



LAUDO DE PERÍCIA TÉCNICA

Que faz MOACYR MOLINARI, brasileiro,
casado, residente à rua _____, Curitiba-PR,
professor universitário e engenheiro civil,
portador do R.G. n.º _____, carteira profissional
n.º 15.586-D/CREA-PR, atendendo a pedido de

Dezembro de 2001

1 - MOTIVO DA PERÍCIA

O motivo da presente perícia técnica é o levantamento das condições em que ocorreu a colisão automobilística no cruzamento das ruas Amintas de Barros e Tibagi, em Curitiba - PR, no dia _____, sábado, em torno das 04h45min, constituindo uma complementação das informações expressas no Boletim de Ocorrência de Acidente de Trânsito n.º _____ (BPTran, Polícia Militar do Paraná, 1.ª CIRETRAN, DETRAN, Secretaria de Estado da Segurança Pública do Estado do Paraná).

A perícia visa fornecer elementos técnicos objetivos, racionais e lógicos, fundamentados em princípios físicos e matemáticos e em aplicações de engenharia, como auxílio à apuração da verdade dos fatos.

2 - DA IDENTIFICAÇÃO DOS VEÍCULOS ENVOLVIDOS

O veículo V1 era um automóvel _____, de quatro portas, ano de fabricação 1995, modelo 1995, de cor preta, com placas de licenciamento _____ e código Renavam _____. Este Perito não teve acesso ao veículo V1 (_____), tendo analisado as tomadas fotográficas do mesmo constantes do Laudo n.º _____ do Instituto de Criminalística, do Departamento da Polícia Civil do Estado do Paraná.

O veículo V2 (ver tomadas fotográficas n.ºs 01 a 35) era um _____, de quatro portas, ano de fabricação 1995, de cor azul, com placas de licenciamento _____ e código Renavam _____.

3 - DOS DADOS TÉCNICOS DO VEÍCULO V1 (_____)

Os dados técnicos do veículo V1 _____ foram obtidos através de consulta ao Departamento de Engenharia da fábrica _____ em _____, após a informação do número do chassi do mesmo _____. Os dados obtidos foram corroborados pela inspeção de



- distância entre o eixo dianteiro e o centro de gravidade (CG):
 $1270 \cdot x = 1360 \cdot (2,832 - x) \rightarrow x = 1,4645 \text{ m}$
- combustível: gasolina comum
- tração: 4x4 (nas quatro rodas)
- cilindrada do motor: 4.0 (quatro litros)
- disposição dos cilindros do motor: V6
- velocidade máxima: 185 km/h
- intervalo de tempo para acelerar de 0 a 100 km/h: .. 12,8 s
- câmbio: manual (5 marchas + ré)

5 - DOS EXAMES DOS VEÍCULOS

5.1 - Veículo V1 ()

O exame do veículo V1 () não foi realizado porque este Perito não teve acesso ao mesmo, tendo analisado as tomadas fotográficas constantes do Laudo n.º do Instituto de Criminalística, do Departamento da Polícia Civil do Estado do Paraná, que revelaram :

- amolgadura e deformação de grande extensão no terço médio do flanco direito, compatível com uma colisão perpendicular ao eixo do veículo;
- amolgadura e deformação localizada no terço posterior do flanco esquerdo, compatível com uma colisão com um objeto cilíndrico vertical.

5.2 - Veículo V2 ()

O exame do veículo V2 () foi realizado em , no pátio da Concessionária (Av. , Curitiba - PR, tel. e), sob a autorização do proprietário e sob o acompanhamento dos funcionários e que levantaram a região frontal do veículo por meio de dois macacos hidráulicos.

No exame, foram realizadas as seguintes atividades:

- leitura do manual do proprietário;
- medições (comprimento, largura, distância entre eixos);
- verificação e medição de deformações no chassi;
- inspeção visual e tomadas fotográficas de todo o veículo, interna e externamente.



Cada uma das longarinas sofreu a formação de duas rótulas plásticas, devido às forças horizontais e dirigidas para a direita aplicadas pelo veículo V1 () durante a colisão: uma rótula com pequena rotação atrás do eixo dianteiro e uma rótula com grande rotação na frente do eixo dianteiro, próxima ao pára-choque dianteiro.

Na longarina esquerda, as duas rótulas plásticas produziram um deslocamento para a direita da extremidade ligada ao pára-choque dianteiro de $37\text{ cm} + 7\text{ cm} = 44\text{ cm}$ (ver prancha de desenho n.º 06 - no Anexo A - e tomadas fotográficas n.ºs 13, 26, 27, 28, 29 e 30).

Na longarina direita, as duas rótulas plásticas produziram um deslocamento para a direita da extremidade ligada ao pára-choque dianteiro de $34\text{ cm} + 4\text{ cm} = 38\text{ cm}$ (ver prancha de desenho n.º 06 - no Anexo A - e tomadas fotográficas n.ºs 13, 31, 32, 33, 34 e 35).

6 - DAS CONDIÇÕES GERAIS DO LOCAL

Na madrugada do dia , entre 4h21min e 5h13min, esteve este Perito verificando as condições gerais do local da colisão. Observou-se:

- a) Ambas as vias, rua Amintas de Barros e rua Tibagi, possuem revestimento em concreto asfáltico em boas condições, em trechos retos e em nível.
- b) As vias cruzam-se com seus eixos perpendiculares entre si, isto é, formando entre si um ângulo de 90° (noventa graus).
- c) A rua Amintas de Barros possui, no local, sentido de tráfego único (mão única), no sentido da praça Santos Andrade para o bairro Alto da Quinze.
- d) A rua Tibagi possui, no local, sentido de tráfego único (mão única), no sentido do Passeio Público para a Estação Rodoferroviária.
- e) A iluminação pública artificial é suficiente para a boa condução de veículos automotores.
- f) A preferência de trânsito no cruzamento da colisão é determinada por semáforos (semáforo S2, na rua Amintas de Barros e semáforo S3, na rua Tibagi - ver pranchas de desenho n.ºs 01 a 05 no Anexo A) , os quais possuem também sinalização para fluxo de pedestres.
- g) Foram observados também os semáforos da rua Amintas de Barros no cruzamento com a rua Conselheiro Laurindo (semáforo S1 - ver pranchas de desenho n.ºs 01 a 05 no Anexo A) e da rua Amintas de Barros no cruzamento com a rua Mariano Torres (semáforo S4, não indicado nas pranchas de desenho).

De acordo com o citado Boletim de Ocorrência, o veículo V1 () trafegava, imediatamente antes da colisão, na rua Tibagi, no sentido do Passeio Público para a Estação Rodoferroviária.

De acordo com o citado Boletim de Ocorrência, o veículo V2 () trafegava, imediatamente antes da colisão, na rua Amintas de Barras, no sentido da Praça Santos Andrade para o bairro Alto da Quinze.

7 - DA TEMPORIZAÇÃO SEMAFÓRICA NO LOCAL DA COLISÃO

Na madrugada do dia , entre 4h21min e 5h13min, no cruzamento em que ocorreu a colisão objeto do presente trabalho, este Perito realizou diversas cronometragens visando configurar a temporização semafórica. Cada medição foi realizada pelo menos duas vezes seguidas para corroboração do primeiro dado obtido. Os semáforos foram nomeados por S1, S2, S3 e S4, como especificado a seguir (ver pranchas de desenho n.ºs 01 a 05 no Anexo A) :

- S1 : na rua Amintas de Barros, no cruzamento com a rua Conselheiro Laurindo;
- S2 : na rua Amintas de Barros, no cruzamento com a rua Tibagi;
- S3 : na rua Tibagi, no cruzamento com a rua Amintas de Barros;
- S4 : na rua Amintas de Barros, no cruzamento com a rua Mariano Torres (não representado nas pranchas de desenho).

Os dados obtidos são os seguintes:

- a) O semáforo S2 (Amintas de Barros x Tibagi) permanece aberto (verde) durante 21 (vinte e um) segundos, em alerta (amarelo) durante 5 (cinco) segundos e fechado (vermelho) durante 35 (trinta e cinco) segundos.
- b) O semáforo S3 (Tibagi x Amintas de Barros) permanece aberto (verde) durante 17 (dezessete) segundos, em alerta (amarelo) durante 4 (quatro) segundos e fechado (vermelho) durante 39 (trinta e nove) segundos.
- c) O semáforo S4 (Amintas de Barros x Mariano Torres) abre (verde) uma fração de segundo antes ou depois (de modo cíclico) do que o semáforo S2 (Amintas de Barros x Tibagi), isto é, os semáforos S4 e S2 abrem (verde) quase simultaneamente.
- d) O semáforo S4 (Amintas de Barros x Mariano Torres) fecha (vermelho) no mesmo instante em que o semáforo S2 (Amintas de Barros x Tibagi) entra em alerta (amarelo).

- e) Estando o semáforo S2 (Amintas de Barros x Tibagi) fechado (vermelho), seu respectivo semáforo para pedestres começa a piscar (sinal intermitente) 6 (seis) segundos antes de o semáforo S2 converter para aberto (verde). Este semáforo para pedestres pisca 6 (seis) vezes em 6 (seis) segundos, isto é, pisca uma vez por segundo.
- f) O semáforo S3 (Tibagi x Amintas de Barros) fecha (vermelho) 2 (dois) segundos antes do semáforo S2 (Amintas de Barros x Tibagi) abrir (verde); neste instante, o semáforo para pedestres do semáforo S2 realiza sua quarta piscada.
- g) O semáforo S1 (Amintas de Barros x Conselheiro Laurindo) abre (verde) 11 (onze) segundos antes de o semáforo S2 (Amintas de Barros x Tibagi) abrir (verde).

8 - VELOCIDADES DOS VEÍCULOS APÓS A COLISÃO

As velocidades dos centros de gravidade (pontos em que se pode considerar concentradas as massas dos corpos) dos veículos imediatamente após a colisão foram determinadas pelo Princípio do Trabalho (T) e da Energia Mecânica (Em). Este princípio estabelece a igualdade entre o trabalho (T) realizado sobre um corpo e a variação de sua energia mecânica ($Em' - Em$, isto é, energia mecânica final menos energia mecânica inicial).

O trabalho (T) é uma grandeza física escalar equivalente ao produto entre a força (F) aplicada no corpo e o deslocamento (d) por ele sofrido; esta definição simplificada é válida no presente caso em que força (F) e deslocamento (d) possuem a mesma direção (apesar de possuírem sentidos opostos) e a intensidade da força pode ser considerada constante.

Após a colisão, cada veículo se deslocou sob a ação da força (F) de atrito entre os pneus (ou ferragens) e o concreto asfáltico. Tal força (F) de atrito multiplicada pelo respectivo deslocamento (d) resulta no trabalho (T). É desprezível o trabalho da força de resistência do ar. Após a colisão, foram anuladas as forças motrizes dos motores dos veículos.

A energia mecânica (Em) de cada corpo é a soma das energias cinética (Ec), potencial gravitacional (Eg) e potencial elástica de deformação (Ee) ou plástica de deformação (Ep).

$$\rightarrow 9,81 \cdot 0,7 \cdot 11,24 < 0,5 \cdot v_1'^2$$

$$v_1' > 12,42 \text{ m/s} > 44,73 \text{ km/h} \dots\dots\dots [2]$$

Aplicando o Princípio do Trabalho e da Energia Mecânica ao movimento do veículo V2 () após a colisão, tem-se:

$$T_2 = Em_2'' - Em_2' \rightarrow T_2 = Ec_2'' - Ec_2'$$

A energia cinética final é nula, já que o veículo V2 () finalmente parou sobre o passeio:

$$T_2 = 0 - Ec_2'$$

$$T_2 = - 0,5 \cdot m_2 \cdot v_2'^2 \dots\dots\dots [3]$$

O trabalho realizado pelo atrito é dado por

$T_2 = - F_2 \cdot d_2 = - m_2 \cdot g \cdot \mu \cdot d_2$, onde g é a aceleração da gravidade e μ é o coeficiente de atrito entre borracha e concreto asfáltico.

Fazendo a substituição de T_2 na equação [3], tem-se:

$$- m_2 \cdot g \cdot \mu \cdot d_2 = - 0,5 \cdot m_2 \cdot v_2'^2 \rightarrow g \cdot \mu \cdot d_2 = 0,5 \cdot v_2'^2$$

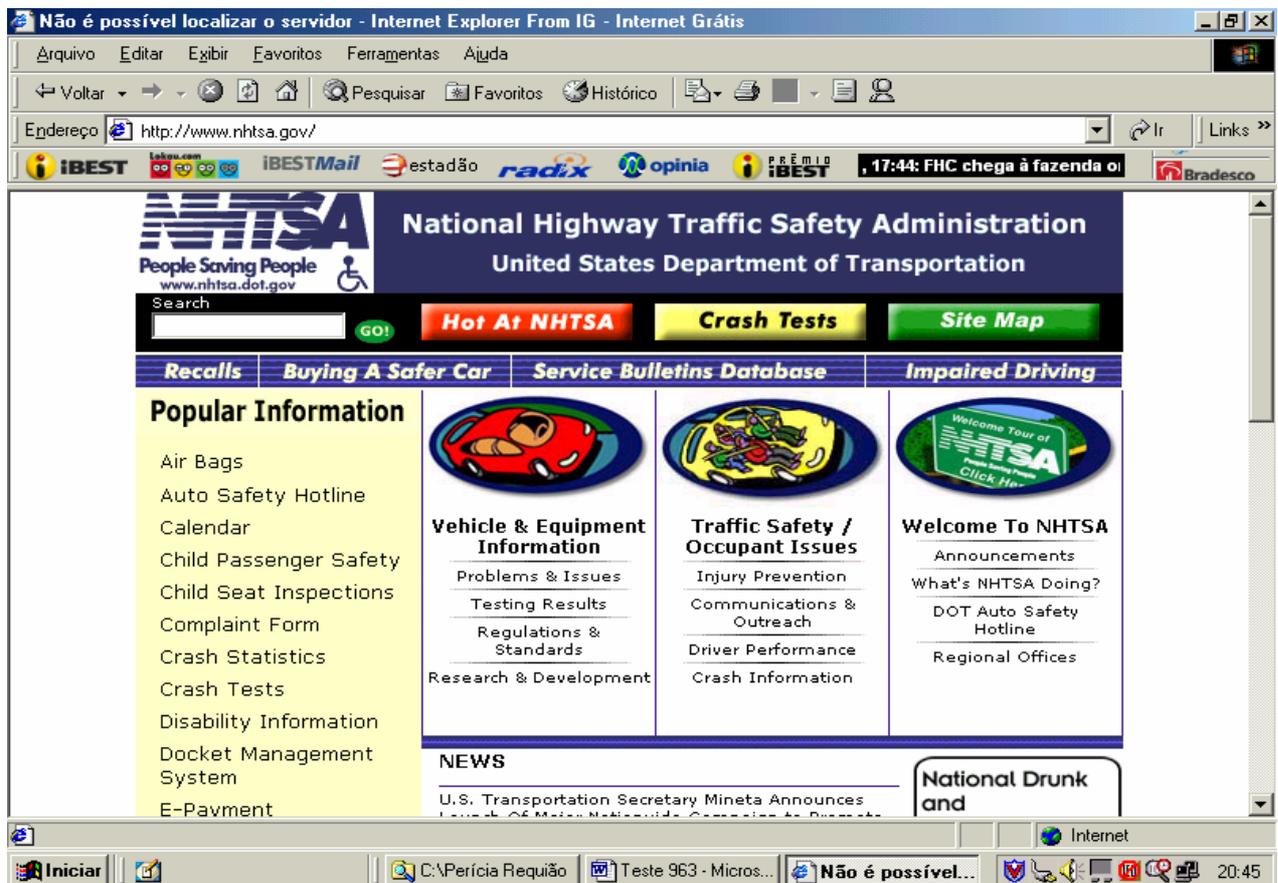
$$9,81 \cdot 0,7 \cdot 25,61 = 0,5 \cdot v_2'^2$$

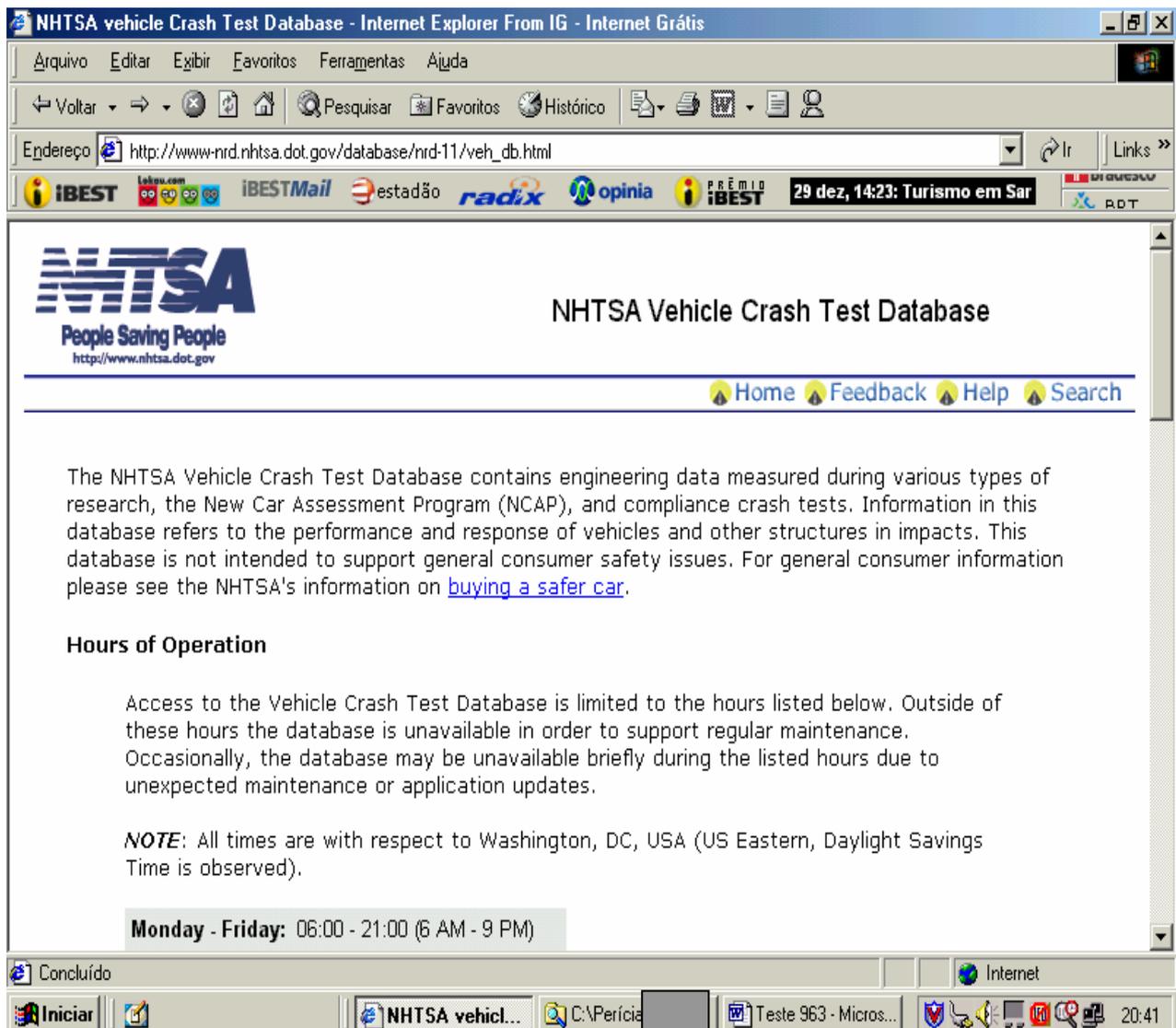
$$v_2' = 18,75 \text{ m/s} = 67,52 \text{ km/h} \dots\dots\dots [4]$$

8.2 - Cálculo com a Consideração da Colisão do Veículo V1 () com o Poste P

O governo dos Estados Unidos da América, através de seu Departamento de Transportes (Department of Transportation - DOT), mantém a National Highway Traffic Safety Administration - NHTSA (em uma tradução livre, Administração de Segurança de Tráfego em Rodovias), que realiza testes destrutivos com veículos automotores. Nestes testes, denominados tecnicamente *crash tests*, veículos são lançados uns contra os outros ou contra anteparos rígidos ou contra barreiras. Durante as colisões são realizadas várias medições, como de acelerações em função do tempo e deformações.

A seguir são mostradas algumas telas introdutórias do *site* da NHTSA na *Internet*, <http://www.nhtsa.gov> :





O teste n.º 2256 da NHTSA, forneceu dados para a avaliação da energia plástica de deformação dissipada devido à colisão do veículo V1 () com o poste P. A interpretação dos dados do teste requer a leitura do Guia de Referência de Testes da NHTSA, do qual há um extrato no Anexo C. No teste n.º 2256, um veículo com massa de 2199 kg é lançado com velocidade de 47,3 km/h perpendicularmente a uma barreira de concreto com dimensões de 3,048 m x 3,66 m x 1,5 m e massa de 41834 kg . Devido à colisão, o veículo, que possui largura de 1,783 m , sofreu uma redução em seu comprimento de 0,462 m . A seguir são apresentadas telas do *site* da NHTSA, que apresentam os dados citados:



Vehicle Database Query Results - Test Parameters - Internet Explorer From IG - Internet Grátis

Arquivo Editar Exibir Favoritos Ferramentas Ajuda

Voltar Pesquisar Favoritos Histórico

Endereço http://www.nrd.nhtsa.dot.gov/database/nrd-11/asp/TestTableInfo.asp

IBEST labes.com IBESTMail estado radix opinia P R E M I O IBEST 25 dez, 9:02: Choque entre BRT

Vehicle Database Query Results - Test Parameters

Home Feedback Help Search New Query

NOTE: Only data that has been reviewed and released from NHTSA/OCR's quality control process is available via this interface.

Your query results are listed below. To view additional, detailed information for the test(s) in which you are interested, click on the corresponding links provided in the TEST NO., Instrumentation, Vehicle and Barrier columns. Selecting the corresponding Vehicle link will allow you to view Occupant and Restraint information associated with the chosen test.

Viewing records starting at record 0

Test No.	Test Reference No.	Test Type	Contract or Study Title	Test Performer	Impact Angle (degrees)	Test Configuration	Offset Distance (mm)	Closing Speed (kph)	Instrumentation Information	Vehicle Information	Barrier Information
2256	RUN1496	FMVSS 208 OCCUPANT CRASH PROTE	COMPLIANCE TEST FRONTAL BARRIER IMPACT	CALSPAN	0	VEHICLE INTO BARRIER	0	47.3	Instrumentation Information	Vehicle Information	Barrier Information

Internet

Iniciar NHTSA vehicle... Teste 2256 - Mi... Vehicle Data... 12:23

Vehicle Database Query Results - Vehicle Information - Internet Explorer From IG - Internet Grátis

Arquivo Editar Exibir Favoritos Ferramentas Ajuda

Voltar Pesquisar Favoritos Histórico

Endereço http://www.nrd.nhtsa.dot.gov/database/nrd-11/asp/VehicleInfo.asp?LJC=2256

IBEST labes.com IBESTMail estado radix opinia P R E M I O IBEST sin Bradesco

Vehicle Database Query Results - Vehicle Information

Home Feedback Help Search New Query

NOTE: Only data that has been reviewed and released from NHTSA/OCR's quality control process is available via this interface.

Listed below are the vehicle records corresponding to the previously applied test and vehicle query criteria. Click on the links in the Occupant, Restraint, or Instrumentation columns to view corresponding detail pages.

Test No.	Vehicle No.	Vehicle Make	Vehicle Model	Model Year	Engine Displacement (liters)	Vehicle Test Weight (Kgrams)	Vehicle Length (mm)	Vehicle Width (mm)	Max. Crush Distance (mm)	Instrumentation Information	Occupant Information	Barrier Information
2256	1	FORD	EXPLORER	1995	4	2199	4788	-10	462	Instrumentation Information	Occupant Information	Barrier Information

The page last modified on: 12/3/01

Internet

Concluído Iniciar NHTS... Teste... Vehicl... Vehicl... Vehi... 12:21

Vehicle Database Query Results - Barrier Information

NOTE: Only data that has been reviewed and released from NHTSA/OCR's quality control process is available via this interface.

Listed below is the barrier information for the selected test. The results include the barrier type and type-related characteristics (E.g. rigid, deformable, barrier angle). Click on the links in the "Test No." column to view the corresponding detail page.

Test No.	Rigid or Deformable Barrier	Barrier Shape	Angle of Fixed Barrier (degrees)	Diameter of Pole Barrier (millimeters)	Barrier Commentary	Instrumentation Information	Vehicle Information
2256	RIGID	FLAT BARRIER	0		3,048*3,66*1,5 METER CONCRETE BARRIER.	Instrumentation Information	Vehicle Information

The page last modified on: 8/27/01

No caso do citado *crash test* (n.º 2256), a área (em planta) do veículo deformada é de

$$1,783 \text{ m} \cdot 0,462 \text{ m} = 0,823 \text{ m}^2$$

e a energia cinética do veículo é

$$0,5 \cdot 2199 \cdot (47,3/3,6)^2 = 189807 \text{ J}.$$

No caso da colisão do veículo V1 () contra o poste P, a área deformada em planta foi

$$A = \pi \cdot d^2 / 4 = 3,14 \cdot 0,4^2 / 4 = 0,126 \text{ m}^2.$$

A proporção entre as áreas deformadas citadas resulta em uma energia plástica de deformação do veículo V1 () de 28982 J.

A velocidade do veículo V1 () após a colisão será calculada pela aplicação do Princípio do Trabalho e da Energia Mecânica ao movimento do veículo V1 () após a colisão, com a inclusão da energia plástica de deformação devido à colisão com o poste P :

10-CÁLCULO ALTERNATIVO ATRAVÉS DA DEFORMAÇÃO

A velocidade do veículo V1 () imediatamente antes da colisão pode ser estimada de modo alternativo, através da análise da deformação produzida lateralmente nas longarinas do chassi do veículo V2 (). O cálculo alternativo recíproco, da velocidade do veículo V2, apresenta-se de grande complexidade devido ao fato de o veículo V1 não possuir um chassi mas sim um monobloco, cuja análise somente é possível através da aplicação do Método dos Elementos Finitos, que foge ao escopo do presente estudo.

Durante a colisão, devido ao engajamento entre os veículos e ao fato de o veículo V1 () possuir velocidade, a extremidade dianteira do chassi do veículo V2 () sofreu a ação de uma força resultante horizontal dirigida para a direita que deformou de modo plástico cada uma das longarinas do chassi; esta força foi aplicada pelo veículo V1 (). Determinada a intensidade da citada força e o tempo de interação entre os veículos, será possível determinar a velocidade do veículo V1 (), através do Princípio do Impulso.

O veículo V2 () possui um chassi constituído por duas longarinas metálicas. Estas longarinas possuem perfil metálico em "C" desde a extremidade posterior até pouco antes do eixo dianteiro. Desse ponto em diante, passa a ter um perfil constituído por um duplo "C", soldado frente a frente, de modo a simular um tubo retangular fechado. A prancha de desenho n.º 06 (ver Anexo A) mostra a configuração original do chassi e a configuração final deformada devido à colisão.

Cada uma das longarinas sofreu a formação de duas rótulas plásticas, devido às forças horizontais e dirigidas para a direita aplicadas pelo veículo V1 () durante a colisão: uma rótula com pequena rotação atrás do eixo dianteiro e uma rótula com grande rotação na frente do eixo dianteiro.

Na longarina esquerda, as duas rótulas plásticas produziram um deslocamento para a direita da extremidade ligada ao pára-choque dianteiro de

$$37 \text{ cm} + 7 \text{ cm} = 44 \text{ cm}$$

(ver prancha de desenho n.º 06 - no Anexo A - e tomadas fotográficas n.ºs 13, 26, 27, 28, 29 e 30).



Vehicle Database Query Results - Test Parameters

People Saving People
http://www.nhtsa.dot.gov

Home Feedback Help Search New Query

NOTE: Only data that has been reviewed and released from NHTSA/OCR's quality control process is available via this interface.

Your query results are listed below. To view additional, detailed information for the test(s) in which you are interested, click on the corresponding links provided in the TEST NO., Instrumentation, Vehicle and Barrier columns. Selecting the corresponding Vehicle link will allow you to view Occupant and Restraint information associated with the chosen test.

Viewing records starting at record 0

Test No.	Test Reference No.	Test Type	Contract or Study Title	Test Performer	Impact Angle (degrees)	Test Configuration	Offset Distance (mm)	Closing Speed (kph)	Instrumentation Information	Vehicle Information	Barrier Information
963	8605232	OTHER	CRASH 3 MODEL IMPROVEMENTS	TRC OF OHIO	90	IMPACTOR INTO VEHICLE		53.9	Instrumentation Information	Vehicle Information	Barrier Information

The page last modified on: 10/29/01

DESCRIÇÃO GERAL DO TESTE



Vehicle Database Query Results - Vehicle Information

NOTE: Only data that has been reviewed and released from NHTSA/OCR's quality control process is available via this interface.

Listed below are the vehicle records corresponding to the previously applied test and vehicle query criteria. Click on the links in the Occupant, Restraint, or Instrumentation columns to view corresponding detail pages.

Test No.	Vehicle No.	Vehicle Make	Vehicle Model	Model Year	Engine Displacement (liters)	Vehicle Test Weight (Kgrams)	Vehicle Length (mm)	Vehicle Width (mm)	Max. Crush Distance (mm)	Instrumentation Information	Occupant Information	Barrier Information
963	1	NHTSA	FLAT IMPACTOR			1468				Instrumentation Information	Occupant Information	Barrier Information
963	2	MITSUBISHI	TREDIA	1983	1.8	980	4382	1646	632	Instrumentation Information	Occupant Information	Barrier Information

The page last modified on: 12/3/01

VEÍCULOS UTILIZADOS NO TESTE

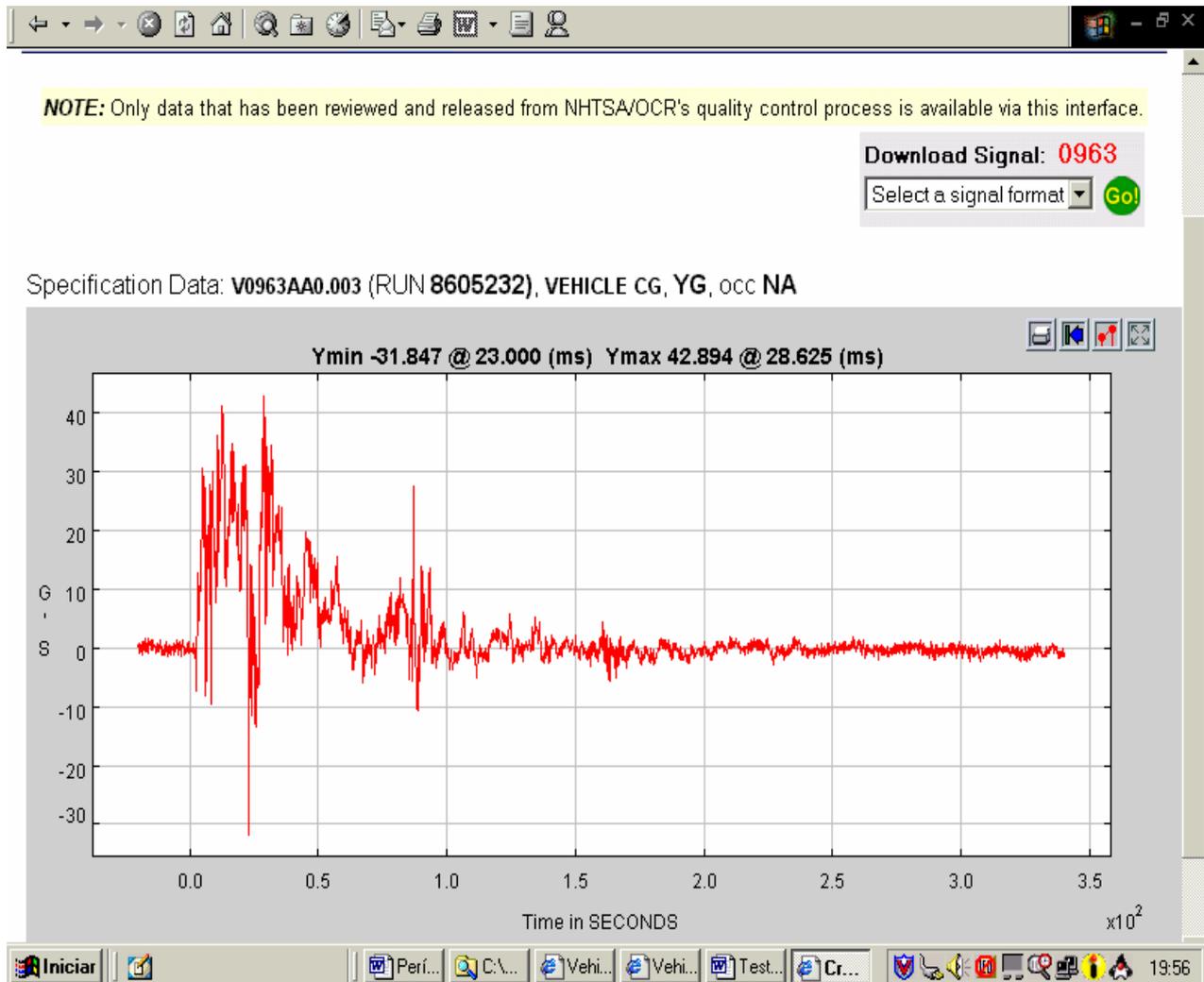


DIAGRAMA ACELERAÇÃO EM DIREÇÃO PERPENDICULAR À TRAJETÓRIA DO IMPACTADOR NHTSA, EM FUNÇÃO DO TEMPO, PARA ACELERÔMETRO NÚMERO 003, COLOCADO NO CENTRO DE GRAVIDADE DO IMPACTADOR - INTERVALO DE TEMPO DE INTERAÇÃO ENTRE OS VEÍCULOS ESTIMADO EM $0,7 \times 10^2 \text{ ms} = 0,070 \text{ s}$

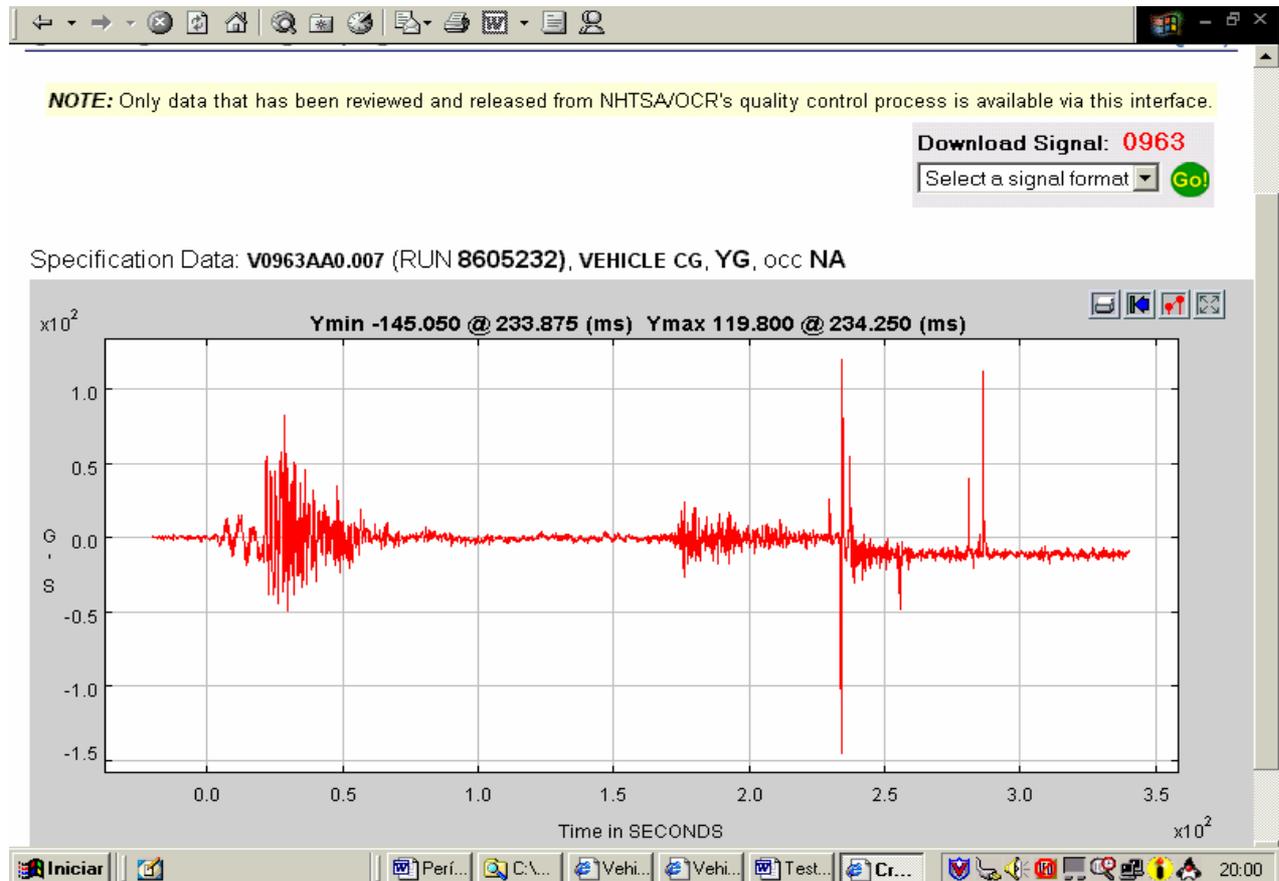


DIAGRAMA ACELERAÇÃO EM DIREÇÃO PERPENDICULAR À TRAJETÓRIA DO IMPACTADOR NHTSA, EM FUNÇÃO DO TEMPO, PARA ACELERÔMETRO NÚMERO 007, COLOCADO NO CENTRO DE GRAVIDADE DO IMPACTADOR - INTERVALO DE TEMPO DE INTERAÇÃO ENTRE OS VEÍCULOS ESTIMADO EM $0,6 \times 10^2 \text{ ms} = 0,060 \text{ s}$

Frente aos dados expostos, adotou-se para a colisão entre os veículos V1 () e (V2), um intervalo de tempo de interação entre os veículos igual à média aritmética dos tempos medidos (0,070 s e 0,060 s) . Portanto, adotou-se um intervalo de tempo médio de **0,065 segundo** .

11.3 - Intervalo de Tempo até o Semáforo S2

A distância entre a posição inicial (em frente ao semáforo S1) e o semáforo S2 (Amintas de Barros x Tibagi) é de 113,24 m .

Adotando instante inicial nulo no início do movimento, tem-se

$$x = 0,5 \cdot a \cdot t^2 \rightarrow 113,24 = 0,5 \cdot 1,96 \cdot t^2$$

$$t = 10,75 \text{ s} \dots\dots\dots [16]$$

Portanto, o veículo V2 () passou pelo semáforo S2 (Amintas de Barros x Tibagi) no instante 10,75 s (adotando instante inicial nulo no momento em que V2 iniciou seu movimento em frente ao semáforo S1).

Como citado no item 7, sub-item (g), o semáforo S1 (Amintas de Barros x Conselheiro Laurindo) abre (verde) 11 (onze) segundos antes de o semáforo S2 (Amintas de Barros x Tibagi) abrir (verde).

Assim, do ponto de vista estritamente matemático, o veículo V2 () pode ter passado pelo semáforo S2 com um tempo de

$$11 - 10,75 = 0,25 \text{ segundo}$$

antes de S2 abrir (verde). Do ponto de vista físico, mais abrangente e melhor aplicável à presente análise, a diferença de 0,25 segundo está dentro da margem de erro da análise, já que os dados colhidos no local possuem incertezas inerentes aos instrumentos de medida (trenas para distâncias, cronômetros para tempo).

Assim sendo, não se pode afirmar com certeza científica que o veículo V2 () tenha cruzado o semáforo S2 (Amintas de Barros x Tibagi) fechado (vermelho). A interpretação física da análise matemática mostra que o veículo V2 () pode ter passado pelo semáforo S2 uma fração de segundo antes ou após abrir (verde).



$$x = v \cdot t \rightarrow x = 22,46 \cdot 2,2$$

$$x = 49,41 \text{ m} \dots\dots\dots [19]$$

13 - DA ANÁLISE DOS MOVIMENTOS DOS VEÍCULOS V1 E V2 NOS PONTOS DE OBSERVAÇÃO TEÓRICA

O fato de o edifício existente no cruzamento da colisão possuir um recuo inclinado em planta, pode levar à especulação quanto à possibilidade de visualização antecipada por parte de ambos os condutores dos veículos V1 () e V2 (), aventando-se a possibilidade de a colisão ser evitável pelo acionamento dos freios. Os hipotéticos prolongamentos da fachada do referido edifício se encontram com as trajetórias dos veículos, definindo as posições teóricas de observação.

Na seqüência serão determinados os instantes e as posições dos veículos quando das respectivas passagens pelas posições teóricas de observação.

13.1 - Instante em que o Veículo V1 () passou por sua Posição Teórica de Observação

Da prancha de desenho n.º 03 obtém-se a distância de 29,59 m até o ponto de impacto (P.I.) .

O intervalo de tempo de movimento antes da colisão é

$$x = v \cdot t' \rightarrow 29,59 = 22,46 \cdot t' \rightarrow t' = 1,32 \text{ s}$$

O instante em que o veículo V1 passou por sua posição teórica de observação é

$$t = 11,43 - 1,32$$

$$t = 10,11 \text{ s} \dots\dots\dots [20]$$

15 - CONCLUSÕES

Frente a todos os dados levantados e expostos até aqui, feitas as interrelações entre as informações objetivas coletadas, através do raciocínio lógico e à luz dos conhecimentos matemáticos e físicos aplicados em engenharia, o parecer técnico deste Perito é o de que a colisão automobilística em estudo ocorreu nas seguintes condições:

- a) A velocidade do veículo V1 () imediatamente antes da colisão era de 80,84 km/h .
- b) A velocidade do veículo V2 () imediatamente antes da colisão era de 80,63 km/h .
- c) O veículo V2 () pode ter iniciado seu movimento a partir do repouso, em frente ao semáforo S1 (Amintas de Barros x Conselheiro Laurindo), pois a distância disponível até o ponto de impacto (P.I.) e a aceleração que pode ser imprimida ao veículo, seriam suficientes para o mesmo ser acelerado até a velocidade final de 80,63 km/h.
- d) Adotando instante inicial nulo quando do início do movimento do veículo V2 () em frente ao semáforo S1 (Amintas de Barros x Conselheiro Laurindo), partindo do repouso com aceleração constante, a colisão ocorreu no instante 11,43 s .
- e) O veículo V2 () passou pelo semáforo S2 (Amintas de Barros x Tibagi) no instante 10,75 s .
- f) Não se pode afirmar com certeza científica que o veículo V2 () tenha cruzado o semáforo S2 (Amintas de Barros x Tibagi) fechado (vermelho). **A abertura** do semáforo S2 ocorre no instante 11 s . Entre o instante 11 s e o instante em que o veículo V2 passou pelo semáforo S2, 10,75 s , ocorre uma diferença de 0,25 s , não significativa do ponto de vista físico, frente às hipóteses simplificadoras adotadas e às incertezas introduzidas pelos instrumentos de medição tais como trenas e cronômetros. A interpretação física da análise matemática realizada mostra que o veículo V2 () pode ter passado pelo semáforo S2 uma fração de segundo antes ou após o mesmo abrir (verde).
- g) O semáforo S3 (Tibagi x Amintas de Barros) fechou (vermelho) 2,2 segundos antes da passagem do veículo V1 () por ele. O semáforo S3 permaneceu fechado (vermelho) até o instante 48 s , pois seu período de fechamento é de 39 segundos. A diferença de 2,2 segundos não é desprezível e implica em que o veículo V1 distava 49,41 m do semáforo S3, quando este fechou (vermelho).



* No instante 11,2 s :

- o veículo V1 () passa pelo semáforo S3 (Tibagi x Amintas de Barras), voltado para ele e fechado (vermelho) há 2,2 segundos;

* No instante 11,43 s :

- ocorre a colisão.

l) Quanto ao Boletim de Ocorrência de Acidente de Trânsito n.º (BPTran, Polícia Militar do Paraná, 1.ª CIRETRAN, DETRAN, Secretaria de Estado da Segurança Pública do Estado do Paraná), é dever deste Perito fazer as seguintes retificações:

* O terço médio direito do veículo V2 () não se apresentava danificado.

* Os limpadores de pára-brisa dianteiros não apresentavam avarias.

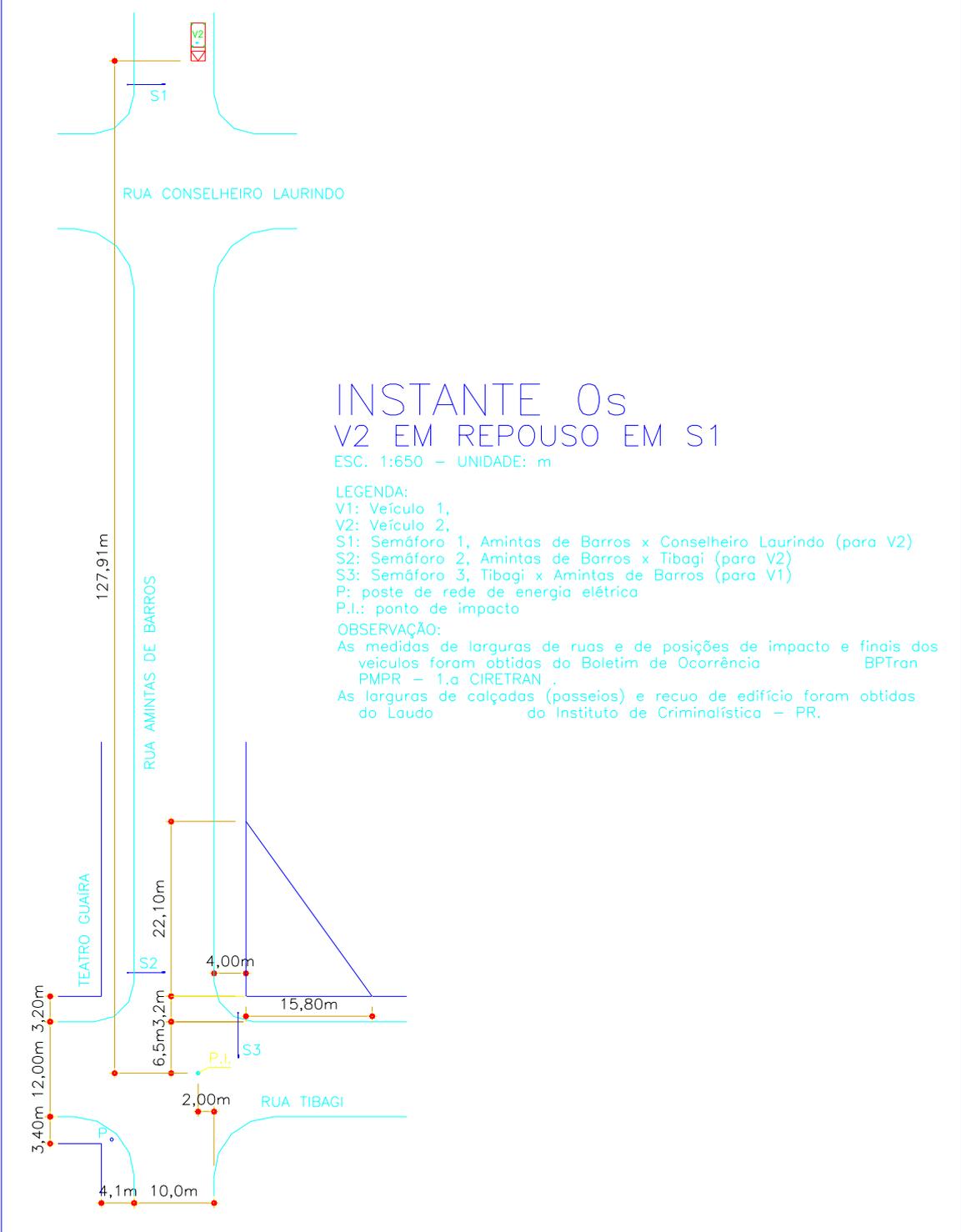
E são estas as declarações que tem este Perito a fazer em sua consciência, aqui lavradas em 41 (quarenta e uma) folhas de papel (não consideradas as folhas referentes aos anexos), tendo como anexos 7 (sete) pranchas de desenho (pranchas 01, 01-A, 02, 03, 04, 05 e 06) em formato A4 (Anexo A), 35 (trinta e cinco) tomadas fotográficas devidamente legendadas (Anexo B), três folhas extraídas do Guia de Referência de Testes da NHTSA (Anexo C) e uma cópia da Anotação de Responsabilidade Técnica junto ao CREA-PR (Anexo D).

Curitiba, de de .

MOACYR MOLINARI
perito, engenheiro civil, professor, M.Sc.

ANEXO A

SETE PRANCHAS DE DESENHO EM FORMATO A4



INSTANTE 9,67s

V2 PASSA POR SUA POSIÇÃO TEÓRICA

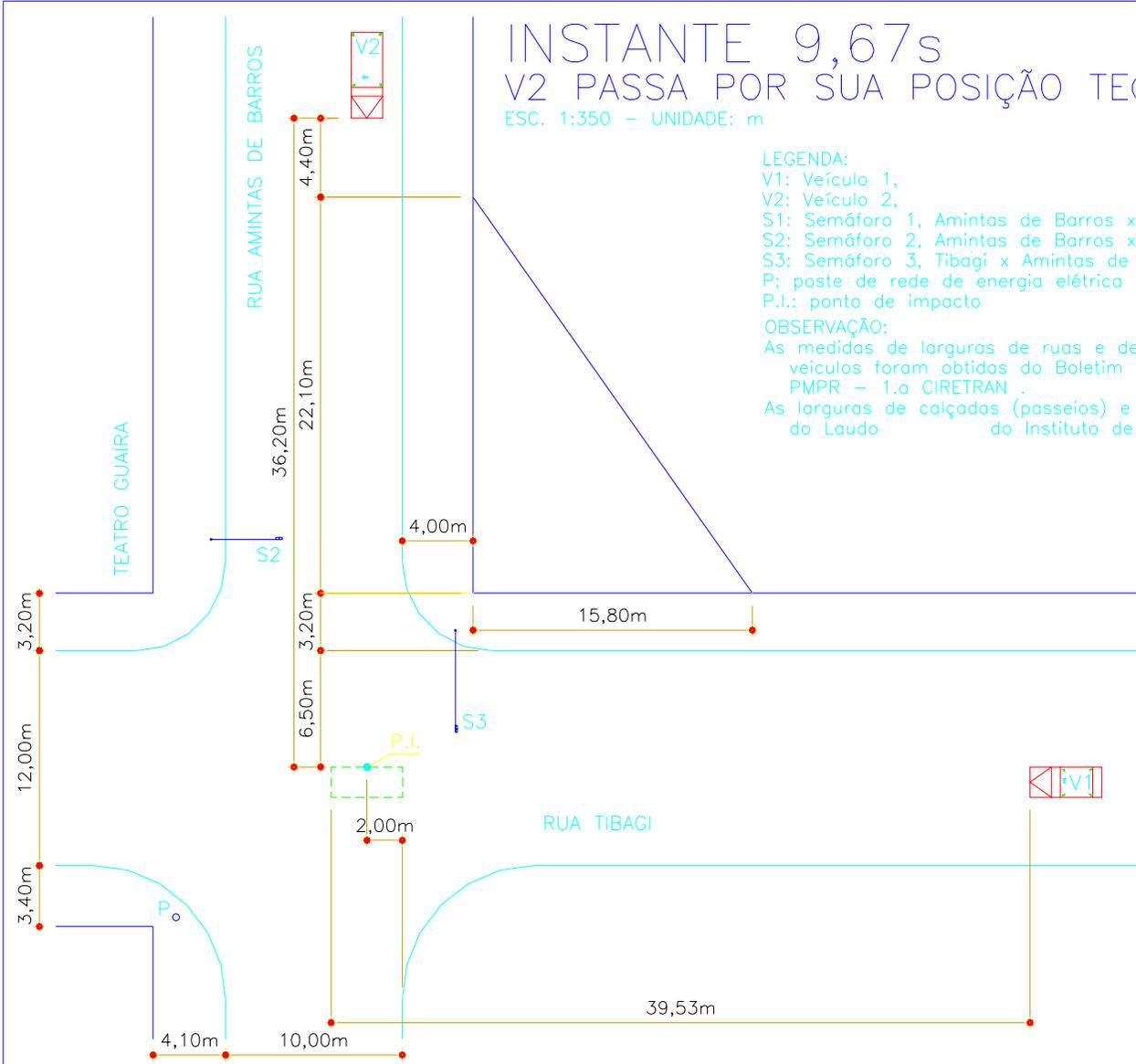
ESC. 1:350 - UNIDADE: m

LEGENDA:

- V1: Veículo 1,
- V2: Veículo 2,
- S1: Semáforo 1, Amintas de Barros x Conselheiro Laurindo (para V2)
- S2: Semáforo 2, Amintas de Barros x Tibagi (para V2)
- S3: Semáforo 3, Tibagi x Amintas de Barros (para V1)
- P: poste de rede de energia elétrica
- P.I.: ponto de impacto

OBSERVAÇÃO:

As medidas de larguras de ruas e de posições de impacto e finais dos veículos foram obtidas do Boletim de Ocorrência BPTTran PMPR - 1.ª CIRETRAN .
As larguras de calçadas (passeios) e recuo de edifício foram obtidas do Laudo do Instituto de Criminalística - PR.



Moacyr Molinari
perito - engenheiro

(041)

crea15586/D-PR

PERÍCIA COLISÃO X

TÍTULO PLANTA - INSTANTE 9,57s

DESENHO mamn

FOLHA 02

INSTANTE 10,11s

V1 PASSA POR SUA POSIÇÃO TEÓRICA DE OBSERVAÇÃO

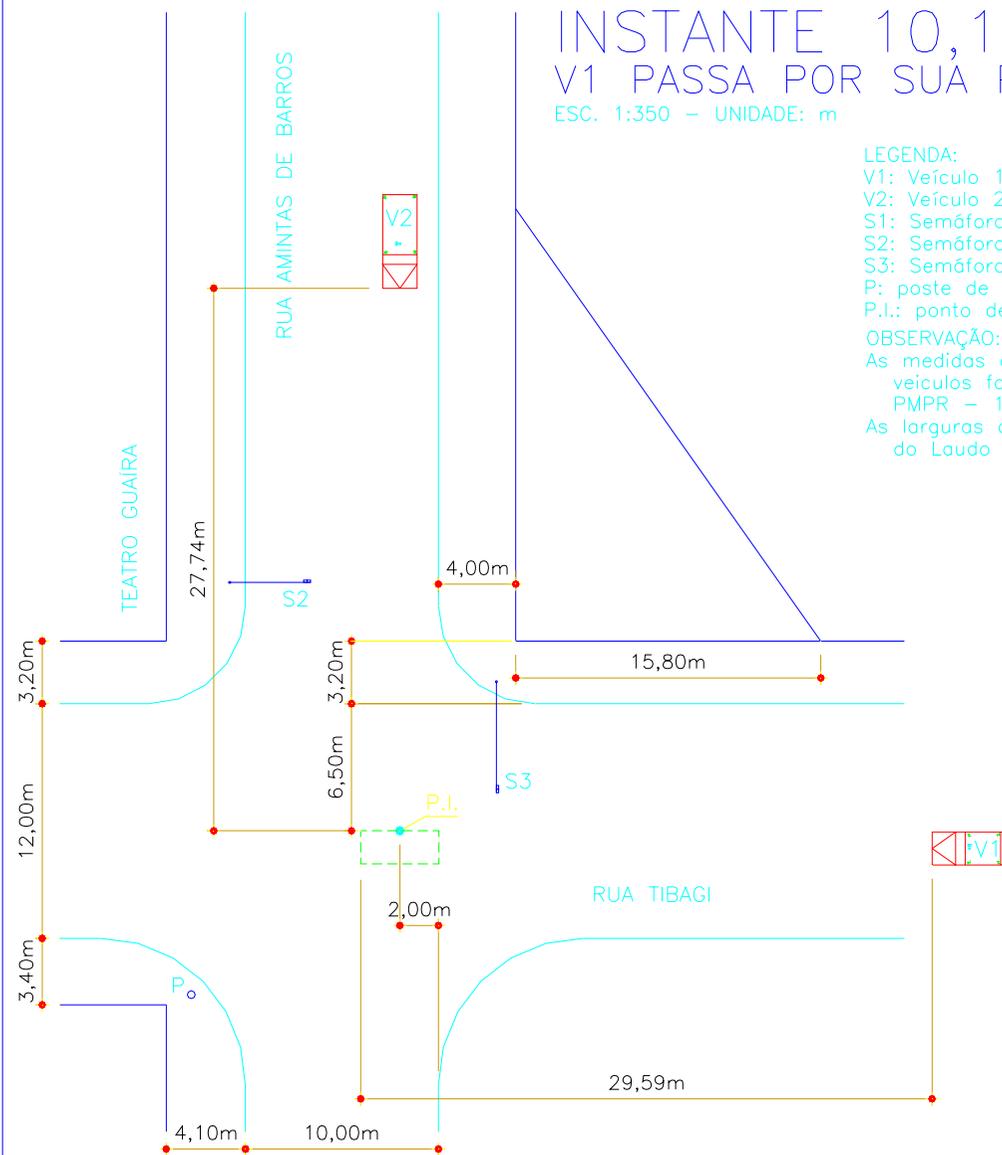
ESC. 1:350 - UNIDADE: m

LEGENDA:

- V1: Veículo 1,
- V2: Veículo 2,
- S1: Semáforo 1, Amintas de Barros x Conselheiro Laurindo (para V2)
- S2: Semáforo 2, Amintas de Barros x Tibagi (para V2)
- S3: Semáforo 3, Tibagi x Amintas de Barros (para V1)
- P: poste de rede de energia elétrica
- P.I.: ponto de impacto

OBSERVAÇÃO:

As medidas de larguras de ruas e de posições de impacto e finais dos veículos foram obtidas do Boletim de Ocorrência BPTTran PMPR - 1.ª CIRETRAN .
As larguras de calçadas (passeios) e recuo de edifício foram obtidas do Laudo do Instituto de Criminalística - PR.



Moacyr Molinari
perito - engenheiro

(041)

crea15586/D-PR

PERÍCIA

COLISÃO

x

TÍTULO

PLANTA - INSTANTE 9,92s

DESENHO

mamn

FOLHA

03

INSTANTE 11,43s

IMPACTO

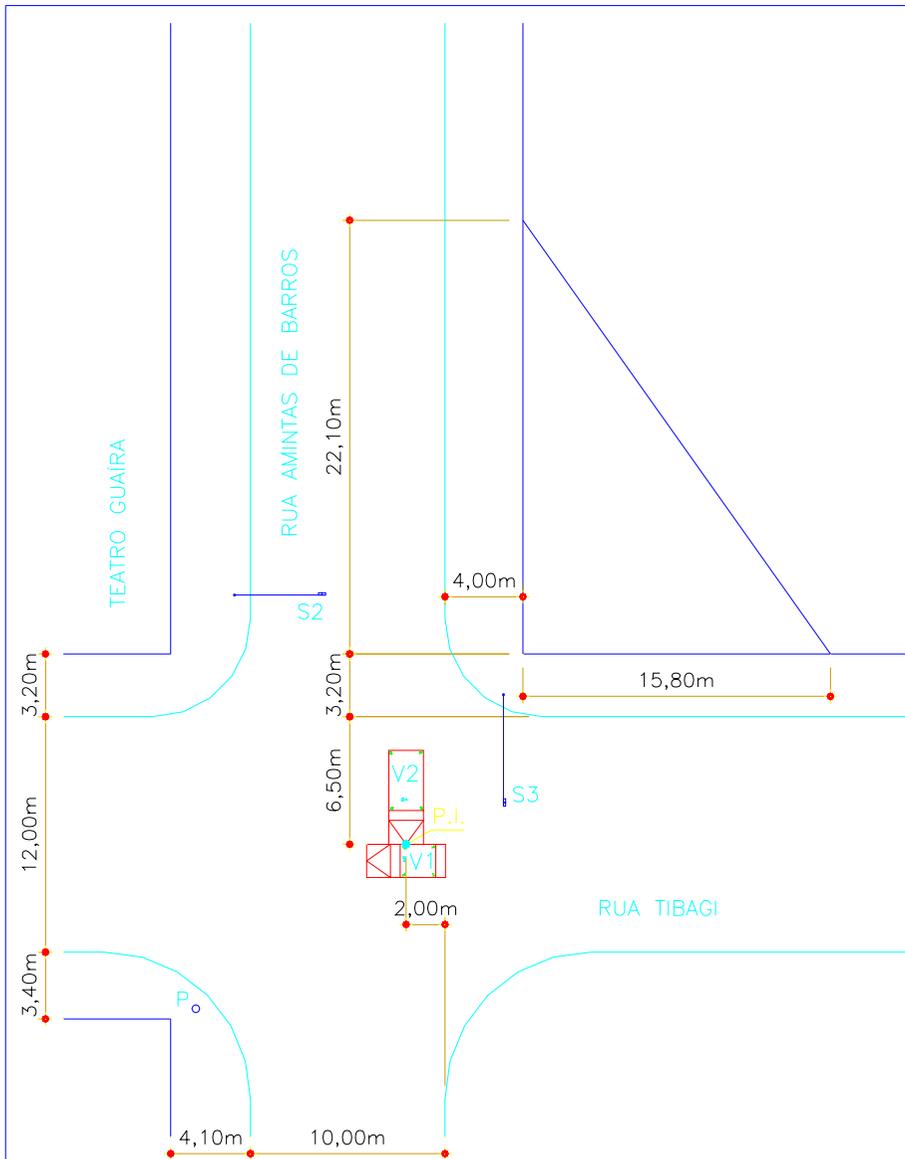
ESC. 1:350 – UNIDADE: m

LEGENDA:

- V1: Veículo 1,
- V2: Veículo 2,
- S1: Semáforo 1, Amintas de Barros x Conselheiro Laurindo (para V2)
- S2: Semáforo 2, Amintas de Barros x Tibagi (para V2)
- S3: Semáforo 3, Tibagi x Amintas de Barros (para V1)
- P: poste de rede de energia elétrica
- P.l.: ponto de impacto

OBSERVAÇÃO:

As medidas de larguras de ruas e de posições de impacto e finais dos veículos foram obtidas do Boletim de Ocorrência BPTTran PMPR – 1.a CIRETRAN .
As larguras de calçadas (passeios) e recuo de edifício foram obtidas do Laudo do Instituto de Criminalística – PR.



Moacyr Molinari
perito – engenheiro

(041)

crea15586/D-PR

PERÍCIA

COLISÃO

x

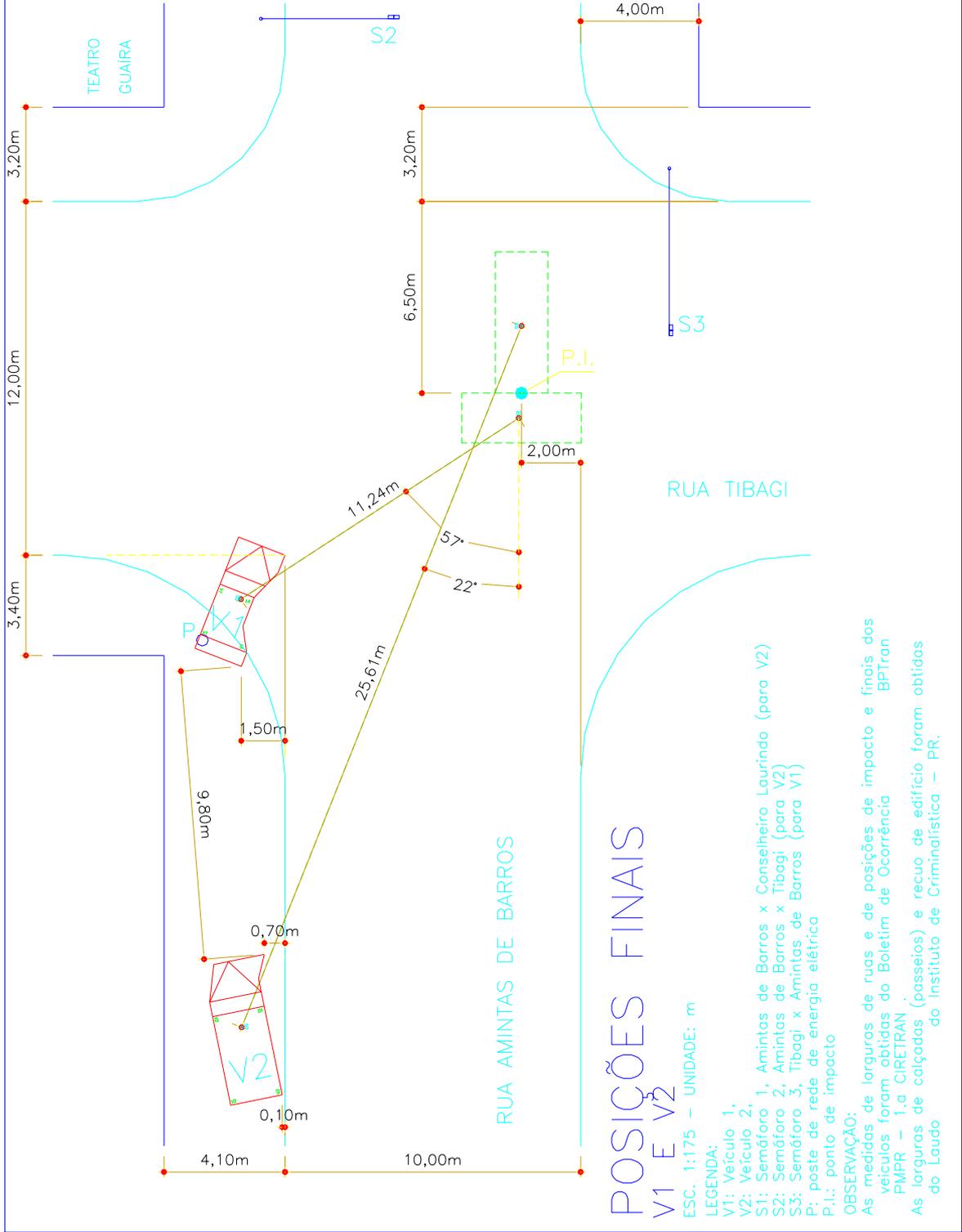
TÍTULO

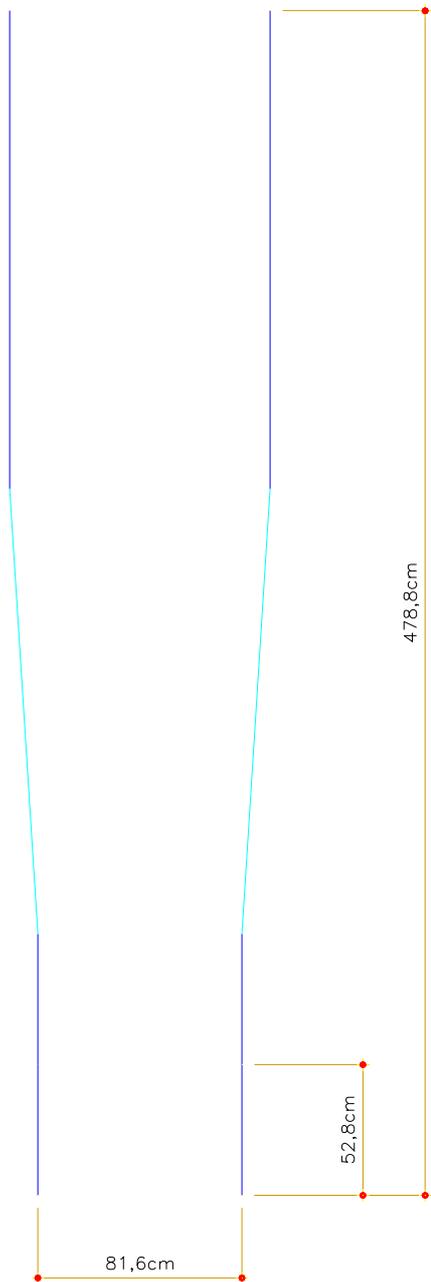
PLANTA – INSTANTE 11,43s

DESENHO
mamn

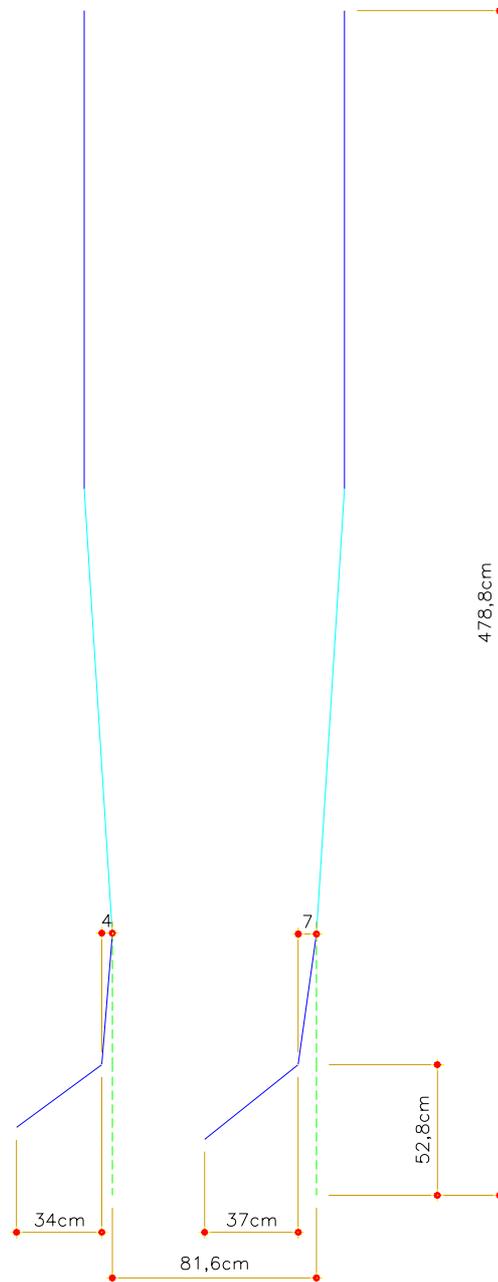
FOLHA

04





CHASSI DE V2
INDEFORMADO (ORIGINAL)
ESC. 1:25 – UNIDADE: cm



CHASSI DE V2
DEFORMADO PELA COLISÃO
ESC. 1:25 – UNIDADE: cm