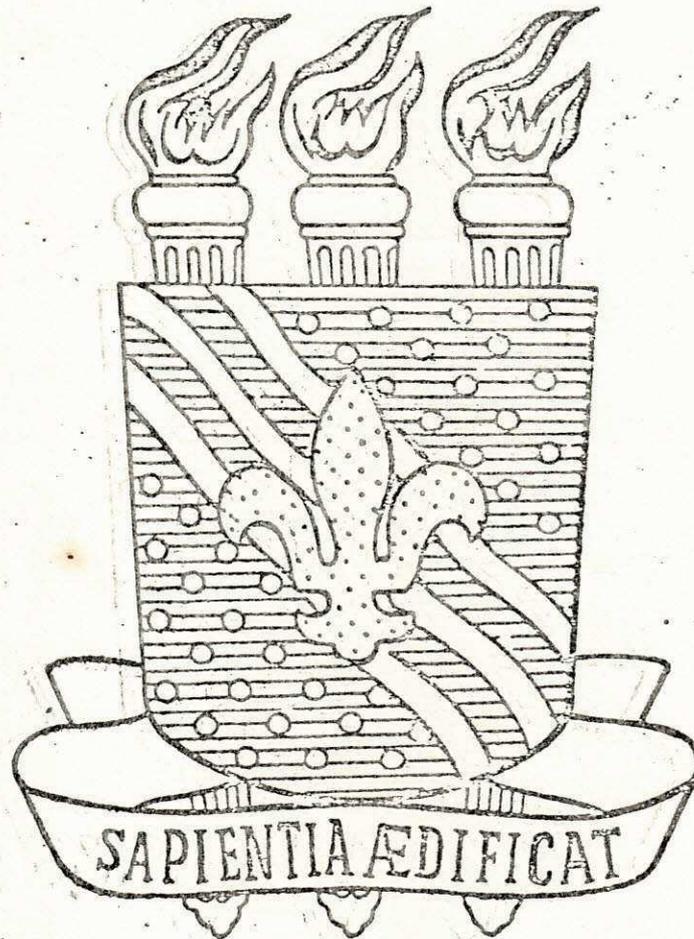


Universidade Federal da Paraíba  
PRÓ-REITORIA PARA ASSUNTOS DO INTERIOR  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MATERIAIS



ESTÁGIO INTEGRADO

CURSO DE ENGENHARIA DE MATERIAIS

PROFESSOR ORIENTADOR: ESTEVÃO FREIRE

ALUNO : UÉDSON A. DO NASCIMENTO

MATRÍCULA : 871.1183-6

AV. APRÍGIO VELOSO, 882 - BODOCONGÓ 58109-970 CAMPINA GRANDE - PARAÍBA

FONE: (083)333-1000 RAMAL 236/138 - Cx.P. 10057



Biblioteca Setorial do CDSA. Abril de 2021.

Sumé - PB

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MATERIAIS

RELATÓRIO FINAL  
ESTÁGIO INTEGRADO

TRABALHO APRESENTADO POR:

UÉDSON A. DO NASCIMENTO

MATRÍCULA: 871.1183-6

LOCAL DO ESTÁGIO: CENTRAL DE POLÍMEROS DA BAHIA S.A.  
POLO PETROQUÍMICO DE CAMAÇARÍ - BA.

ORIENTADOR : ESTEVÃO FREIRE

NOME DO TRABALHO: BLENDS POLIMÉRICAS PVC/MODIFICADOR DE IMPACTO

CAMPINA GRANDE

OUTUBRO - 92

ESTÁGIO INTEGRADO - JULGADO EM 19 / 10 / 92

NOTA: 9,0 (NOVE)

EXAMINADORES:

Esteban

Suédina M<sup>te</sup> de Lima Silva Ramos

Tomás Jefferson C. de Almeida

CAMPINA GRANDE - PARAÍBA  
OUTUBRO - 1992

## APRESENTAÇÃO

Este trabalho de conclusão de curso em ENGENHARIA DE MATERIAIS foi realizado na CENTRAL DE POLIMEROS DA BAHIA (CPB), empresa do grupo PROQUIGEL, estabelecida na zona leste do POLO PETROQUIMICO DE CAMAÇARI-BA, rua dos Plásticos 1564, Fone- 071-8321263, no período de 25/03 à 25/09/92, cobrindo cerca de 1050 horas de trabalho integral.

O grupo Proquigel é o mais diversificado produtor de termoplásticos do Brasil. Uma posição conquistada em 20 anos de atuação pioneira, graças a uma política de investimentos constantes em tecnologia e produção, que resultou na implantação de fábricas nos Estados da Bahia e São Paulo, e associações com os principais produtores mundiais de termoplásticos. A CPB é a maior unidade industrial da Proquigel.

A Proquigel é responsável pelo fornecimento de oito tipos de termoplásticos de engenharia e convencionais, em tonalidades naturais e coloridas: ABS, POLICARBONATO, ABS/PC, ACRILICO, SAN, POLIESTIRENO CRISTAL e de ALTO IMPACTO e produtos especiais, como copolímeros, ligas e compostos de alta performance.

Recentemente a empresa lançou no mercado uma resina modificadora de impacto para PVC, o M-BEGEL, um terpolímero de metacrilato de metila-butadieno-estireno. Este trabalho se concentrou basicamente na caracterização das propriedades mecânicas e físicas do PVC modificado com M-BEGEL, visando a elaboração de um catálogo técnico para o produto. Várias propriedades foram verificadas, tais como: TAV, DUREZA ROCKWELL, RI, RESISTENCIA TENSIL, DEFORMAÇÃO, etc.



CENTRAL DE  
POLÍMEROS  
DA BAHIA S. A.

### DECLARAÇÃO

Declaramos para os devidos fins que o sr. UEDSON ALEXANDRE DO NASCIMENTO, portador de C.I. nº 1.218.118-SSP/PB, estudante de Engenharia de Materiais na UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAIBA, estagiou em nossa empresa, na área de desenvolvimento de blendas poliméricas e ensaios físicos de materiais plásticos, durante o período de 25/03 à 25/09/1992.

Camaçari, 25 de Setembro de 1992.

Iara Terezinha Q. P. dos Santos  
Gerente do Lab. Controle de Qualidade

## ABRADECIMENTOS

- A Deus, principalmente, e a meus pais por me terem dado a oportunidade de estar aqui, buscando contribuir com meu esforço e dedicação, através de meu estudo e trabalho, com a sociedade.

- A minha querida esposa, pelo apoio e pela compreensão devida a minha ausência em seus dias.

- A professora Dra. Laura Hecker de Carvalho e ao professor MSC. Marcelo Silveira Rabello, exemplos de dedicação e trabalho, pela contribuição à minha formação profissional.

- Ao Sr. Ariel Elder Zanini, Diretor Técnico da CPB, pelo apoio e pela oportunidade para realização deste estágio.

- A minha orientadora na CPB, Eng. Iara Terezinha Q. P. dos Santos, pelo apoio e críticas construtivas imprescindíveis, para realização deste estágio.

- Aos colegas Marcelo, Orlando, Raimundo, Ednaldo, Falcão, Ana, Estrela, Jaqueline, Cristina, Cristiane, Thaís, Marcos, Núbia, Fernanda, Manoel, João Carvalho, Miraldo, Wilson, Adromário, Ricardo, Bira, Eliézer, Murilo e tantos outros que me incentivaram, de alguma forma, para esquecer a distância que me separava dos meus entes queridos.

- Agradecimento especial a Marcelo e Orlando, sem a ajuda dos quais seria impossível a confecção deste trabalho.

- Ao povo brasileiro que contribuiu, através do pagamento de impostos, para que eu pudesse estudar e me formar em escolas públicas.

## RESUMO

O objetivo principal deste trabalho, foi a caracterização das propriedades físicas e mecânicas do PVC modificado com M-Begel, resina modificadora de impacto para o PVC recentemente lançada no mercado pela CPB, visando a elaboração de um catálogo técnico.

Os resultados obtidos mostram que o M-Begel funciona efetivamente como modificador de impacto para o PVC de médio e alto peso molecular, elevando sua resistência ao impacto a valores muitas vezes superiores aos da resina PVC pura, sem prejuízos consideráveis a rigidez e propriedades tênses.

## SIGLAS, ABREVIACOES E SIMBOLOS

ABS	- Copolímero Acrilonitrila-Butadieno-Estireno
CP	- Corpo de Prova
CP's	- Corpos de prova
CPB	- Central de Polimeros da Bahia
EVA	- Copolímero Etileno-Acetato de Vinila
HIPVC	- PVC de Alto Impacto
MBS	- Copolímero Metacrilato de metila-Butadieno- Estireno
MMA	- Metilmetacrilato
PC	- Policarbonato
PMMA	- Poli(metilmetacrilato)
PVC	- Poli(cloreto de vinila)
RI	- Resistência ao Impacto Izod
RT	- Resistência Tênsil
SAN	- Copolímero Estireno-Acrilonitrila
TAV	- Temperatura de Amolecimento Vicat
Tg	- Temperatura de transição vítrea

## INDICE

1.0-	INTRODUÇÃO .....	01
2.0-	CONSIDERAÇÕES TEORICAS .....	03
2.1-	PROCESSO DE MISTURA .....	03
2.1.1-	MOINHO-DE-ROLOS .....	04
2.2-	MISCIBILIDADE E COMPATIBILIDADE .....	04
2.2.1-	CORRELAÇÃO ENTRE COMPATIBILIDADE E PROPRIEDADES MECÂNICAS .....	05
2.3-	PLASTICOS MODIFICADOS COM BORRACHA .....	06
2.3.1-	MECANISMO DE TENACIFICAÇÃO .....	07
2.3.2-	PVC DE ALTO IMPACTO .....	08
2.3.3-	MODIFICADOR DE IMPACTO .....	09
3.0-	PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL .....	11
3.1-	MATERIAIS EMPREGADOS .....	11
3.1.1-	PVC .....	11
3.1.2-	ADITIVOS PARA OS COMPOSTOS DE PVC .....	11
3.1.3-	MODIFICADOR DE IMPACTO .....	12
3.2-	EQUIPAMENTOS EMPREGADOS .....	12
3.3-	METODOLOGIA .....	13
3.3.1-	COMPOSIÇÃO .....	13
3.3.2-	MISTURA INTENSIVA .....	13
3.3.3-	MISTURA NO ESTADO AMOLECIDO .....	13
3.3.4-	PRENSAGEM DAS PLACAS .....	14
3.3.5-	USINAGEM DOS CP'S .....	14
3.3.6-	ENTALHE DOS CP'S PARA TESTE DE RI .....	15
3.3.7-	CONDICIONAMENTO DOS CP'S .....	15
3.3.8-	ENSAIOS REALIZADOS .....	15
4.0-	RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	15
5.0-	CONCLUSÃO .....	20
6.0-	BIBLIOGRAFIA .....	21
APENDICES		

## 1.0- INTRODUÇÃO

Durante o período de evolução no aparecimento de novos polímeros, descobriu-se que também seria tecnologicamente e economicamente vantajoso o desenvolvimento de técnicas para modificação de alguns polímeros até então existentes. Tem-se utilizado mais recentemente de uma tecnologia de modificação de polímeros muito importante, a fabricação de BLENDS poliméricas. Este processo é baseado na simples mistura mecânica do polímero 1 com o polímero 2. Sob condições controladas esta mistura pode resultar num produto altamente desejado a um baixo custo. Portanto, não é necessário saber como se fabrica um polímero para poder utilizá-lo em blends poliméricas. Qualquer empresa que possua infraestrutura para fabricar compostos pode desenvolver blends poliméricas, pelo menos dentro das limitações de seus equipamentos, de mistura. Isto porque o único custo de processo advém da etapa de mistura que é semelhante àquela da incorporação de aditivos após a etapa de polimerização ou de copolimerização.

O PVC é um dos mais importantes e versáteis polímeros. O PVC é retardante de chama por natureza e com boa resistência química. Estas características tem proporcionado inúmeras e variadas aplicações. Isto tem sido ressaltado pelo seu baixo custo e pela sua capacidade em ser modificado. Sem modificação o PVC após ser polimerizado, apresenta baixa processabilidade, baixa estabilidade térmica e baixa resistência ao impacto. O uso de estabilizantes ao calor, lubrificantes e outros aditivos torna o PVC o mais versátil polímero. A resistência ao impacto do PVC

rígido pode ser aumentada pela adição de MODIFICADORES DE IMPACTO, através de uma blenda mecânica. Os modificadores de impacto mais frequentemente utilizados são: ABS, Polietileno Clorado, borracha nitrílica, Copolímeros EVA, elastômeros acrílicos; Metilmetacrilato-Butadieno-estireno; AMBS, etc. Estes modificadores são adicionados ao PVC durante a etapa de formulação.

O objetivo deste trabalho de conclusão de curso, foi basicamente estudar o comportamento mecânico e físico do PVC modificado, pelo processo de blenda mecânica, com o modificador de impacto M-BEGEL, um terpolímero de metacrilato de metilbutadieno-estireno, recentemente lançado no mercado pela CPB, visando a elaboração de um catálogo técnico para o produto.

## 2.0-- CONSIDERAÇÕES TEÓRICAS

As blendas poliméricas podem ser classificadas segundo os métodos de obtenção. Sendo assim existem três métodos principais para se obter blendas poliméricas: por solução, por reticulados poliméricos interpenetrantes (IPN) e por mistura mecânica.

Neste trabalho empregou-se o método por mistura mecânica. Neste tipo de blenda os polímeros podem ser misturados no estado fundido ou no estado amolecido. Misturas mecânicas no estado amolecido são feitas utilizando-se, por exemplo, extrusoras e moinho-de-rolos. Em vez de utilizar temperatura para melhorar a eficiência de mistura, utiliza-se alto cisalhamento. Neste tipo de blendas, geralmente, um dos polímeros é rígido tal como o poliestireno e o outro é borrachoso tal como o polibutadieno.

### 2.1-- O PROCESSO DE MISTURA

O processo de mistura na blenda mecânica pode ser feito através de uma série enorme de equipamentos chamados misturadores. Estes misturadores podem ser classificados em duas amplas classes: Misturadores Intermitentes (Batch) e Misturadores Contínuos. Na realização deste trabalho empregou-se o Moinho-de-Rolos, um tipo de misturador intermitente.

### 2.1.1- MOINHO-DE-ROLOS

São misturadores do tipo intermitente que possuem dois ou mais rolos que giram em sentido contrário promovendo um alto cisalhamento na mistura. Normalmente os cilindros tem excelente acabamento superficial e são aquecidos. Os moinhos com dois rolos podem apresentar velocidades de rotação diferentes para cada rolo. Esta diferença de velocidades provoca um cisalhamento adicional e facilita a formação de uma banda em um dos rolos. A operação do moinho-de-rolos aberto depende da adesão da massa mastificada em um dos rolos. Isto provoca a formação de uma manta sobre um dos rolos. Durante a operação do moinho acontece o corte da manta e a mistura novamente para formar uma nova manta. Esta nova manta facilita a distribuição dos elementos interfaciais através do sistema. Em moinho-de-rolos pequeno este procedimento é realizado manualmente e a eficiência da mistura através dos cortes da manta depende da habilidade do operador.

### 2.2- MISCIBILIDADE E COMPATIBILIDADE

Uma blenda é dita miscível quando os segmentos moleculares dos componentes poliméricos se misturam intimamente não havendo qualquer segregação entre as moléculas (separação de fases).

Compatibilidade representa estados de mistura onde as propriedades finais da blenda estão de acordo com os valores desejados. Um sistema de polímeros pode não ser miscível mas pode ser compatível. Por exemplo, polímeros muito frágeis são

misturados com borrachas para melhorar a resistência ao impacto. Estas borrachas se mantêm na forma de partículas esféricas, dentro da matriz quebradiça, para absorver a energia gerada durante um impacto. Neste caso teremos duas fases no sistema, a fase borrachosa em forma de partículas esféricas e a fase quebradiça formada pela matriz que envolve as partículas de borracha. Não existe mistura a nível molecular, conseqüentemente a blenda é imiscível, mas por outro lado a blenda é compatível pois satisfaz os objetivos desejados.

### 2.2.1- CORRELAÇÃO ENTRE COMPATIBILIDADE E PROPRIEDADES MECANICAS

O comportamento mecânico de uma blenda polimérica pode ser considerado como o principal critério para se estudar compatibilidade em blendas. A relação entre propriedade mecânica e a composição tem sido frequentemente usada no estudo de compatibilidade de blendas poliméricas. O comportamento de uma propriedade mecânica versus composição pode ser classificado como : Aditivo ou compatível, e incompatível. Por exemplo, quando um polímero A é misturado com um polímero B, a blenda passa a ter uma propriedade cujo valor é a média aritmética, com relação a fração de um polímero no outro, dos valores para os polímeros puros A e B. A maioria das blendas consideradas compatíveis seguem esta interpretação.

Uma possibilidade estranha, embora observada menos frequentemente, é quando blendas do polímero A e do polímero B mostram sinergismo com respeito a alguma propriedade mecânica.

Por exemplo, alguma propriedade tal como a resistência à tração, é superior a ambos os polímeros puros A ou B. Existe um máximo na curva propriedade versus composição cujo valor é superior ao valor dos polímeros puros(fig.1)

Em muitos casos, importantes propriedades de resistência tais como: resistência a tração, resistência ao impacto, e outras, não seguem nem o fenômeno de aditividade nem o de sinergismo. Algumas vezes observamos propriedades que exibem uma ampla faixa de valores mínimos quando plotados em função da composição. Os valores são bastante inferiores aos valores de ambos componentes puros. Esta situação usualmente ocorre devido ao pobre grau de adesão interfacial entre os componentes. Tal comportamento é característico de blendas poliméricas incompatíveis.

### 2.3- PLÁSTICOS MODIFICADOS COM BORRACHA

Uma desvantagem de muitos materiais plásticos, especialmente os chamados vítreos é a baixa resistência ao impacto, principalmente em baixas temperaturas.

Três condições são essenciais para se produzir uma mistura com alta resistência ao impacto: (1) a temperatura vítrea do componente elastomérico deve ser abaixo da temperatura ambiente; (2) a borracha deve formar uma segunda fase dispersa na matriz rígida e (3) deve haver uma boa adesão entre as duas fases. No caso de misturas a adesão é melhorada pelo aumento de similaridade de comportamento de solubilidade entre as fases, contando que não haja solubilidade total entre as fases, o que

impediria a formação de partículas de borracha.

A desvantagem de se adicionar modificadores de impacto é uma redução na resistência tênsil e módulo de elasticidade. A eficiência de modificadores de impacto depende dos seguintes fatores:

- Tipo de aditivo - grau de adesão com o polímero,  $T_g$ ;
- Condições de processamento - grau de dispersão, tamanho de partícula;
- Quantidade adicionada.

### 2.3.1- MECANISMO DE TENACIFICAÇÃO

As propriedades de sistemas multi-componentes são determinadas não apenas pela composição química e estrutura molecular dos componentes individuais mas também pela morfologia destes sistemas multi-componentes.

Acredita-se que estes sistemas são tenazes pois possuem vários mecanismos de deformação capazes de dissipar a energia aplicada que seria, de outra forma, utilizada para estender falhas ou trincas existentes. Os principais mecanismos de tenacificação envolvem escoamento por cisalhamento, interação entre escoamento por cisalhamento e crazing (fissuramento), desvio de multiplicação da própria trinca crescente. A incorporação de uma fase incompressível como uma borracha tende a desenvolver um campo de tensão dilatacional na interface plástico-borracha de modo que o fissuramento tende a ser muito mais comum do que, por exemplo, em plásticos com fibra de vidro.

Com relação às partículas de borracha alguns aspectos

são importantes: (1) deve ser compatível com a matriz para se ter boa resistência interfacial; (2) deve ter Tg suficientemente baixa para permanecer borrachoso, podendo induzir a deformação por fissuramento ou bandas de cisalhamento e (3) deve ter concentração e tamanho de partícula adequados para se ter muitas fissuras pequenas.

### 2.3.2- PVC DE ALTO IMPACTO (HIPVC)

O PVC é um plástico muito versátil mas tem na baixa resistência ao impacto um dos pontos frágeis de seu desempenho. Possui Tg de 80°C, predominantemente amorfo, sendo rígido e frágil na temperatura ambiente. A utilização de modificadores de impacto como terpolímero Metacrilato de metila-Butadieno-Estireno, torna o material resistente ao impacto, muitas vezes sem prejuízos à rigidez, dureza e estabilidade dimensional.

Para se ter um ótimo desempenho do PVC modificado deve ter o modificador muito bem disperso entre suas partículas durante a formulação e mistura à seco. Se a eficiência de dispersão for boa a quantidade de modificador requerida para a tenacificação adequada não deve ser superior a 10% em peso. Após a etapa de mistura à quente (moinho-de-rolos, extrusão ou injeção) a morfologia consiste de uma matriz de PVC rígido com partícula de modificador dispersas. O tamanho de partículas vai depender das condições de cisalhamento sofridas pela formulação durante a mistura por fusão.

Os modificadores de impacto devem ser semicompatíveis com o PVC, com parâmetro de solubilidade diferindo de 0,4-<sup>1/2</sup> 0,8MPa.

### 2.3.3- MODIFICADOR DE IMPACTO

M-BEGEL, resina modificadora da resistência ao impacto para o PVC, é um terpolímero obtido pela grafitação do metilmetacrilato de metila sobre uma matriz elastomérica de copolímero butadieno-estireno.

Embora seja possível a formulação de compostos rígidos e semi-rígidos de PVC através da escolha adequada da resina e do sistema de estabilização e lubrificação, o produto resultante desse processamento é bastante quebradiço, tornando, portanto, tais compostos dependentes dos modificadores de impacto.

Portanto a adição da resina M-BEGEL aos compostos de PVC lhes confere as seguintes características e propriedades:

- Aumento acentuado da resistência ao impacto em temperatura ambiente como em baixas temperaturas;
- Excelente transparência do produto acabado;
- Melhoria significativa da aparência da superfície do produto acabado;
- Ausência de odores estranhos;
- Boa estabilidade térmica
- Excelente desempenho na moldagem por sopro de frascos e garrafas de PVC;
- Fácil mistura e processamento
- Redução acentuada do branqueamento (formação de estrias brancas na superfície - "stress whitening" ).

A resistência ao impacto de um composto de PVC é grandemente influenciada pelo teor de resina modificadora

incorporada a mistura. Estudos mostram que a resistência ao impacto do composto aumenta significativamente quando se adiciona quantidade de modificador de impacto até 15pcr para cada 100 partes de resina PVC. Essa quantidade porém, poderá variar de acordo com os requisitos técnicos e aplicação específica de cada peça.

Cada monômero afere à resina uma característica que torna viável seu uso em compostos de PVC.

MMA- Transparência

Butadieno- Impacto

Estireno- Processabilidade

A morfologia e as características das partículas do modificador tem papel importante, especialmente na etapa de mistura. Superfícies heterogêneas ( irregulares e porosas ), devem aumentar a tensão superficial quando os materiais são misturados na forma de pó. Este contato íntimo, no estado sólido faz com que no processo de transformação, a elevadas temperaturas, a interação química entre os diversos componentes aumente, aumentando com isso a miscibilidade. Além disso, a presença de porosidade permite uma maior difusão dos componentes e com isso um contato mais íntimo. A estrutura do modificador afeta a compatibilidade entre as duas fases devido a carência de determinados grupos. A presença de grupos metil-metacrilato, melhora a miscibilidade entre os polímeros, devido interação polar com o Cl da estrutura do PVC.

Portanto, a obtenção de MBS com características

específicas é de vital importância para uma boa compatibilidade entre os materiais.

### 3.0- PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

#### 3.1- MATERIAIS EMPREGADOS

##### 3.1.1- PVC

Os quatro tipos de resina PVC-SP700, SP900, SP1100, SP1300 - foram fornecidos pela COMPANHIA PETROQUIMICA DE CAMAÇARI (CPC).

##### 3.1.2- ADITIVOS PARA OS COMPOSTOS DE PVC

###### 3.1.2.1- LUBRIFICANTES

3.1.2.1.1- LOXIOL 672- Lubrificante interno/ externo fornecido pela Henkel.

3.1.2.1.2- Estearato de Cálcio - Lubrificante interno fornecido pela Girard.

###### 3.1.2.2- ESTABILIZANTES

3.1.2.2.1- Sulfato tribásico de chumbo

3.1.2.2.2- Estearato dibásico de chumbo

3.1.2.2.3- Estearato monobásico de chumbo

Todos fornecidos pela IMBRA.

### 3.1.2.3- PIGMENTO

3.1.2.3.1-Dióxido de Titânio - Fornecido pela  
TIBRAS.

### 3.1.3- MODIFICADOR DE IMPACTO

O modificador de impacto empregado foi o M-BEGEL,  
fornecido pela CPB.

### 3.2- EQUIPAMENTOS EMPREGADOS

- 3.2.1- Balança semi-analítica digital Mettler PC 4400-  
Delta Range
- 3.2.2- Misturador Intensivo Mecanoplast Mod. ML-9RH20
- 3.2.3- Moinho-de-rolos Luxor- Mod. BML150
- 3.2.4- Prensa Hidráulica Luxor
- 3.2.5- Fresadora Tensilkut Mod. 10-68
- 3.2.6- Entalhador TMI- Mod. 43-15-3
- 3.2.7- Testador de Impacto Tinius Olsen
- 3.2.8- Equipamento Tinius Olsen para determinação da  
TAV
- 3.2.9- Durômetro Wilson Mod. 3JRPL- ACCO
- 3.2.10 Equipamento Universal para ensaio de Tração  
Mod.MEM 2000- EMIC

### 3.3-- METODOLOGIA

#### 3.3.1-- COMPOSIÇÃO

A composição básica empregada neste trabalho foi a seguinte:

Resina PVC.....	100pcr
Estabilizantes.....	4,8pcr
Lubrificantes.....	0,8pcr
Pigmento.....	0,5pcr
Modificador.....	10pcr

#### 3.3.2-- MISTURA INTENSIVA

Após a pesagem dos componentes, a composição em forma de pó, sem o modificador, foi levada ao misturador intensivo, que promove a dispersão dos componentes. A rotação do misturador foi elevada até ser estabilizada em 2.400rpm. A temperatura da mistura eleva-se, devido a agitação mecânica, até 100°C, quando então foi adicionado o modificador de impacto, com a mistura em agitação. A mistura, após adição do modificador, continuou até atingir 140°C e então foi resfriada até próxima a temperatura ambiente, no cilindro de resfriamento sob baixa rotação.

#### 3.3.3-- MISTURA NO ESTADO AMOLECIDO

A mistura no estado amolecido foi realizada em moinho-

de-rolos nas condições apresentadas na tabela abaixo:

composto PVC	tempo mistura	temperatura	abertura entre rolos	rotação dos cilindros
SP 700	6min	180°C	0,35mm	18x13 rpm
SP 900	6min	185°C	0,35mm	18x13 rpm
SP1100	8min	190°C	0,35mm	18x13 rpm
SP1300	8min	195°C	0,35mm	18x13 rpm

Os crepes foram retirados, após o tempo de mistura, e deixados resfriar a temperatura ambiente por 30 minutos.

### 3.3.4- PRENSAGEM DAS PLACAS

Os crepes após resfriados foram cortados nas dimensões do molde (20x20cm). Cerca de oito pedaços de crepe, nas dimensões de 20x20cm, foram colocados no molde e levados a prensa hidráulica para confecção das placas com espessura em torno de 3mm. As condições de prensagem são apresentadas na tabela 1. O resfriamento das placas foi realizado na própria prensa por 12 minutos, mantendo a pressão de moldagem aplicada.

### 3.3.5- USINAGEM DOS CORPOS DE PROVA

As placas prensadas foram cortadas em tiras de 2cm de largura e os corpos de prova para RI e RT foram usinados, na fresadora TENSILKUT, segundo as normas ASTM-D256 e D638 respectivamente. Corpos de prova TIPO I foram utilizados para os ensaios de RT.

### 3.3.6-- ENTALHE DOS CP'S PARA TESTE DE RI

O entalhe dos CP'S para ensaio de RI foi realizado no entalhador TMI, segundo norma ASTM-D256.

### 3.3.7-- CONDICIONAMENTO DOS CP'S

Todos os corpos de prova para os ensaios de RI e RT realizados, foram condicionados segundo suas respectivas normas ASTM.

### 3.3.8-- ENSAIOS REALIZADOS

3.3.8.1-- RESISTÊNCIA AO IMPACTO IZOD-- Realizado segundo norma ASTM-D256, método A, em testador TINIUS OLSEN.

3.3.8.2-- RESISTÊNCIA TÊNSIL-- Realizado segundo norma ASTM-D638, empregando CP'S TIPO I, em equipamento MEM200-EMIC.

3.3.8.3-- DUREZA ROCKWELL-- Realizado segundo norma ASTM-D785, método A, em equipamento WILSON 3JRPL-- ACCO.

3.3.8.4-- TEMPERATURA DE AMOLECIMENTO VICAT-- Realizado segundo norma ASTM-D1525 método B, em equipamento TINIUS OLSEN.

## 4.0- RESULTADOS E DISCUSSOES

Os resultados obtidos dos ensaios de RI, são apresentados na tabela 2 e fig.2.Sua análise indica que:

(1) A resistência ao impacto aumentou consideravelmente com

relação ao PVC puro em todas as composições com os diferentes tipos de resina PVC empregados;

(2) A resina SP700 não apresentou alta elevação desta propriedade;

(3) O melhor desempenho foi observado na composição com a resina SP1300.

Para se alcançar ótima performance da blenda, é necessário ótima dispersão dos componentes na mistura à seco e ótima distribuição das partículas de borracha na mistura, no estado amolecido. A resina PVC-SP700, apresenta baixo peso molecular e baixa porosidade, o que pode ter dificultado uma maior interação no processo de mistura dificultando, portanto, uma maior miscibilidade na interface matriz/borracha. Esta miscibilidade na interface, como já discutido, fortalece a mesma, possibilitando a transferência de tensões da matriz rígida para a fase borrachosa. Além disso, o peso molecular da resina e modificador influencia na compatibilidade entre ambos. É sabido que o excesso ou falta de determinados grupos dificulta a interação na interface fragilizando-a.

Na figura 2 pode ser observada a influência do peso molecular do PVC na resistência ao impacto. Esse fato sugere que além da composição do modificador como um todo ser importante, o peso molecular do PVC a ser empregado na blenda deve ser adequado para obtenção de boas propriedades. A obtenção de modificador com características específicas, também é de vital importância para determinada resina PVC, para boa compatibilidade entre os materiais.

Pode-se buscar ainda um ajuste na composição para se alcançar melhores resultados. Outros trabalhos mostram que um pequeno aumento da participação de modificador pode alterar significativamente a resposta da blenda.

Os resultados obtidos dos ensaios de resistência à tração, são apresentados na tabela 3 e figuras 3,4 e 5. Sua análise indica que:

(1) O alongamento aumentou em todas as composições com os diferentes tipos de resina PVC, em relação ao PVC puro;

(2) A resistência tênsil no escoamento, diminuiu em todas as composições com os diferentes tipos de resinas PVC, em relação ao PVC puro;

(3) A resistência tênsil na ruptura não variou significativamente com os diferentes tipos de resina PVC, em relação ao PVC puro;

(4) A resistência tênsil na ruptura apresentou um comportamento de queda, em relação a resistência no escoamento, com os diferentes tipos de resinas PVC, nas composições empregadas.

O aumento no alongamento está de acordo com o esperado já que as partículas de borracha tendem a facilitar o estiramento a frio, influenciando também na queda da resistência tênsil no escoamento, o que também é observado (figuras 3 e 4). Vale salientar que a tensão de escoamento determina a transição de um

estado de deformação elástica para um estado de deformação plástica. Essa transição é marcada pela tentativa das moléculas poliméricas de se orientarem ao longo da tensão aplicada. A resistência a essa orientação é devida a fatores como rigidez molecular e interações moleculares. Sabe-se que a adição de modificadores de impacto diminuem a rigidez da matriz, portanto este comportamento está de acordo com o esperado.

Com a tenacificação espera-se perda na rigidez do plástico modificado. Espera-se, por exemplo, que a resistência tênsil na ruptura caia até cerca de 50% do valor para o plástico não modificado. Observa-se na figura 5, que esta propriedade praticamente não foi atingida, o que é desejável, já que é fundamental que seja preservada a rigidez do polímero original com a incorporação de borracha. Portanto, o modificador de impacto M-BEGEL, além de aumentar consideravelmente a resistência ao impacto do PVC, mantém uma boa rigidez da blenda.

Os resultados obtidos com os ensaios de dureza, são apresentados na tabela 4 e sua análise indica que:

(1) A dureza diminuiu em todas as composições com os diferentes tipos de resina PVC, em relação ao PVC puro.

Como a rigidez do plástico diminui com a adição de modificador de impacto, é, portanto, esperado que a dureza diminua, já que quanto mais rígido um material, mais duro ele é.

Os resultados obtidos com os ensaios de TAV são

apresentados na tabela 5 e sua análise indica que:

(1) A TAV diminuiu em todas as composições com os diferentes tipos de resina PVC, em relação ao PVC puro.

A TAV é influenciada pela rigidez do material. Quanto mais rígido um material, mais alta é sua TAV. Portanto, uma queda na rigidez do material, reduz sua TAV.

## 5.0- CONCLUSÃO

- O M-BEGEL atua efetivamente na elevação da resistência ao impacto do PVC rígido;
- A melhor performance do M-BEGEL, foi alcançada para PVC de médio e alto peso molecular;
- O M-BEGEL melhora a resistência ao impacto do PVC sem grandes perdas das propriedades tênséis;
- A resistência à tração na ruptura foi pouco afetada pela atuação do modificador;
- O PVC com o modificador de impacto M-BEGEL, apresenta boas propriedades mecânicas e físicas. O modificador também melhora a processabilidade, estabilidade térmica e a superfície dos materiais moldados.

## 6.0- BIBLIOGRAFIA

01. M.S RABELLO -- Curso de aditivaco de polímeros, UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAIBA , 1987.
02. M.S RABELLO- Comportamento físico de compósitos Polipropileno/Atapulgita- Dissertao de Mestrado, UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAIBA, 1989.
03. E.H JÚNIOR- Curso de blendas poliméricas, UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS.
04. L.A PESSAN- Estudo do comportamento mecânico e morfológico de blendas poliméricas constituídas por poli(cloreto de vinila) e polímero acrilonitrila-butadieno-estireno(ABS), UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS, 1987.
05. M.A de PAOLI & N.R.R VELAASQUEZ-- Efecto del modificador de impacto, Metilmetacrilato-Butadieno-Estireno(MBS) en la formacion de "FISHEYES" em compuesto de PVC, Simpósio Latino Americano De Polímeros, Memoriais-1991.

# APENDICE

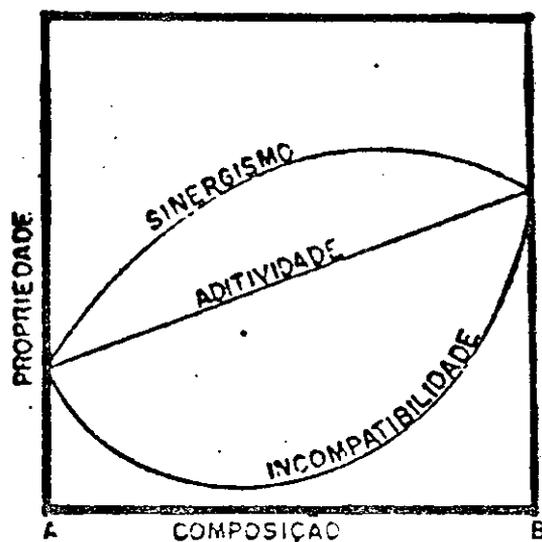


Figura 1 - Comportamentos possíveis de uma propriedade em função da composição, para uma mistura entre componentes A e B.

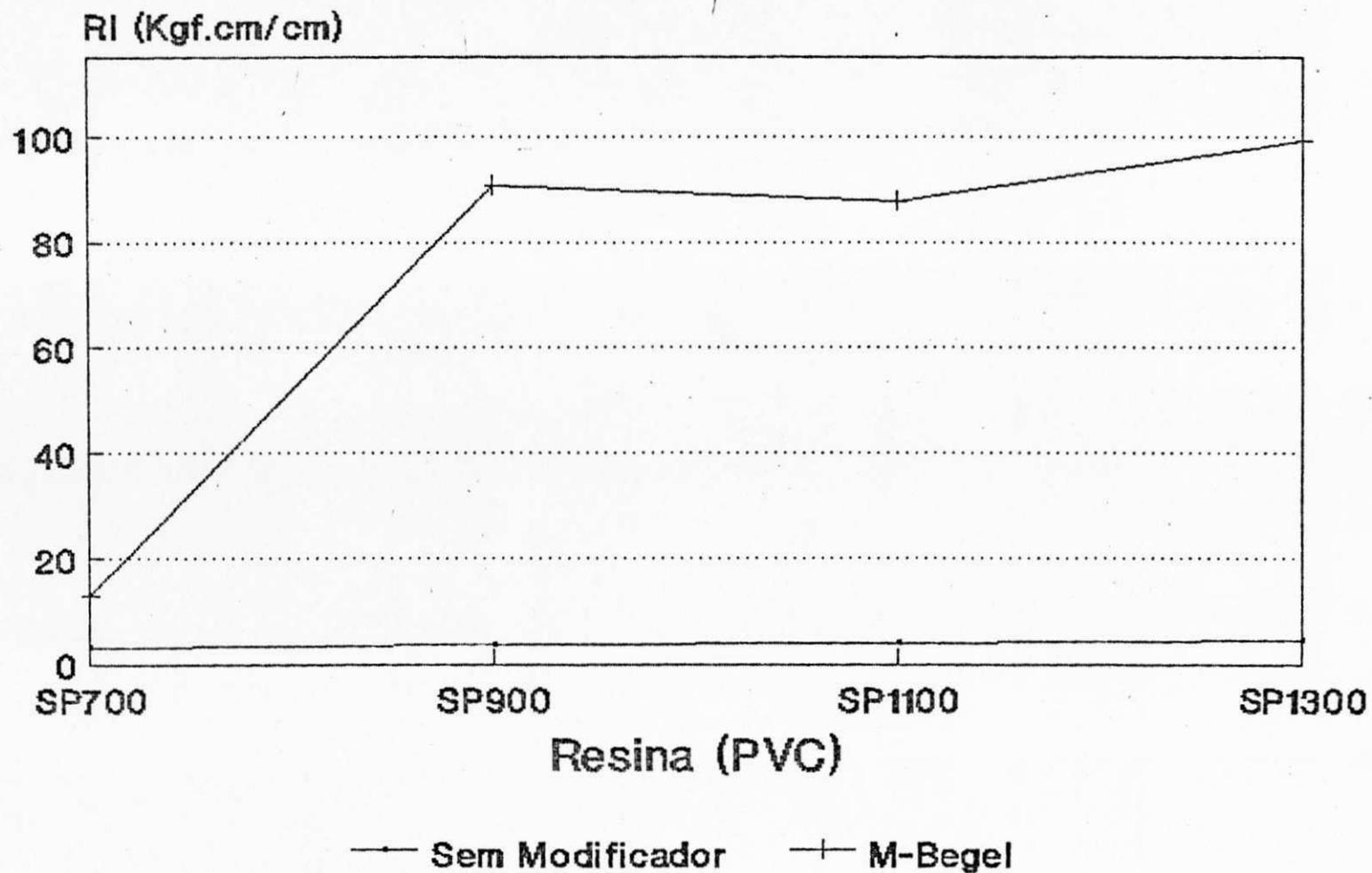
TAB. 1 - NA PRENSA HIDRAULICA

PRODUTOS	SP-700	SP-900	SP-1100	SP-1300
CONDICOES				
Tempo de Aquecimento(min)	15	20	20	20
Pressao de Aquecimento(Kgf/cm <sup>2</sup> )	50	50	50	50
Tempo de Resfriamento(min)	12	12	12	12
Pressao de Resfriamento(Kgf/cm <sup>2</sup> )	50	50	50	50
Temperatura de Resfriamento(°C)	30	30	30	30

TAB. 2 - RESISTENCIA AO IMPACTO

RESINA PVC	RESISTENCIA AO IMPACTO IZOD (Kgf.cm/cm)	
	SEM MODIFICADOR	M-BEGEL
700	3, 1±0, 4	12, 9±17
900	3, 6±0, 5	90, 9±7, 5
1100	4, 0±0, 6	87, 8±5, 2
1300	4, 6±0, 5	99, 2±11, 9

# GRAFICO: RESINA X RI



TAB. 3 - PROPRIEDADE TENSEIS

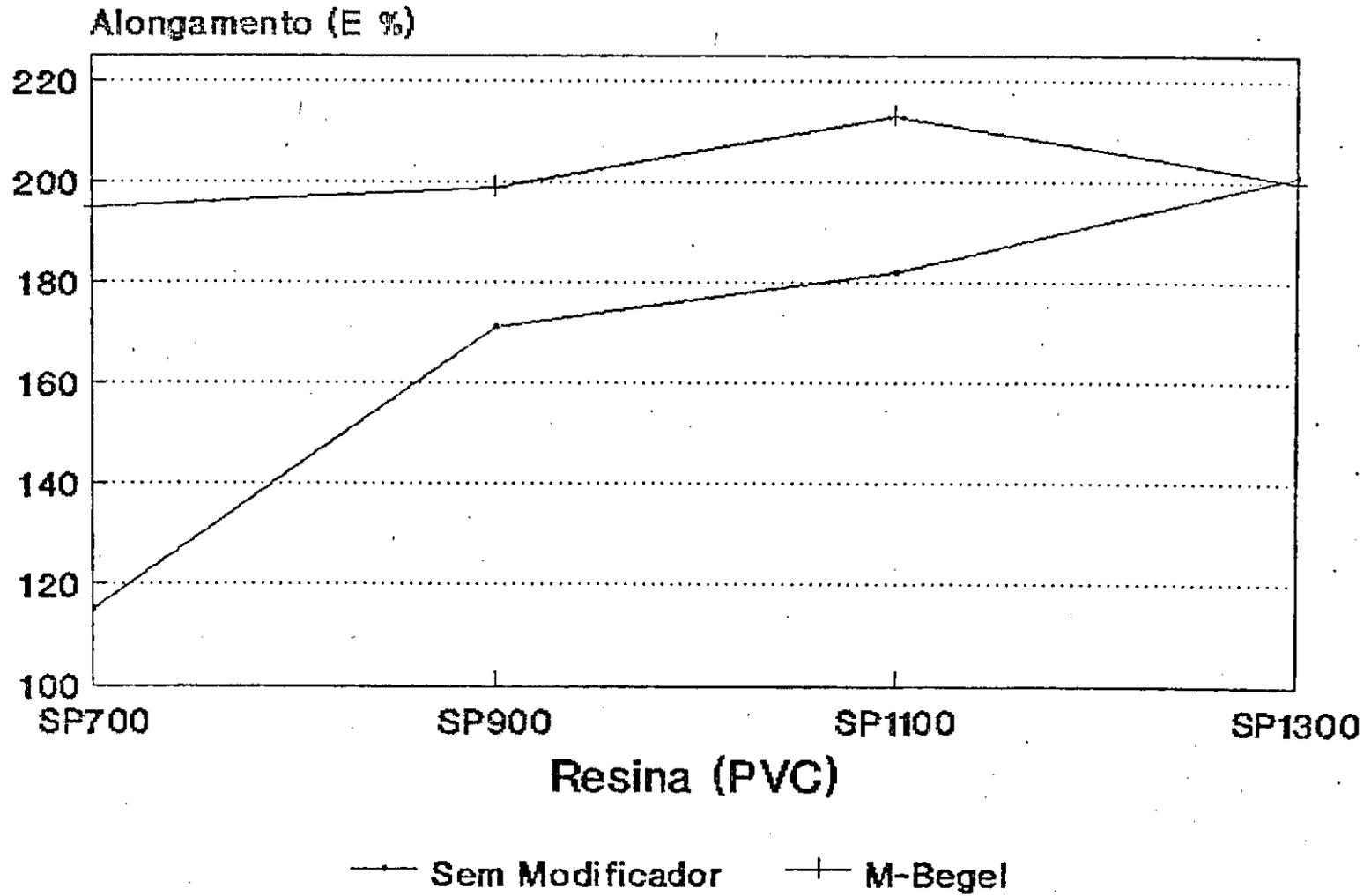
COMPOSICAO RESINA PVC	SEM MODIFICADOR			M-BEGEL		
	E %	Ty(Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tr(Kgf/cm <sup>2</sup> )	E %	Ty(Kgf/cm <sup>2</sup> )	Tr(Kgf/cm <sup>2</sup> )
700	115±17	541±2	402±6	195±8	481±4	422±20
900	171±12	545±6	447±15	199±17	475±5	444±15
1100	182±25	545±6	466±19	213±15	480±7	474±21
1300	201±19	535±11	519±24	200±20	465±8	475±18

E - ALONGAMENTO

Ty - Resistencia Tensil no escoamento.

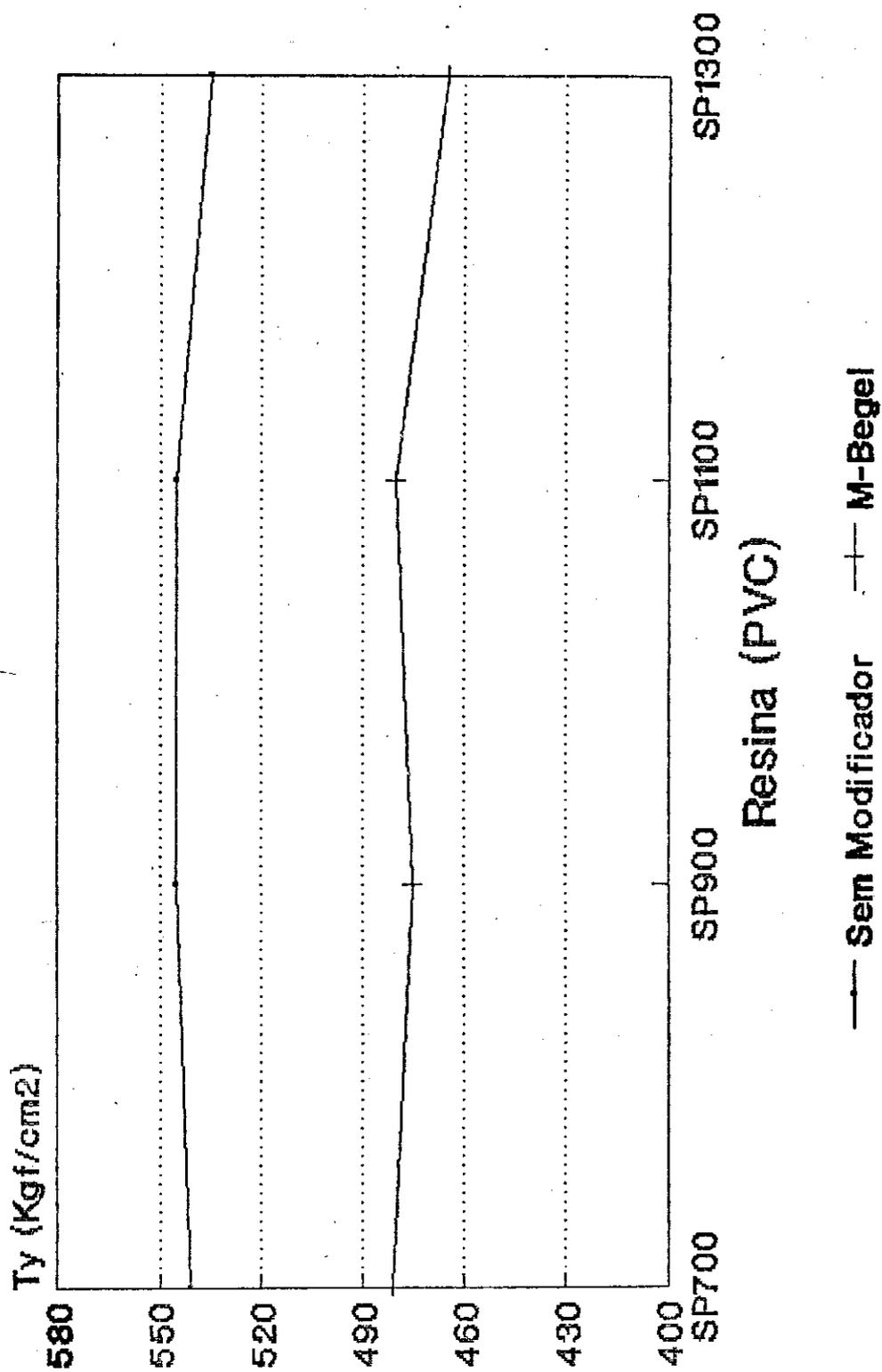
Tr - Resistencia Tensil na Ruptura.

# GRAFICO: RESINA X ALONGAMENTO



# GRAFICO: RESINA X Ty

FIGURA 4



# GRAFICO: RESINA X Tr

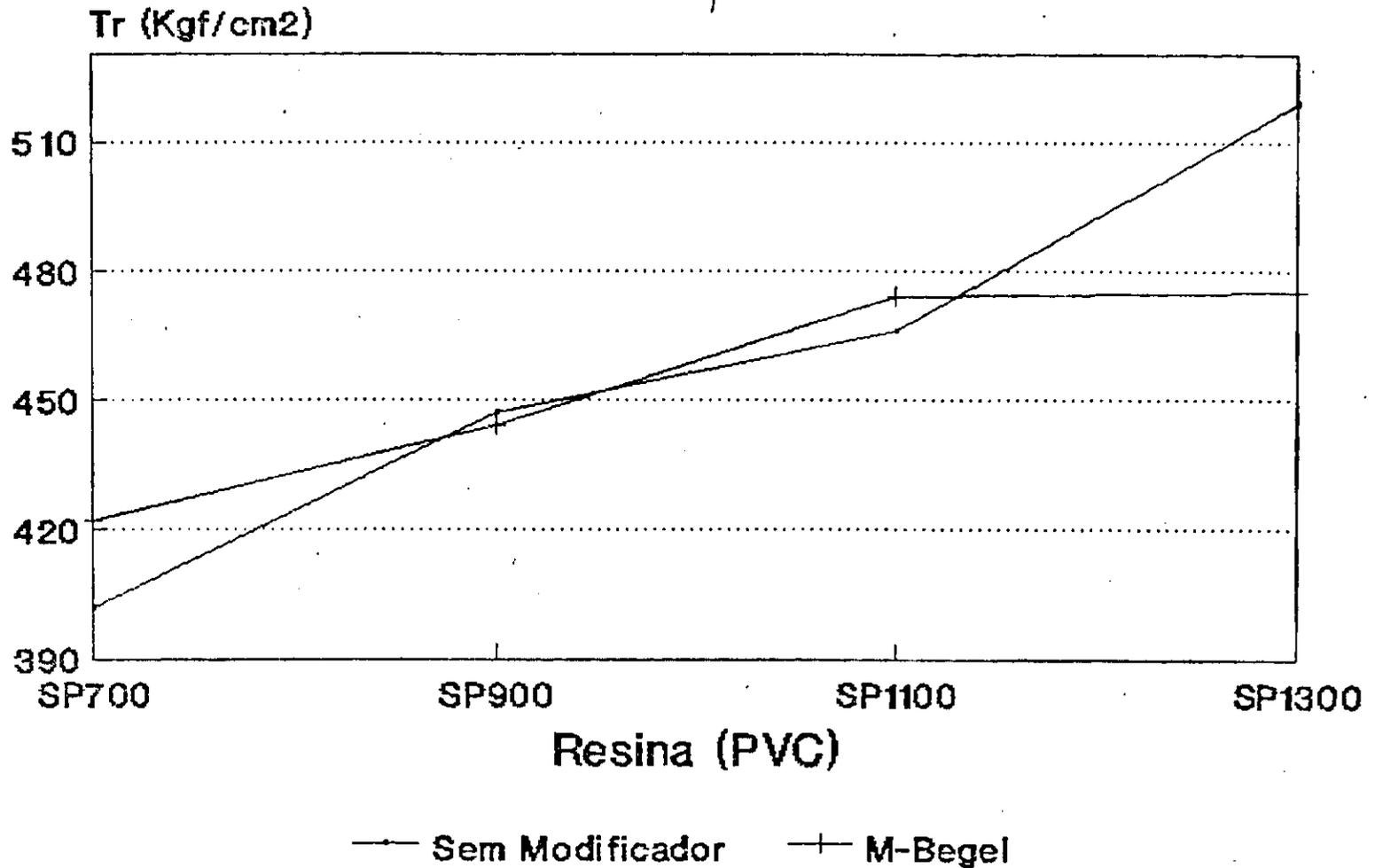


FIGURA 5

TAB. 4 - DUREZA ROCKWELL R

RESINA PVC	DUREZA (HRR)	
	SEM MODIFICADOR	M-BEGEL
700	114,5	110,0
900	114,0	110,0
1100	115,0	111,0
1300	117,0	112,0

**TAB. 5 - TEMPERATURA DE AMOLECIMENTO VICAT**

RESINA PVC	TAV (°C)	
	SEM MODIFICADOR	M-BEGEL
700	90,0	89,0
900	92,0	90,5
1100	97,0	93,0
1300	101,0	94,5