

RELATÓRIO DE RESULTADOS

ENSAIO BALÍSTICO PARA DETERMINAÇÃO DA V_{50} COMPARATIVO – CDP's PLANOS & CURVOS

REL. N° TEC/15-2012

Campo Limpo Paulista, 03 de setembro de 2012

VITROTEC	Redigido por: Marcelo Manfredine	Revisado por: Milton Y. Kague	Rel.: TEC/15-2012 Rev.: / Data: 03/Set/2012
-----------------	-------------------------------------	----------------------------------	--

1- INTRODUÇÃO

Este relatório apresenta os resultados dos ensaios balísticos comparativos de transparências blindadas curvas e planas de espessura de 15 mm.

2- OBJETIVO DO ENSAIO

O objetivo do ensaio foi comparar os resultados de V_{50} das amostras planas com as curvas para determinar qual tem maior resistência balística.

O ensaio balístico foi executado a fim de determinar o corpo de prova mais resistente; plano ou curvo.

Para tanto, foi utilizado a norma MIL-STD-662F para determinar o V_{50} de cada CDP – plano e curvo.

O projétil escolhido foi o mais agressivo em transparências blindadas, para o nível IIIA da norma NBR15000:2005, o .44 Mangum SWC GC.

3- DADOS DO ENSAIO

Os ensaios ocorreram nos dias 30 e 31 de agosto de 2012, e foram conduzidos de acordo com a norma MIL-STD-662F “ V_{50} Ballistic Test for Armor” e NBR15000:2005 “Blindagens para impactos balísticos”. O projétil utilizado foi o calibre .44 Magnum, SWC GC, com massa média de 15,6 gramas.

3.1 – REFERÊNCIAS

MIL-STD-662F “ V_{50} Ballistic Test for Armor”;

NBR15000:2005 – “Blindagens para impactos balísticos – Classificação e critérios de avaliação”.

3.2- REPRESENTANTES DA VITROTEC

Milton Yoshio Kague – Engenheiro Mecânico

Marcelo – Supervisor de Laboratório

Alexandro – Técnico de Laboratório

VITROTEC	Redigido por: Marcelo Manfredine	Revisado por: Milton Y. Kague	Rel.: TEC/15-2012 Rev.: / Data: 03/Set/2012
-----------------	-------------------------------------	----------------------------------	--

3.3- TERMOS E SIMBOLOGIAS UTILIZADAS

Esta seção contém a descrição dos termos e símbolos utilizados neste relatório.

Ângulo de impacto – Ângulo complementar formado entre a normal da superfície do painel blindado e a trajetória do projétil.

Corpo de Prova (CDP) – Peças ensaiadas.

Impacto válido – Um impacto é considerado válido quando:

- ✓ a distância entre dois impactos for superior a dois diâmetros do projétil;
- ✓ a distância entre um impacto e uma área danificada ou trincada devido a impactos anteriores for maior que dois diâmetros do projétil;
- ✓ a distância entre um impacto e a borda da região blindada for maior que dois diâmetros do projétil.

Penetração Completa (PC) – Uma penetração completa na blindagem ocorre quando o projétil, seus fragmentos, ou qualquer fragmento do material que compõem o painel blindado perfura o revestimento de alumínio da estrutura metálica que suporta os painéis blindados.

Penetração Parcial (PP) – Qualquer impacto que não é considerado uma penetração completa deve ser considerado como uma penetração parcial.

V₅₀ ballistic limit (V₅₀) – É a velocidade na qual é igualmente provável ocorrer um **PP** ou uma **PC**.

VITROTEC	Redigido por: Marcelo Manfredine	Revisado por: Milton Y. Kague	Rel.: TEC/15-2012 Rev.: / Data: 03/Set/2012
-----------------	-------------------------------------	----------------------------------	--

3.4- INSTRUMENTAÇÃO DE ENSAIO

- ✓ Provete para calibre .44” Magnum;
- ✓ Detetor “Infrared Screen” Ehler modelo 57;
- ✓ Medidor Ehler modelo 35P, número de série 674/Vitrotec;
- ✓ Balança modelo RCBS.

3.5- DISPOSIÇÃO DO ENSAIO

A figura 3.1 ilustra o dispositivo de fixação dos CDP's. O dispositivo foi montado de tal forma que os CDP's fiquem absolutamente a um ângulo de 90° da trajetória do projétil, no ponto de impacto. A distância entre cronógrafo e alvo foi fixada em 02 metros.



Figura 3.1- Dispositivo de fixação dos CDP's mostrando ângulo de impacto de 90° da trajetória do projétil.

VITROTEC	Redigido por: Marcelo Manfredine	Revisado por: Milton Y. Kague	Rel.: TEC/15-2012 Rev.: / Data: 03/Set/2012
-----------------	-------------------------------------	----------------------------------	--

3.6- CARACTERIZAÇÃO DO CDP

Foram ensaiados 10 CDP's de 200 mm x 200 mm planos e 08 CDP's de 200 mm x 200 mm curvos (veja a figura 3.2 e 3.3 abaixo). Todos os CDP's tinham a mesma espessura e composição, como seguem:

6,00 mm de vidro

0,76 mm de PVB

4,00 mm de vidro

1,27 mm de PU

3,00 mm de Policarbonato

Total de 15,03 mm de espessura nominal e 14,6 mm de espessura real.



Figura 3.2 – CDP's planos e curvos testados



Figura 3.3 – CDP's curvos foram concebidas com raio de 2500 mm.

VITROTEC	Redigido por: Marcelo Manfredine	Revisado por: Milton Y. Kague	Rel.: TEC/15-2012
			Rev.: / Data: 03/Set/2012

4- CALIBRAÇÃO DE VELOCIDADE DO PROJÉTIL

A calibração de velocidade do projétil .44”Magnum, SWC GC, foi efetuada variando-se a quantidade de pólvora do estojo.

5- RESULTADOS

5.1- IMPACTOS CDP’s PLANOS

A tabela 4.2 mostra os resultados dos impactos dos CDP’s planos:

Tabela 4.2 – Resultados dos impactos nos CDP’s planos.

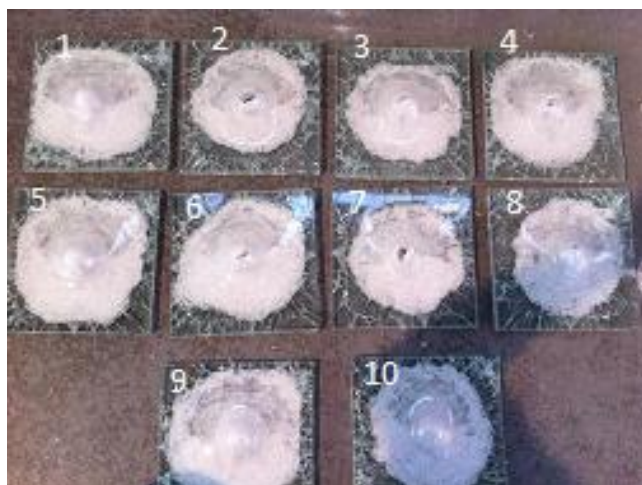
CDP’s	Velocidades	Resultado	Impactos utilizados
01 Plano	416 m/s	PP	Sim
02 Plano	428 m/s	PC	
03 Plano	424 m/s	PC	
04 Plano	419 m/s	PC	
05 Plano	415 m/s	PP	
06 Plano	415 m/s	PC	Sim
07 Plano	417 m/s	PC	
08 Plano	403 m/s	PC	Sim
09 Plano	418 m/s	PP	Sim
10 Plano	411 m/s	PP	



CDP com resultado PP – Penetração Parcial



CDP com resultado PC – Penetração Completa



CDP's Testados conforme Tabela 4.2

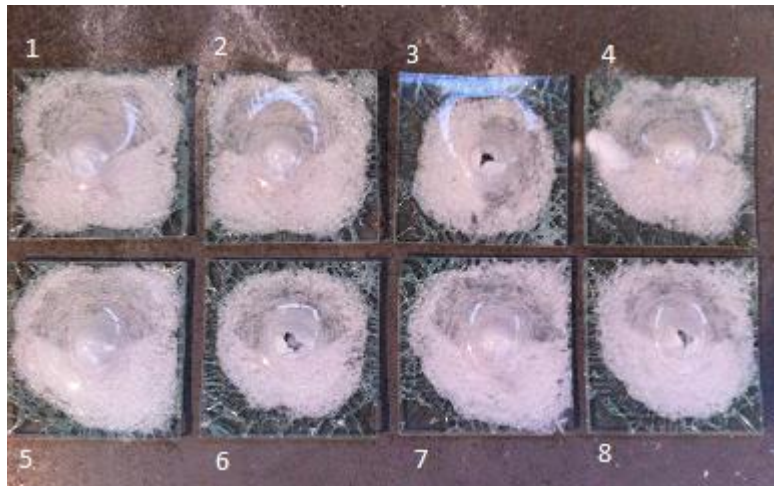
VITROTEC	Redigido por: Marcelo Manfredine	Revisado por: Milton Y. Kague	Rel.: TEC/15-2012
			Rev.: / Data: 03/Set/2012

5.2- IMPACTOS CDP's CURVOS

A tabela 5.2 mostra os resultados dos impactos dos CDP's curvos:

Tabela 5.2 – Resultados dos impactos nos CDP's curvos.

CDP's	Velocidades	Resultado	Impactos utilizados
01 Plano	419 m/s	PP	
02 Plano	415 m/s	PP	
03 Plano	410 m/s	PC	Sim
04 Plano	418 m/s	PP	
05 Plano	423 m/s	PP	Sim
06 Plano	430 m/s	PC	Sim
07 Plano	425 m/s	PP	Sim
08 Plano	431 m/s	PC	



CDP's Testados conforme Tabela 5.2

VITROTEC	Redigido por:	Revisado por:	Rel.: TEC/15-2012
	Marcelo Manfredine	Milton Y. Kague	Rev.: / Data: 03/Set/2012

01-0415	ok
02-0428	x
03-0424	x
04-0419	x
05-0415	ok
06-0415	x
07-0417	x
08-0403	x
09-0418	ok
10-0411	ok
01-0419	ok
02-0415	ok
03-0410	x
04-0418	ok
05-0423	ok
06-0430	x
07-0425	ok
08-0431	x

Velocidades registradas pelo cronógrafo

6- CÁLCULO DA V_{50}

De acordo com a norma MIL-STD-662F “ V_{50} Ballistic Test for Armor”, a V_{50} é determinada calculando-se a média aritmética de uma quantidade igual das mais altas velocidades de PP e das mais baixas velocidades de PC que ocorreram dentro de um determinado intervalo de velocidades. A norma estabelece que devem ser computadas, no mínimo, 2 PP e 2 PC para o cálculo da V_{50} .

VITROTEC	Redigido por:	Revisado por:	Rel.: TEC/15-2012
	Marcelo Manfredine	Milton Y. Kague	Rev.: /
			Data: 03/Set/2012

6.1- DETERMINAÇÃO DA V_{50} PARA IMPACTOS NOS CDP'S PLANOS

Para este caso, ocorreram 6 PC's e 4 PP's, nos dez CDP's testados. Os impactos das PP's utilizados foram do CDP 01 (416 m/s) e 09 (418 m/s). Os impactos das PC's foram o 06 (415 m/s) e 08 (403 m/s).

CDP	01	09	06	08	V50
VEL. m/s	416	418	415	403	413 m/s
RESULTADO	PP	PP	PC	PC	

Tabela 6.1- Velocidades utilizadas para cálculo da V_{50} CDP's Planos.

Portanto, a V_{50} para os CDP's Planos testados foi de 413 m/s.

6.2- DETERMINAÇÃO DA V_{50} PARA IMPACTOS NOS CDP'S CURVOS

Para este caso, ocorreram 3 PC's e 5 PP's, nos oito CDP's testados. Os impactos das PP's utilizados foram do CDP 05 (423 m/s) e 07 (425 m/s). Os impactos das PC's foram o do CDP 03 (410 m/s) e 06 (430 m/s).

CDP	05	07	03	06	V50
VEL. m/s	423	425	410	430	422 m/s
RESULTADO	PP	PP	PC	PC	

Tabela 6.1- Velocidades utilizadas para cálculo da V_{50} CDP's curvos.

Portanto, a V_{50} para os CDP's curvos testados foi de 422 m/s.

VITROTEC	Redigido por: Marcelo Manfredine	Revisado por: Milton Y. Kague	Rel.: TEC/15-2012 Rev.: / Data: 03/Set/2012
-----------------	-------------------------------------	----------------------------------	--

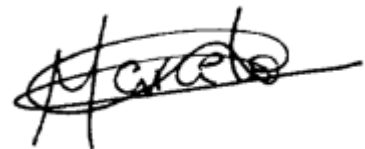
7- CONCLUSÃO

Os resultados demonstraram que os CDP's, concebidos em vidros e policarbonatos curvos tiveram V50 2,18% superior aos CDP's planos.

Este estudo comprova que o processo de curvação assim como a absorção do CDP curvo auxilia a resistência balística.



Milton Yoshio Kague
Eng. Mecânico



Marcelo Manfredine
Eng. Químico