm

Comprimento: $(\phi_{ext} \text{ tampo} + 2e \cdot \text{costado} + e \cdot \text{empalme}) \times \pi$
 $(1955 + 6 + 3) \times \pi = 6170 \text{ mm}$

Massa do empalme = $230 \times 6170 \times 3 \times 8 \times 10^{-6} = 34,05 \text{ kg}$

Empalme do 1º berço

Largura = $150 + 50 + 50 = 250 \text{ mm}$

Massa = $250 \times 2030 \times 3 \times 8 \times 10^{-6} = 12,18 \text{ kg}$

3.4.4 Cálculo do anel de reforço

A figura 23 mostra o anel de reforço.



Figura 23: Anel de reforço (Arquivo pessoal)

Material: aço inox AISI 304

Largura = 130 mm

Espessura = 4 mm

Aba = 50 mm

Comprimento = $[(\varnothing \text{ ext. tampo}) + (2 \times \text{esp. costado}) + (2 \times \text{esp. empalme}) + (2 \times \text{aba})] \times \pi$

Comprimento = $[1955 + (2 \times 3) + (2 \times 3) + (2 \times 50)] \times \pi = 6494 \text{ mm}$

Massa = $214 \times 6494 \times 4 \times 8 \times 10^{-6} = 44,47 \text{ kg}$

3.4.5 Cálculo do berço

A figura 24 mostra o desenho do berço.

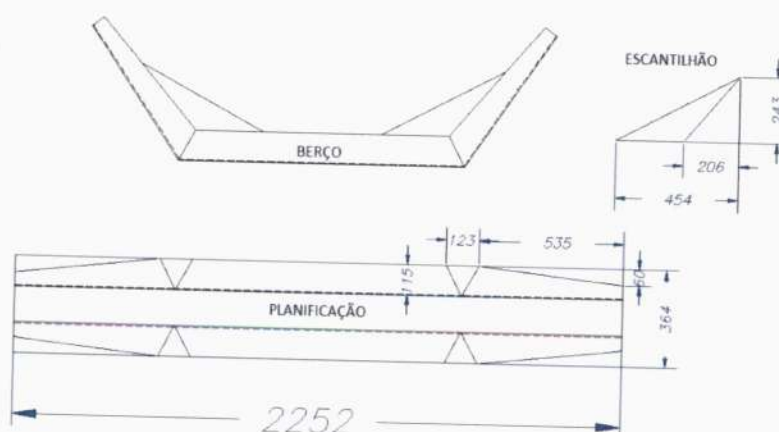


Figura 24: Berço e complemento – escantilhão. (Arquivo pessoal)

Material: aço carbono SAE 1020

$$\text{Comprimento} = 2252 \text{ mm}$$

$$\text{Largura} = 364 \text{ mm}$$

$$\text{Espessura} = 4,76 \text{ mm } (3/16'')$$

$$\text{Massa 1} = 2252 \times 364 \times 4,76 \times 7,85 \times 10^{-6} = 30,63 \text{ kg}$$

$$\text{Massa 2} = \frac{123 \times 115 \times 4,76 \times 7,85 \times 10^{-6}}{2} = 0,264 \text{ kg}$$

$$\text{Massa 3} = \frac{535 \times 60 \times 4,76 \times 7,85 \times 10^{-6}}{2} = 0,600 \text{ kg}$$

$$\text{Massa total} = \frac{30,63 - [(4 \times 0,264) + (4 \times 0,6)]}{2} = 27,17 \text{ kg}$$

3.4.6 Cálculo do complemento (escantilhão) do berço

A figura 25 mostra o escantilhão do berço.

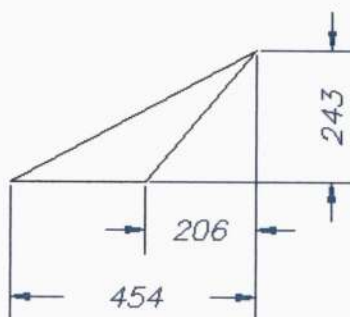


Figura 25: Escantilhão do berço. (Arquivo pessoal)

$$\text{Massa} = \left(\frac{454 \times 243}{2} \right) - \left(\frac{206 \times 243}{2} \right) \times 4,76 \times 7,85 \times 10^{-6} = 1,13 \text{ kg}$$

3.4.7 Tampa de visita

A figura 26 mostra a tampa da boca de visita.



Figura 26: Tampa. (Vlados)

Material: alumínio.

Massa = 13 kg

3.4.8 Seta de aferição

A figura 27 mostra a seta de aferição.



Figura 27: Seta de aferição (Vlados)

Material: aço e alumínio.

Massa: 1,8 kg

3.4.9 Válvula portinhola 4"

A figura 28 mostra uma válvula portinhola de 4".



Figura 28: Válvula portinhola. (Vlados)

Material: alumínio.

Massa = 4 kg

3.4.10 Válvula de fundo

A figura 29 mostra uma válvula de fundo curva de 4".



Figura 29: Válvula de fundo curva. (Vlados)

Material: alumínio.

Massa = 7 kg

3.4.11 Acionador

A figura 30 mostra o acionador das válvulas.



Figura 30: Acionador das válvulas de fundo. (Vlados)

Material: alumínio.

Massa = 1,20 kg

3.4.12 Cálculo do protetor da boca

A figura 31 mostra o protetor da boca contra derrame.

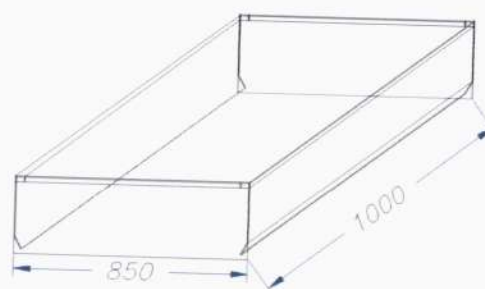


Figura 31: Protetor da boca contra derrame. (Arquivo pessoal)

Material: aço inox AISI 304

Espessura: 4 mm

Comprimento: 1000 mm

Largura: 850 mm

Altura: 300 mm

$$\text{Massa} = (2 \times \text{largura}) + (2 \times \text{comprimento}) \times 300 \times 4 \times 8 \times 10^{-6} = 35,52 \text{ kg}$$

3.4.13 Cálculo do aro da boca

A figura 32 mostra o aro da boca.



Figura 32: Aro da boca. (arquivo pessoal)

Material: aço inox AISI 304

$\varnothing = 465 \text{ mm}$

Espessura = 4 mm

Comprimento = $(465 - 4) \times \pi = 1448 \text{ mm}$

Largura = 100 mm

Massa = $1448 \times 100 \times 4 \times 8 \times 10^{-6} = 4,63 \text{ kg}$

3.4.14 Cálculo do tubo de escoamento

A figura 33 mostra o desenho do escoamento.

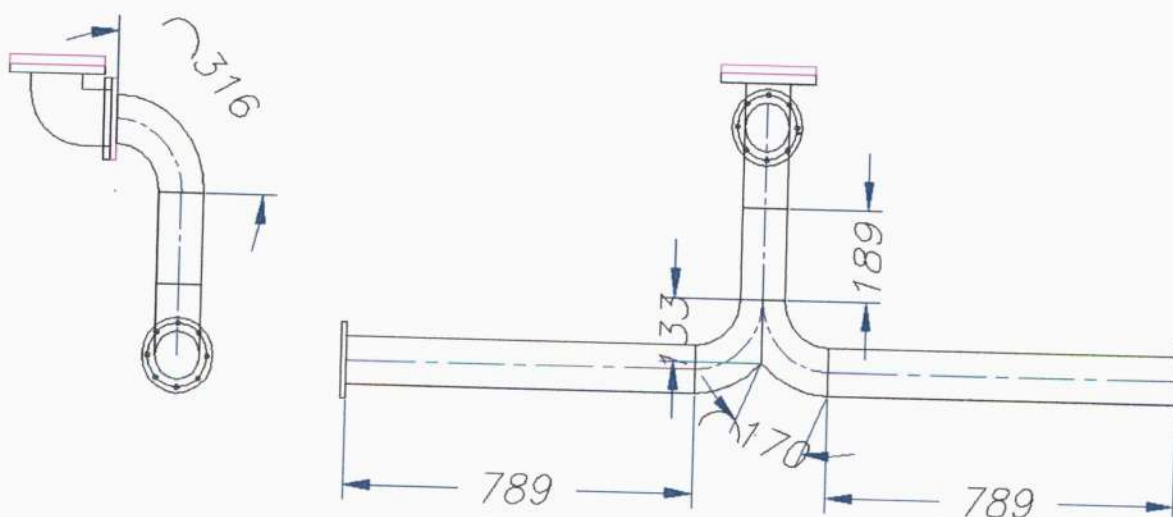


Figura 33: Escoamento. (Arquivo pessoal)

Material: tubo de aço inox AISI 304 $\varnothing 4"$

Parede: 2 mm

Peso específico: 5,006 kg/m

Comprimento: $(2 \times 789) + (2 \times 170) + 133 + 189 + 316 = 2256 \text{ mm}$

Massa = $2,256 \times 5,006 = 11,29 \text{ kg}$

3.4.15 Cálculo da passarela

A figura 34 mostra o desenho da passarela.

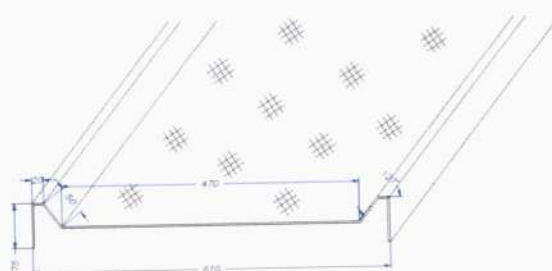


Figura 34: Passarela de acesso às bocas de visita. (Arquivo pessoal)

Material: aço inox xadrez AISI 304

Espessura: 2 mm

Comprimento 1º semirreboque = $2176 + 2866 = 5042 \text{ mm}$

Comprimento 2º semirreboque = $2027 + 3136 = 5163 \text{ mm}$

Largura = 752 mm

Massa 1º semirreboque: $5042 \times 752 \times 2 \times 8 \times 10^{-6} = 60,66 \text{ kg}$

Massa 2º semirreboque: $5163 \times 752 \times 2 \times 8 \times 10^{-6} = 62,12 \text{ kg}$

3.4.16 Cálculo da escada tipo marinho

A figura 35 mostra a escada de acesso a passarela.

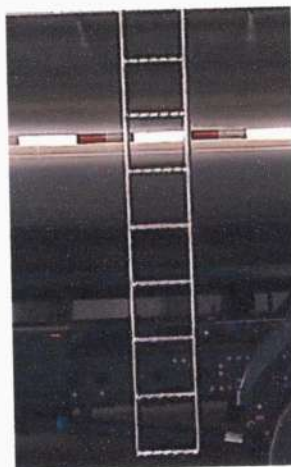


Figura 35: Escada marinho de acesso à passarela. (Arquivo pessoal)

Material: tubo de aço inox AISI 304 $\varnothing 1''$

Parede: 2 mm

Peso específico: 1,176 kg/m

Comprimento = 2 tubos $\times$ 2519 = 5038,84

Massa = 5,039 $\times$ 1,176 = 5,93 kg

6 degraus $\times$ 55 $\times$ 300 $\times$ 2 $\times$ 8×10^{-6} = 1,6 kg

Massa da escada completa = 7,53 kg

3.4.17 Cálculo do Santo Antônio de proteção

A figura 36 mostra o Santo Antônio que protege a boca contra tombamentos.



Figura 36: Santo Antônio. (Arquivo pessoal)

Material: tubo de aço inox AISI 304 $\varnothing 3''$

Parede: 2 mm

Peso específico: 3,73 kg/m

Comprimento = 2 tubos x 111 = 222 mm

1 tubo x 450 = 450 mm

2 curvas x 239 = 478 mm

Comprimento total = 1150 mm

Massa = $1,150 \times 3,73 = 4,3 \text{ kg}$

3.4.18 Tara da caixa de carga 1º semirreboque

2 tampos torrisféricos (4 mm) x 127,12 kg = 254,24 kg

1 tampo torrisférico (3mm) divisória = 95,26 kg

1 costado = 1464 kg

7 empalmes x 34,05 = 238,35 kg

1 empalme do 1º berço = 12,18 kg

7 anéis de reforço x 44,47 kg = 311,29 kg

8 berços x 27,17 kg = 217,36 kg

32 escantilhões do berço x 1,13 kg = 36,16 kg

2 tampas de visita x 13 kg = 26 kg

4 válvulas portinhola x 4 kg = 16 kg

2 válvulas de fundo x 7 kg = 14 kg

2 protetores da boca contra derrame x 35,52 kg = 71,04

2 aros da boca x 4,63 kg = 9,26 kg

1 passarela = 60,66 kg

1 escada tipo marinho = 7,53 kg

2 santo antônio x 4,3 kg = 8,6 kg

Total da caixa de carga 1º semirreboque = 2841,93 kg

3.4.19 Tara da caixa de carga 2º semirreboque

2 tampos torrisféricos (4 mm) x 127,12 kg = 254,24 kg

2 tampo torrisférico (3mm) divisória x 95,26 kg = 190,52 kg

1 costado = 1464 kg

6 empalmes x 34,05 = 204,30 kg

1 empalme do 1º berço = 12,18 kg

6 anéis de reforço $\times 44,47 \text{ kg} = 266,82 \text{ kg}$
 7 berços $\times 27,17 \text{ kg} = 190,19 \text{ kg}$
 28 escantilhões do berço $\times 1,13 \text{ kg} = 31,64 \text{ kg}$
 3 tampas de visita $\times 13 \text{ kg} = 39 \text{ kg}$
 6 válvulas portinhola $\times 4 \text{ kg} = 24 \text{ kg}$
 3 válvulas de fundo $\times 7 \text{ kg} = 21 \text{ kg}$
 3 protetores da boca contra derrame $\times 35,52 \text{ kg} = 106,56$
 3 aros da boca $\times 4,63 \text{ kg} = 13,89 \text{ kg}$
 1 passarela = $62,12 \text{ kg}$
 1 escada tipo marinheiro = $7,53 \text{ kg}$
 3 santo antônio $\times 4,3 \text{ kg} = 12,9 \text{ kg}$
 Total da caixa de carga 2º semirreboque = $2900,89 \text{ kg}$

3.4.20 Chassis 1º semirreboque

A figura 37 mostra os chassis do 1º semirreboque.

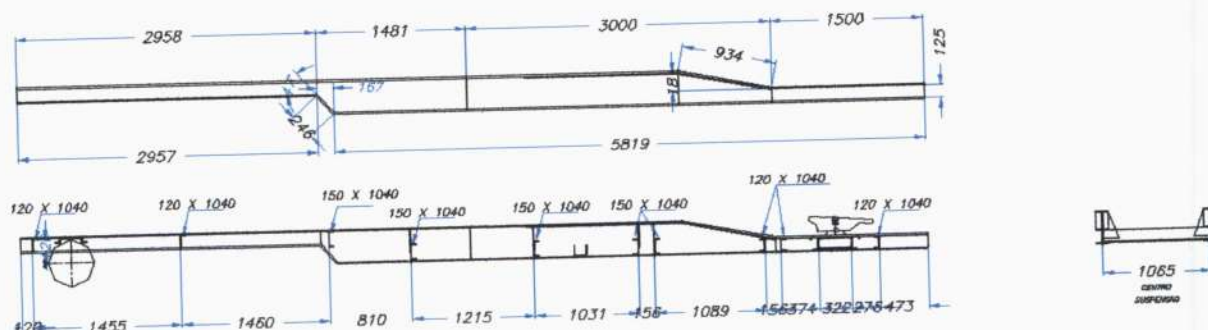


Figura 37: Chassis 1º semirreboque. (Arquivo pessoal)

Material: aço carbono SAE 1020

Massa aprox: 1.430 kg

3.4.21 Chassis 2º semirreboque

A figura 38 mostra os chassis do 2º semirreboque.

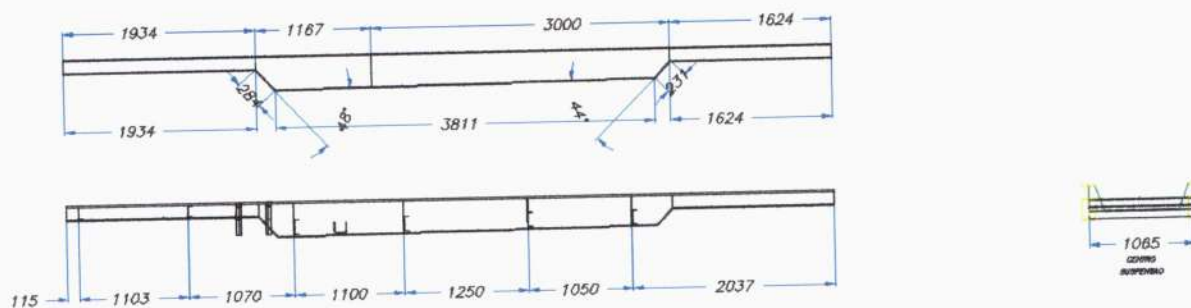


Figura 38: Chassis 2º semirreboque. (Arquivo pessoal)

Material: aço carbono SAE 1020

Massa aprox.: 966 kg

4 FATORES RELATIVOS DE DETERIORAÇÃO DE TRÁFEGO DE CAMINHÕES

O quadro 3 mostra em particular que composições com mais conjuntos de eixos em tandem, entre as quais se incluem os Bitrens de 7 a 9 eixos, são mais favoráveis que composições com eixos isolados. A tabela 1 mostra que, do ponto de vista de deterioração dos pavimentos a operação da configuração 3S2B2 (Bitrem de 7 eixos) para 57 t de PBTC e da configuração 3S3B3 (Bitrem de 9 eixos) para 74 t de PBTC é mais favorável do que a maioria das configurações em trânsito na malha viária nacional. Mostra também que a CVC com uma unidade rebocada do tipo 3S3 para um PBTC máximo legal de 48,5 t é mais favorável que a composição do tipo 2S3 para um PBTC máximo legal de 41,5 t, que hoje constitui a configuração dominante na categoria de caminhões pesados. (João Alexandre Widmer)

Código	Configuração	Eixos	PBTC máx (t)	Lot máx (t)	Fator Deter	Fator Reltv	Código	Configuração	Eixos	PBTC máx (t)	Lot máx (t)	Fator Deter	Fator Reltv
2U		2	16.0	9.5	0.353	1.00	3UR2R2		9	63.0	38.0	0.317	0.90
3U		3	23.0	15.0	0.176	0.50	2S1A1S1		5	46.0	25.0	0.416	1.18
3UR2		5	43.0	26.0	0.282	0.80	2S2A1S1		6	53.0	31.0	0.313	0.89
3UR3		6	50.0	30.0	0.221	0.63	3S2A1S2		8	67.0	44.0	0.188	0.53
2S1		3	26.0	13.0	0.438	1.24	3S3A1S2		9	74.0	49.0	0.177	0.50
2S2		4	33.0	19.0	0.263	0.74	3S2A2S2		9	74.0	49.0	0.154	0.44
2S3		5	41.5	27.0	0.199	0.57	3S2B2		7	57.0	36.0	0.164	0.47
2S3		5	45.0	32.0	0.325	0.92	3S2B3		8	65.5	43.5	0.145	0.41
3S2		5	40.0	26.0	0.165	0.47	3S3B2		8	65.5	43.5	0.145	0.41
3S3		6	48.5	32.0	0.146	0.41	3S3B3		9	74.0	50.0	0.134	0.38

Quadro 3: Fatores relativos de deterioração de tráfego de caminhões. (João Alexandre Widmer)

5 CONCLUSÕES

O semirreboque bitrem tanque versão 3 eixos é um veículo que reduz os custos por tonelada transportada em relação a dois conjuntos de semirreboque 3 eixos convencionais e cavalo mecânico, com isso a cada conjunto de bitrem versão 3 eixos com 2 semirreboques de 3 eixos cada e 1 cavalo mecânico, dispensa-se um segundo e dispendioso cavalo mecânico. Por ter uma distribuição de cargas mais homogênea, preserva as rodovias, diminui o número de veículos circulando, os riscos de acidentes e menor consumo de pneus.

A desvantagem é que não trafega em determinadas estradas, ou seja, é um veículo para longas distâncias e para o transporte de cargas nas principais estradas do país. Tem-se uma considerável queda nos custos operacionais, mesmo levando em consideração um maior investimento inicial na aquisição do veículo.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- NORTON, R. L. **Projeto de Máquinas: Uma abordagem integrada**. 2 ed. São Paulo: Bookman, 2004.
- BOSCH, Robert. **Manual de Tecnologia Automotiva**/Robert Bosch. Tradução da 25ª edição alemã. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.
- CHIAVERINI, V. **Tecnologia Mecânica**. 2 ed. São Paulo: McGraw-Hill, 1986.
- CASINI, Giuseppe. **Calcolo e Disegno Meccanico Per Disegnatori Operai e Tracciatori: Manuale Pratico**. 9ª edizione. Milano (Italy): Aggiornata, 1979.
- ASTM. **American Society for Testing and Materials. Annual Book Of ASTM Standards**, 1988.
- DER/SP. **Análise das conseqüências do tráfego de CVC's sobre o comportamento estrutural das obras de arte da rede viária do DER/SP**. São Carlos. Relatório de Pesquisa (contrato FIPAI/DER nº 11.188-0). Departamento de Engenharia de Estruturas da Escola de Engenharia de São Carlos da USP – Departamento de Estradas de Rodagem DER/SP, 2001.
- VIANNA, G. – **O mito do rodoviarismo brasileiro** / Geraldo Vianna. – São Paulo: NTC & Logística, 2007.
- NBR 06023, **Informação, Documentação e Referencias**, 2002.
- RTQ 7c, **REGULAMENTO TÉCNICO DA QUALIDADE 7c - Inspeção Na Construção De Equipamentos Com Pressão Máxima de Trabalho Admissível de 690 Kpa para o Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos a Granel – Líquidos**. anexo da portaria inmetro n.º 91 / 2009
- CONTRAN, **Conselho Nacional de Trânsito**. RESOLUÇÃO CONTRAN Nº 184, DE 21 DE OUTUBRO DE 2005. DOU 04.11.2005
- CONTRAN, **Conselho Nacional de Trânsito**. RESOLUÇÃO Nº 210 DE 13 DE NOVEMBRO DE 2006
- CONTRAN, **Conselho Nacional de Trânsito**. RESOLUÇÃO Nº 211 DE 13 DE NOVEMBRO DE 2006.
- INMETRO, **Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial**. Portaria Inmetro nº 137, de 22 de agosto de 2003.
- ABNT, **Associação Brasileira de Normas Técnicas**. NM-ISO 8716, 2000.
- <http://www.randon.com.br>

Acesso em: 04 abr. 2010.

<http://www.suspensys.com.br>

Acesso em: 04 abr. 2010.

<http://www.fras-le.com.br>

Acesso em: 04 abr. 2010.

<http://www.jost.com.br>

Acesso em: 11 abr. 2010.

<http://www.maxioncr.com.br>

Acesso em: 5 maio 2010.

<http://www.portaldepostos.com.br/paginas/gest.materia7.html>

Acesso em: 30 jun. 2010.

<http://www.mgrepresentacoes.com.br/downloads/acesitaacucar.pdf>

Acesso em: 01 jul. 2010.

<http://www.vlados.com.br/website/principal.asp>

Acesso em: 12 set. 2010.

<http://www.portalmmm.com.br/mm-componentes/vigas-e-eixos/produto/eixos>

Acesso em: 12 set. 2010.

<http://www.engatcar.com.br/produtos.php?categoria=1&linha=10>

Acesso em: 01 out. 2010.

<http://www.fmaster.com.br/master/Produtos/Estrutura.asp?NumProduto=96&NomeProduto=Freio S Came&NumCategoria=37>

Acesso em: 26 out. 2010.

<http://www.hoesch.com.br/index.php/produtos-feixes/feixes-de-molas>

Acesso em: 26 out. 2010.

http://www.pirelli.com.br/web/catalog/truck/truck_applicazioniDett.page?severityId=H&vehicleType=TRUCK

Acesso em: 27 out. 2010

<http://www.rodasrodaforte.com.br/#>

Acesso em: 29 out. 2010.

<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC000848.pdf>

Acesso em: 05 nov. 2010.

<http://www.abtlp.org.br/glossario.pdf>

Acesso em: 06 nov. 2010.

http://www.jost.com.br/produto.aspx?area_id=20§ion_id=2010&link_id=201040&tipo=link&cd_tipo=201040&idioma=br

Acesso em: 14 nov. 2010.