

ANÁLISE DA VIABILIDADE DE UTILIZAÇÃO DE ESTABILIZANTE A BASE DE CÁLCIO-ZINCO NA FABRICAÇÃO DE TUBOS DE PVC RÍGIDO

Dráusio Vicente de Almeida

UNESP/Ilha Solteira; Departamento de Engenharia Mecânica. Avenida Brasil, 56 – 15.385-000 – Ilha Solteira – SP – hidekasu@dem.feis.unesp.br

Hidekasu Matsumoto

UNESP/Ilha Solteira; Departamento de Engenharia Mecânica. Avenida Brasil, 56 – 15.385-000 – Ilha Solteira – SP – hidekasu@dem.feis.unesp.br

Resumo: *Este trabalho discute a viabilidade da substituição do estabilizante térmico a base de chumbo, que é danoso à saúde humana e ao meio ambiente, pelo de cálcio-zinco na produção de tubos de pvc rígido, através de análise em resultados experimentais, obtidos diretamente na indústria. Foram realizados vários ensaios em lotes, de dois tubos de diferentes bitolas de acordo com normas ditadas pela ABNT. Para cada produto (tubo), foram produzidos dois lotes distintos, um com estabilizante a base de chumbo e o outro com estabilizante a base de cálcio-zinco. Os resultados obtidos, levam a concluir que essa mudança é inteiramente satisfatória, pois conseguiu-se uma melhora significativa nas propriedades físicas do produto final, aumento de produtividade em torno de 6%, diminuição do índice de lotes rejeitados e a eliminação definitiva do chumbo nas formulações das blendas, sem um aumento significativo nos custos de produção.*

Palavras-chave: *Tubos de pvc, estabilizantes térmicos, chumbo, cálcio-zinco*

1. INTRODUÇÃO

Devido à crescente demanda na utilização de produtos derivados de PVC (Policloreto de Vinila), surgem constantemente, inúmeras inovações tecnológicas para atender o mercado de transformadores, tanto em equipamentos, como em matérias primas usadas na formulação dos compostos destinados aos mais variados fins, tais como perfis, embalagens, filmes, espalmados, fios e cabos, calçados, tubos e conexões, entre outros. Esta versatilidade do pvc, que o torna o segundo termoplástico mais consumido no mundo, é conseqüente da necessidade da resina ser formulada mediante a incorporação de aditivos, tornando suas características alteradas dentro de uma grande variedade de propriedades em função do produto final, indo do rígido ao flexível, e também, à sua adequação aos mais variados processos de transformação, podendo ser injetado, calandrado, extrudado, entre vários processos de moldagem.

A utilização prática das resinas de PVC demanda sua mistura com substâncias, compostos ou produtos químicos variados, conhecidos como aditivos. Definidas as características da resina de PVC adequadas ao processo de transformação e desempenho do produto final, incorporam-se os aditivos nas proporções suficientes para promover características específicas, tais como rigidez ou flexibilidade, transparência ou opacidade, ou, ainda, apresentar resistência à exposição às intempéries. Dentre os aditivos mais utilizados nos compostos de PVC rígido, devemos citar: estabilizantes térmicos, Cargas (Carbonato de Cálcio), Lubrificantes, Dióxido de Titânio e Pigmentos.

Dentre os aditivos, os estabilizantes térmicos são de extrema importância na fabricação de tubos de PVC rígido, pois sem eles, a exposição do polímero PVC pode, dependendo da intensidade e tempo de exposição, causar a liberação de moléculas de cloreto de hidrogênio (HCL), formando na estrutura do polímero duplas ligações, conjugadas ou alternadas (-C = C-), que fragilizam a cadeia

polimérica, resultando em um rápido processo de degradação, revelado normalmente pela mudança de coloração para amarelo, até o marrom escuro. Esse processo é também conhecido como desidrocloração. Os estabilizantes térmicos mais usados na produção de tubos rígidos são ainda os compostos à base de chumbo que confere ao composto vinílico, estabilidade de longo prazo e boa relação custo-benefício, porém enfrenta restrições por parte dos ambientalistas e ecologistas devido aos danos causados ao meio ambiente e à saúde humana.

Diversos compostos baseados em sais de cálcio e zinco são utilizados como estabilizantes do PVC. Usualmente os metais são utilizados em conjunto, para que se tenha a mesma eficiência de estabilização, apresentada pelo chumbo: o zinco possui forte efeito de captura do íon cloreto livre, porém o cloreto de zinco formado possui forte efeito catalisador da reação de desidrocloração do PVC. O cálcio, por sua vez, é bastante efetivo na estabilização desse cloro livre, a partir de uma reação de dupla troca que regenera o composto ativo de zinco e estabiliza o cloro na forma de cloreto de cálcio. Possuem aprovação para utilização em contato com alimentos e fármacos. Atualmente é crescente a utilização de estabilizantes baseados em cálcio e zinco em aplicações anteriormente exclusivas de compostos de chumbo, tais como compostos para fios e cabos elétricos, tubos, conexões e perfis rígidos, incluindo aqueles que requerem elevada resistência às intempéries, como por exemplo, perfis para esquadrias.

A substituição dos estabilizantes térmicos usados nas mais diversas blendas de pvc rígido destinadas à fabricação de tubos, produzidos com metais pesados, como o chumbo e o cádmio, por estabilizantes à base de cálcio-zinco, é um assunto já tratado há alguns anos, porém a literatura disponível, trata apenas a importância dessa migração sob o ponto de vista das consequências danosas, causadas ao meio ambiente e à saúde humana.

Segundo Reto ⁽¹⁾, na Europa o cádmio já foi proibido e existe um compromisso voluntário, sem força de lei, para se substituir o chumbo, até 2010. Hoje, somente na Austrália o chumbo é proibido. No Brasil, apenas alguns setores proíbem o uso de metais pesados, como o setor médico e o automobilístico, porém, os fabricantes de compostos e aditivos trabalham fazendo campanha junto aos transformadores, afim de convencê-los a substituir os estabilizantes à base de chumbo no pvc rígido (70% do mercado representado por tubos), bem antes dos europeus. Em outras publicações, pesquisadas, como a de Kaufhold ⁽²⁾ e Instituto do PVC ⁽³⁾, fica evidente que a migração dos estabilizantes de chumbo por cálcio-zinco, é fortemente exigida a curto prazo, em nível mundial, pelos ambientalistas.

Um dos fatores que impedem a migração do chumbo para o cálcio-zinco, é o custo deste produto, que segundo os fabricantes ^{(4); (5); (6)}, equivale a crescer nos custos dos produtos finais do transformador, o máximo de 3% em relação ao chumbo, que já se torna um valor de expressão, tendo em vista as margens baixíssimas de lucro no mercado atual de tubos.

O levantamento bibliográfico realizado mostra que, faltam publicações na área, que justifiquem ou não, de forma concreta, a viabilidade dessa migração de estabilizantes à base de metais pesados por cálcio-zinco, pelos transformadores de pvc rígido. Busca-se então nesse trabalho, através de testes experimentais realizados em uma empresa fabricante de tubos de pvc, em parceria com um grande fabricante de estabilizantes, oferecer uma contribuição no estudo desta viabilidade.

2. MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

2.1. Materiais

Resina de PVC “NORVIC SP 767 P” da Triken; Carbonato de Cálcio “Carbomil Microfluid 2650 G” da Carbomil; Estabilizante térmico “Naftobase CZ-3098” de Chemson; Estabilizante Térmico “Naftomix XC-9090” da Chemson; Lubrificante “Plastabil L-12” da chemson; Pigmento “dióxido de titânio R-02” da Serrana; “Pigmento marrom 5380VCF” da Orbital; Pigmento Azul “Orb. Azul HBR” da Orbital.

2.2. Equipamentos

- Misturador intensivo, marca Mecanoplast, com capacidade de 400 litros;
- Extrusora dupla rosca cônica, marca American Maplan, modelo DSK-62;
- Extrusora dupla rosca paralela, marca Imacon, modelo DR-67, L/D: 22;
- Linhas de frente (cabeçote, banheira, puxador, cortador e embolsadeiras), compatíveis com cada extrusora;
- Instrumentos de medição para verificação dimensional;
- Equipamentos depressurização e manômetros para verificação da resistência à pressão hidrostática interna;
- Equipamento de impacto para verificação da resistência ao impacto (NBR-14262⁽⁷⁾);
- Extrusômetro MR-20.

3. METODOLOGIA DOS ENSAIOS E RESULTADOS

3.1. Experimento 1 – Tubo Predial Água Fria de 25mm PN 750KPA

No experimento, realizado na planta de Penápolis(S.P), foi produzido um Tubo Predial Água Fria de DE 25 mm PN 750 Kpa, de acordo com a NBR-5648⁽⁸⁾, em uma extrusora Imacon DR-67,L/D:22 dupla rosca paralela, com capacidade nominal de produção de 100 kg/h. Foram produzidos um total de 520 tubos, sendo 260 com o estabilizante de chumbo(XC-9090) e os 260 restantes com formulações a base de estabilizantes de cálcio-zinco(CZ-3098), consumindo-se cerca de 750 kg de composto, considerando-se também a quantidade utilizada para *start-up* da máquina e estabilização do processo. O tempo total despendido para a realização do experimento, considerando-se a fabricação e os ensaios em laboratório, somaram cerca de 10 horas, com devido monitoramento. De acordo com o tamanho das amostragens (260 tubos), foram colhidas 60 amostras de cada lote produzido, ao longo da produção, e dentre eles, 20 foram submetidos aos ensaios de estabilidade dimensional, impacto e pressão hidrostática de curta duração(PHI). No ensaio de estabilidade dimensional realizado, todas as amostras de ambos os lotes foram aprovadas, ou seja, tiveram uma variação longitudinal < 5%, fato esse observado também nos resultados do teste de PHI, onde todos os corpos de prova suportaram a pressão de 54,6 kgf/cm² durante 6 minutos. Já no teste de impacto, onde foi desferido 01 impacto com um percussor de 1,0 kg a uma altura de 2,0 metros, teve-se apenas 02 reprovações nas amostras produzidas com cálcio-zinco e reprovação de todo o lote produzido com estabilizante a base de chumbo. Os parâmetros de extrusão, regulagens de máquina, formulação de compostos e resultados dos ensaios são mostrados na tabela 1.

Tabela 1 – Parâmetros e resultados do ensaio 1

Formulação do Composto

DESCRIÇÃO	AMOSTRA XC-9090	AMOSTRA CZ-3098
Resina SP-767	100,00 Kg	100,00 Kg
Carbonato	12,00 Kg	12,00 Kg
Estabilizante	2,00 Kg	2,30 Kg
Lubrificantes	-	-
Dióxido Titânio	0,20 Kg	0,20 Kg
Pigmento Marrom	0,15 Kg	0,15 Kg

Parâmetros de Extrusão

DESCRIÇÃO	AMOSTRA XC-9090(260 tubos) - Chumbo	AMOSTRA CZ-3098(260tubos) - cálcio-zinco
Z1-Alimentação °C	165 / 165	165 / 166
Z2-Compressão °C	160 / 158	160 / 161
Z3- Compressão °C	160 / 160	160 / 157
Z4-Degasagem°C	160 / 158	160 / 159
Z5- Plastificação °C	160 / 158	160 / 159
Z6- Plastificação °C	155 / 155	155 / 179
Z7-Junção °C	160 / 160	160 / 161
Z8-Junção °C	160 / 162	160 / 162
Z9-Cabeçote °C	174 / 173	174 / 174
Z10- Cabeçote °C	175 / 174	175 / 175
Z11- Cabeçote °C	200 / 200	200 / 201
Veloc. Extrusora (rpm)	34.6	36
Veloc. Alimentador (rpm)	21.6	22.3
Amperagem Motor (%)	41.5	43
Produção Kg/hora	76,50	88,20

- Temperatura da tabela: Programado / Real

Relatório de Laboratório

MÉTODO	DESCRIÇÃO	ESPECIF.	AMOSTRA	RESULTADO ENCONTRADO									
NBR 5687 ⁽⁹⁾	ESTABILIDADE DIMENSIONAL	VARIAÇÃO LONGITUDINAL ≤ 5		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
			XC-9090	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
	CZ-3098		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
			11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
	XC-9090		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
	TEMPER. 140°C TEMPO 15 Min		CZ-3098	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
NBR 14262 ⁽⁷⁾	IMPACTO	Sem Ocorrência de Trincas Rasgos ou Quebras		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
			XC-9090	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	CZ-3098		R	R	A	A	A	A	A	A	A	A	A
			11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
	XC-9090		R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	PESO 1Kg ALTURA 2 Mt Nº IMPATO 1		CZ-3098	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
NBR 5683 ⁽¹⁰⁾	PHI	Sem Ocorrência de Trincas Rasgos ou Quebras		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
			XC-9090	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
	CZ-3098		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
			11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
	XC-9090		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
	TEMPER. 22°C TEMPO 6 Min PRESSÃO 54,6 Kgf/cm².		CZ-3098	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A

* A – Aprovado R – Reprovado

3.2. Experimento 2 – Tubo Predial Água Fria de 25mm PN 750KPA

O segundo experimento foi realizado na produção de um Tubo Predial Água Fria de DE 25 mm PN 750 Kpa, de acordo com a NBR-5648⁽⁸⁾, e na mesma extrusora do experimento 1. A diferença deste ensaio para o anterior, é a quantidade de estabilizantes químicos que passou de 2,0 para 2,4kg na amostra XC-9090 (chumbo) e de 2,3 para 2,7kg na amostra CZ-3098 (cálcio-zinco). Foram produzidos um total de 400 tubos, sendo 200 com o estabilizante de chumbo(XC-9090) e os 200 restantes com formulações a base de estabilizantes de cálcio-zinco(CZ-3098. Os procedimentos de ensaios e testes foram os mesmos do experimento 1. No ensaio de estabilidade dimensional, todas as amostras de ambos os lotes foram aprovadas, fato esse observado também nos resultados do teste de PHI. Já no teste de impacto, onde foi desferido 1 impacto com um percussor de 1,0 kg a uma altura de 2 metros, teve-se aprovação em todas as amostras produzidas com cálcio-zinco e reprovação de todo o lote produzido com estabilizante a base de chumbo. Os parâmetros de extrusão, regulagens de máquina, e resultados dos ensaios são mostrados na tabela 2.

Tabela 2 – Parâmetros e resultados de ensaio 2

Formulação do Composto

DESCRIÇÃO	AMOSTRA XC-9090	AMOSTRA CZ-3098
Resina SP-767	100,00 Kg	100,00 Kg
Carbonato	15,00 Kg	15,00 Kg
Estabilizante	2,40 Kg	2,70 Kg
Lubrificantes	-	-
Dióxido Titânio	0,20 Kg	0,20 Kg
Pigmento Marrom	0,15 Kg	0,15 Kg

Parâmetros de Extrusão

DESCRIÇÃO	AMOSTRA XC-9090(200 tubos)	AMOSTRA CZ-3098(200 tubos)
Z1-Alimentação °C	185 /186	185 /185
Z2-Compressão °C	185 / 186	185 / 186
Z3- Compressão °C	180 / 180	180 / 179
Z4-Degasagem°C	180 / 179	180 / 180
Z5- Plastificação °C	160 / 159	160 / 167
Z6- Plastificação °C	160 / 172	160 / 175
Z7-Junção °C	160 / 160	160 / 160
Z8-Junção °C	160 / 161	160 / 161
Z9-Cabeçote °C	160 / 158	160 / 159
Z10- Cabeçote °C	165 / 162	165 / 163
Z11- Cabeçote °C	210 / 210	210 / 211
Veloc. Extrusora (rpm)	27,8	32
Veloc. Alimentador (rpm)	25,0	28
Amperagem Motor (%)	42,0	43
Produção Kg/hora	78,00	81,70

* Temperatura da tabela: Programado / Real

Relatório de Laboratório

MÉTODO	DESCRIÇÃO	ESPECIF.	AMOSTRA	RESULTADO ENCONTRADO									
NBR 5687 ⁽⁹⁾	ESTABILIDADE E DIMENSIONAL	VARIAÇÃO LONGITUDI NAL ≤ 5		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
			XC-9090	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
	CZ-3098		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
			11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
	TEMPER. 140°C TEMPO 15 Min		XC-9090	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
	CZ-3098	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
NBR 14262 ⁽⁷⁾	IMPACTO	Sem Ocorrência de Trincas Rasgos ou Quebras		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
			XC-9090	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	CZ-3098		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
			11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
	PESO 1Kg ALTURA 2 Mt Nº IMPACTO 1		XC-9090	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	CZ-3098	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
NBR 5683 ⁽¹⁰⁾	PHI	Sem Ocorrência de Trincas Rasgos ou Quebras		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
			XC-9090	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
	CZ-3098		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
			11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
	TEMPER. 22°C TEMPO 6 Min PRESSÃO 54,6 Kgf/cm ² .		XC-9090	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
	CZ-3098	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	

* A – Aprovado R – Reprovado

Na empresa empresa Chemson Ltda, com sede em Rio Claro(S.P), foram feitos ensaios em compostos formulados para produção de tubos da linha Água Fria, fabricados segundo NBR-5648⁽⁸⁾. Os ensaios foram realizados em um extrusômetro, com 02 amostras distintas de formulações, sendo 01 formulada com estabilizante a base de chumbo e outra com cálcio-zinco. permitindo através dos resultados, fazer uma avaliação reológica, das referidas blendas.

Experimento 3 - Avaliação Reológica – Formulação Tubos Para Água Fria.

Foram preparadas duas amostras de formulação, diferenciadas apenas nos tipos de estabilizante, chumbo e cálcio-zinco, respectivamente, conforme tabela 3, em um misturador intensivo, aquecendo-se a mistura até 120°C e resfriando-a a 60°C. Em seguida as mesmas foram submetidas ao ensaio no extrusômetro, cujas regulagens de temperatura, velocidade de rosca e demais condições foram mantidas para os dois testes, conforme ilustrado na tabela 4.

Tabela 3 – Formulação de composto da linha predial

DESCRIÇÃO	AMOSTRA XC- 9090(form.2) - chumbo	AMOSTRA CZ-3098 (Form. 1) – cálcio-zinco
Resina SP-767	100,00 Kg	100,00 Kg
Carbonato	14,00 Kg	14,00 Kg
Estabilizante	2,00 Kg	2,00 Kg
Lubrificantes	-	-
Dióxido Titânio	0,20 Kg	0,20 Kg
Pigmento Marrom	0,15 Kg	0,15 Kg

Tabela 4 – Condições do Extrusômetro

PARÂMETROS	VALORES
Temperatura Zona 1 (°C)	175°C
Temperatura Zona 2 (°C)	180°C
Temperatura Zona 3 (°C)	185°C
Velocid. da Rosca (rpm)	30 rpm
Diâmetro de Saída (mm)	2 mm
Taxa de Compressão	1:3

Tabela 5 – Resultados Reológicos

DESCRIÇÃO	AMOSTRA CZ-3098 (Formulação 1)	AMOSTRA XC-9090(formulação2)
Torque (Nm)	10,8	8,6
Força de Empuxo (KN)	1,6	1,5
Pressão de Massa 11 D(bar)	30,0	20,0
Pressão de Massa 16 D (bar)	70,0	55,0
Pressão de Massa 20 D (bar)	140,0	130,0
Produção (g/min)	28,1	27,8

Os resultados reológicos obtidos nos ensaios, ilustrados na tabela 5, mostram que as formulações onde foram usados os estabilizantes a base de cálcio-zinco, nas mesmas condições de processamento daquelas ensaiadas com chumbo, apresentaram valores superiores de pressão de massa, torque e força de empuxo, e conseqüentemente um aumento da ordem de 2% na produção em kg /h. Este fato pode ser explicado da seguinte forma: o composto formulado com cálcio-zinco apresenta uma melhor plastificação, ou seja ele acelera a passagem da mistura no estado inicial de pó (*dry-blend*), para líquido, alterando significamente a sua viscosidade e fazendo com que a pressão de massa no interior do conjunto extrusor aumente, gerando daí um aumento na contra pressão ou força de empuxo, fazendo também com que o motor que aciona as roscas do conjunto extrusor requisite mais torque para deslocar a massa extrudada. Ainda em conseqüência da melhoria da plastificação, temos uma massa mais homogênea, proporcionando um melhor fluxo de escoamento, com a rosca mais cheia, resultando daí um aumento na produção.

DISCUSSÕES

- Apesar dos parâmetros de regulagem de máquina serem mantidos iguais para os lotes produzidos com estabilizante a base de chumbo e a base de cálcio-zinco, notou-se algumas variações como temperatura real, velocidades da extrusora e do alimentador de matéria prima, amperagem do motor e contra pressão dentro do cilindro/roscas, conseqüência direta do comportamento reológico de cada formulação, o que já era esperado, pois os compostos a base de cálcio-zinco, plastificam-se mais rápido, justificando tais alterações;
- A plastificação mais rápida, nas formulações com cálcio-zinco, melhorou muito a estabilização do processo, diminuindo as pulsações, comuns quando as roscas trabalham vazias, evitando assim a necessidade de se utilizar de artifícios, tais como o uso de lubrificantes e até possíveis alterações no projeto dos ferramentais de extrusão;
- Notou-se claramente um melhor desempenho de produção em kg/h, cerca de 6,5% em média, para os lotes produzidos com cálcio-zinco;

- Quanto às propriedades físicas finais dos tubos, avaliadas em laboratório, pode-se observar claramente que em relação aos testes de estabilidade dimensional e phi, todos os resultados obtidos foram satisfatórios, sem nenhuma rejeição, ao passo que os lotes produzidos com chumbo apresentaram várias reprovações no teste de impacto contra quase nenhuma daqueles produzidos com cálcio-zinco;
- Considerando que se utilizou as mesmas quantidades e os mesmos tipos de produtos, para formular os dois tipos de compostos dos respectivos lotes, com exceção, é claro, dos estabilizantes, e calculando-se os preços das formulações e sabendo que hoje o estabilizante a base de cálcio-zinco tem o custo mais elevado que o chumbo e em torno de 25%, pode-se dizer que o impacto no custo final da formulação, girou em média na ordem de 2,0% a mais, o que é um número considerável diante das margens apertadíssimas de comercialização atuais, e tornaria talvez a migração inviável economicamente;
- Para se evitar no processo produtivo, os altos índices de refugo com compostos a base de chumbo, decorrentes da rejeição elevada apontada nos testes de impacto em todos os ensaios realizados, a empresa Asperbras, no seu dia a dia, se vê obrigada a trabalhar com formulações mais ricas, com menos cargas minerais (carbonato de cálcio), variando em torno de 4 a 12 pcr, de acordo com o tipo de produto, tornando os custos de formulação mais altos com relação às usadas, em torno de 1,5% na média, fazendo com isso uma compensação de custos de formulação.
- A repetibilidade dos resultados dos ensaios realizados permite concluir de maneira positiva, sobre a viabilidade técnica da substituição do estabilizante de chumbo, pelo de cálcio-zinco.

CONCLUSÕES

Sob o ponto de vista técnico, a substituição dos estabilizantes à base de chumbo pelo de cálcio zinco é inteiramente satisfatória, pois se conseguiu uma melhora significativa nas propriedades físicas do produto final (resistência ao impacto), aumento de produtividade do processo em torno de 6%, diminuição do índice de lotes rejeitados e conseqüentemente o percentual de refugo do processo e por fim a eliminação definitiva do chumbo nas formulações das blendas,

Sob o ponto de vista econômico, ficou claro, que se for considerado, apenas os custos diretos dos dois produtos, os estabilizantes a base de cálcio-zinco, são mais caros cerca de 25%, quando comparados aos de chumbo, porém quando se utiliza em formulações de compostos, em quantidades adequadas ao processo, juntamente com os outros componentes, essa diferença pode praticamente se anular, viabilizando economicamente a substituição.

Sendo assim, esse trabalho, baseado nos seus respectivos estudos de caso, permite concluir que a migração proposta, torna-se perfeitamente viável sob os pontos de vista, técnico e econômico.

REFERÊNCIAS

1. RETO, Maria A. de S., Cargas para Termoplásticos, **Revista Plástico Moderno**, 347 edição. 2003.
2. KAUFHOLD, J. C., **Trends in PVC Stabilization**, Lampertheim, Germany, 2002
3. **INSTITUTO DO PVC**, www.institutodopvc.org, acesso em 10/04/2004
4. **BRASKEM**, www.braskem.com.br, acesso em 27/04/2004
5. **SOLVAY**, www.solvayindupa.com, acesso em 19/04/2004
6. **CHEMSON**, www.chemson.com, acesso em 02/05/2004
7. **ABNT**, Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 14262:1999 Ensaio de Resistência ao Impacto.

8. **ABNT**, Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 5648:1999 Tubo Predial Água Fria PN 750KPA.
9. **ABNT**, Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 5687:1999 Ensaio de Estabilidade Dimensional.
10. **ABNT**, Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 5683:1999 Ensaio Pressão Hidrostática Interna de curta duração.

SUBSTITUTING THE THERMO STABILIZER BASED ON LEAD BY THE CALCIUM-ZINC IN THE PRODUCTION OF RIGID PVC PIPES

ABSTRACT

In this work it was discussed the viability of substituting the thermo stabilizer based on lead by the calcium-zinc in the production of rigid PVC pipes, through analysis of experimental results obtained directly from the industry. It were performed several assays in portions of two pipes with different diameters, produced according to the rules from ABNT. For each product (pipe) it were produced two distinct groups, one with the stabilizing based on lead and the other with the calcium-zinc stabilizing. It was maintained unchanged all the other characteristics of processing, allowing a better analysis of the obtained results. The analyzed data allow the conclusion that according to the technical point of view, this change is totally satisfactory, since we got a good improvement in the physical properties of the final product, as well as, an increase in the yield around 6%, in addition to a decrease in the non-acceptable portions. At the end, it was obtained a definitive elimination of lead in the blends formulations.

Key words: PVC tubes, thermo stabilizers, lead, calcium-zinc.