

**IMPLANTAÇÃO DE METODOLOGIAS E ENSAIOS DE EMBALAGENS
PLÁSTICAS COM POLIETILENO RECICLADO PÓS-CONSUMO PARA ÁGUA
SANITÁRIA E ALVEJANTE À BASE DE CLORO, SEGUNDO A ABNT NBR
13390:2006**

TALITA P. C. **ANDRADE**¹; GUILHERME C. **QUEIROZ**²; LEANDRO H. M. **KONATU**³
Nº 0801029

Resumo

Este projeto PIBIC/ ITAL proporcionou a implantação dos métodos de ensaio descritos na norma ABNT NBR 13390:2006 (Embalagens plásticas para água sanitária e alvejantes à base de cloro – requisitos e métodos de ensaio) e a verificação da qualidade de embalagens produzidas a partir de embalagens recicladas no pós-consumo de óleo lubrificante comparativamente com as embalagens atualmente no mercado como as embalagens plásticas de polietileno virgem e/ou de reciclados convencionais .

Abstract

This PIBIC/ ITAL project allows the implantation of the described methods in the Brazilian standard ABNT NBR 13390:2006 (Plastic packaging for bleach – Requirements and test methods) and the verification of the quality of packings produced from post consumption recycled packaging from lubrication oil comparatively with the packings currently in the market as the plastic packings from virgin polyethylene and/or of conventionals recycled .

1. Introdução

O CETEA/ ITAL decidiu contribuir com a pesquisa científica e tecnológica na área de Embalagens e Meio Ambiente, uma vez que o uso do reciclado pós-consumo em outros setores que não o de alimentos se torna fundamental para o Desenvolvimento Sustentável. Neste sentido, este projeto implantou os métodos de ensaio da NBR 13390 para embalagens plásticas para água sanitária e alvejante à base de cloro e ainda analisou as embalagens plásticas produzidas a partir de embalagens recicladas pós-consumo de embalagens de óleo lubrificante (aqui denominados de “ROL”⁴) com embalagens plásticas de água sanitária e alvejante já comercializadas no mercado, ou seja, produzidas á partir de amostras de polietileno “virgem”, amostras compostas de parte de material reciclado

¹ Bolsista PIBIC/ ITAL- Cnpq: Graduação em Engenharia de Alimentos, UNIMEP, Santa Bárbara D'Oeste-SP, ✉ talitapca@hotmail.com

² Orientador: Pesquisador, CETEA/ITAL, Campinas-SP.

³ Co-Orientador: Pesquisador, CETEA/ITAL, Campinas-SP.

⁴ Materiais plásticos coletados no pós-consumo e que apresentam um resíduo oleoso após uso, de aproximadamente 3%, que segundo a empresa colaboradora Prior Pack prejudica o processo de reciclagem desta embalagem sem uma limpeza específica.

“convencional” (denominado de “RC”⁵) e parte de material virgem, e de amostras contendo apenas material reciclado “RC”.

2. Material e Métodos

Foram utilizadas diferentes composições de material para fabricação de embalagens plásticas de 2 litros para água sanitária e alvejante à base de cloro, conforme especificado nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Composição das embalagens plásticas, monocamada (1 camada).

Amostra	Composição Monocamada
Mono 100% resina virgem - Padrão	100% resina virgem
Mono 100% ROL	100% ROL ⁽⁶⁾

⁽⁶⁾ – material reciclado pós-consumo de óleo lubrificante (“ROL”)

Tabela 2. Composição das embalagens plásticas, em coextrusado (2 camadas).

Amostra (Composição ponderada da embalagem)	Composição - Coextrusada	
	Camada Interna da embalagem (70%)	Camada Externa da embalagem (30%)
Coex 100% RC ⁽⁷⁾ – Padrão	100% material RC ⁽⁷⁾	100% material RC ⁽⁷⁾
Coex 65% RC ⁽⁷⁾ e 35% ROL ⁽⁶⁾	50% material RC ⁽⁷⁾ e 50% ROL ⁽⁶⁾	100% material RC ⁽⁷⁾
Coex 70% RC ⁽⁷⁾ e 30% resina virgem	100% material RC ⁽⁷⁾	100% resina virgem
Coex 70% ROL ⁽⁶⁾ e 30% RC ⁽⁷⁾	100% material ROL ⁽⁶⁾	100% material RC ⁽⁷⁾
Coex 70% ROL ⁽⁶⁾ e 30% resina virgem	100% material ROL ⁽⁷⁾	100% resina virgem

⁽⁶⁾ – material reciclado pós-consumo de óleo lubrificante (“ROL”)

⁽⁷⁾ – material reciclado pós-consumo “convencional” (“RC”)

Os métodos implantados descritos na norma NBR 13390:2006 - Embalagens plásticas para água sanitária e alvejantes à base de cloro – requisitos e métodos de ensaio foram:

⁵ Materiais plásticos coletados no pós-consumo e já relativamente limpos, o que facilita o processo de fabricação de novas embalagens.

Estabilidade

As embalagens fechadas na própria empresa com produto/tampa foram colocadas sobre um plano horizontal inclinado de 10°, dotado de superfície antiderrapante. A norma NBR 13390:2006 não estipula o tempo em que as embalagens devem permanecer sobre o plano inclinado, pela experiência dos pesquisadores do CETEA decidiu-se que esta permanência seria de 10 minutos. Treze unidades do frasco com produto/tampa foram submetidas ao ensaio.

Resistência a quedas (Altura fixa)

As embalagens envasadas com água sanitária ou alvejante à base de cloro de 2 L foram submetidas a uma queda-livre de 0,80 m, em três diferentes posições: impacto na tampa; impacto contra o fundo e impacto na lateral na direção da linha do molde, com a alça para cima. Para cada impacto foi utilizada uma nova embalagem. Foi registrado o número de embalagens que vazaram após o ensaio.

Vedação

As embalagens envasadas com água sanitária ou alvejante, tampadas, em posição vertical e com a boca virada para baixo, foram submetidas a um esforço de compressão de 5 kgf. O esforço foi realizado na seção transversal de menor diâmetro (excetuando-se o gargalo). Este esforço foi exercido durante 60 segundos por um dispositivo, que atuou com duas superfícies de contato cilíndricas com diâmetro de 15 mm, diretamente opostas. Foi anotado quantas embalagens vazaram durante o ensaio. Treze unidades do frasco com produto/tampa foram submetidas ao ensaio.

Força de Extravasamento

As embalagens envasadas, no volume nominal, com água sanitária, alvejante, abertas, em posição vertical e com a boca para cima foram submetidas a um esforço de compressão de 2 kgf, na seção transversal de menor diâmetro (excetuando-se o gargalo). Este esforço foi exercido durante 60 segundos, por um dispositivo, que atuou com duas superfícies de contato cilíndricas com diâmetro de 15 mm, diretamente opostas (foi adaptado uma base para as embalagens não escorregarem no decorrer do ensaio). Foi anotado quantas embalagens extravasaram durante o ensaio. Treze unidades do frasco com produto/tampa foram submetidas ao ensaio.

Também foram utilizados outros métodos para melhor caracterização das amostras, tais como: Massa, Dimensões (altura e diâmetro) e Distribuição de espessura (ASTM D 4166:99), nas regiões ilustradas na Figura 1; Resistência a quedas (Altura variável) (ASTM D 2463-95) e Resistência ao *stress cracking* ambiental (ASTM D 2561 - 95). Todos esses métodos estão descritos em Oliveira et al. (2008) no livro “Embalagens plásticas rígidas:

principais polímeros e avaliação da qualidade”. Em todos os ensaios as amostras foram condicionadas à $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ por no mínimo 2 horas antes do ensaio.

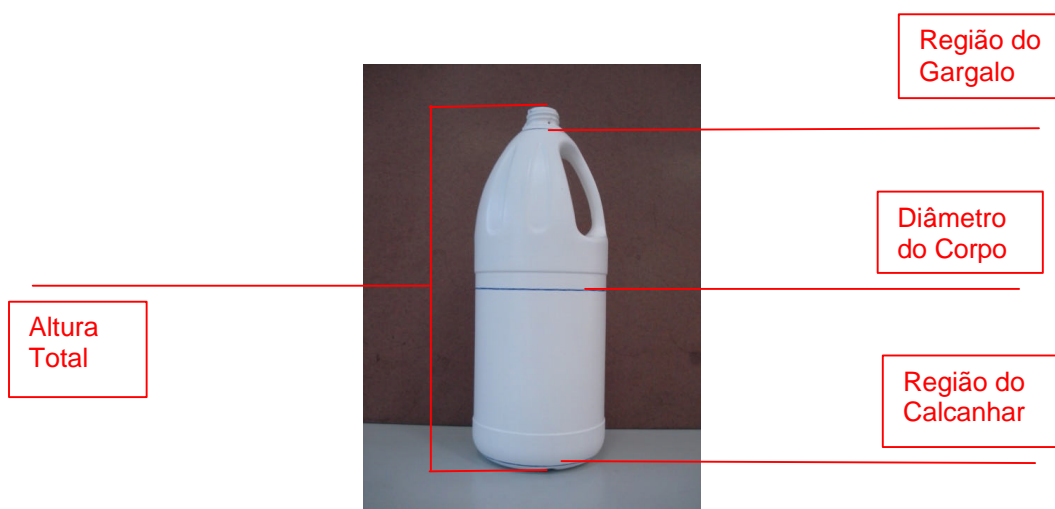
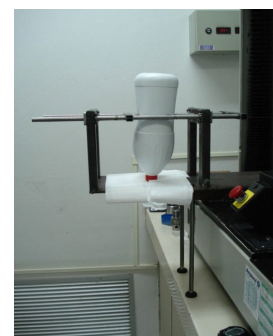
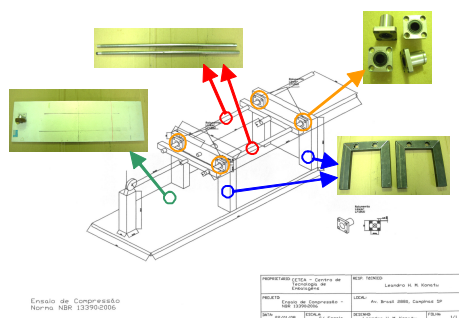


Figura 1: Altura total , diâmetro do corpo e regiões onde foram determinadas as espessuras mínimas dos frascos.

3. Resultados e discussão

3.1 Construção dos equipamentos (acessório do Instron e plano inclinado)

Segundo as metodologias da ABNT NBR 13390:2006 as embalagens de água sanitária ou alvejante à base de cloro devem ser submetidas a um ensaio de vedação e a um ensaio de extravasamento. Estes ensaios necessitam que o CETEA constrísse um acessório para a máquina universal de ensaios (dinamógrafo de tração- compressão Instron). O acessório para o equipamento Instron foi construído pelos integrantes do projeto, conforme projeto e equipamento ilustrado na Figura 2.



Equipamento em fase de construção

Equipamento construído

Figura 2: Acessório para o equipamento Instron.

Também, segundo as metodologias da ABNT NBR 13390:2006 as embalagens de água sanitária ou alvejante devem ser submetidas a um ensaio de estabilidade. Para isto foi

construído um plano horizontal inclinado dotado de superfície antiderrapante, como ilustra a Figura 3.



Figura 3: Equipamentos construídos no CETEA.

3.2 Ensaio realizados com as amostras Monocamadas

Tabela 3: Avaliação das amostras Mono nos diferentes ensaios realizados.

Parâmetros / Amostras	Mono 100% resina virgem – Padrão	Mono 100% ROL
Ensaio NBR 13390:2006		
Estabilidade	0 falha	0 falha
Queda- livre- Altura fixa	1 falha ⁸	0 falha
Vedação	2 falhas	0 falha
Força de extravasamento	0 falha	0 falha
Demais Ensaio		
Massa (g) ⁹	68	66
Altura Total (mm)	294	293
Diâmetro do Corpo (mm)	110	110
DEM- gargalo (mm) ¹⁰	0,69	0,74
DEM- calcanhar (mm) ¹⁰	0,47	0,44
RE (kgf) ¹¹	20	16
RQ (cm) ¹²	87	145
Resistência ao <i>stress cracking</i>	0 falha	0 falha

8 Impacto na tampa do frasco; 9 Massa (peso) – sem produto/tampa; 10 Distribuição de espessura mínima ;11 Compressão dinâmica –

Resistência média no escoamento; 12 Resistência a quedas (Altura variável)– Impacto contra a tampa.

No ensaio de resistência a quedas (altura fixa) da NBR 13390:2006, a amostra Mono 100% resina virgem - padrão apresentou falha em uma das cinco embalagens submetidas ao

ensaio na posição contra tampa, o que provavelmente está relacionado com sua distribuição de espessura e soldagem na junção do molde. A espessura da amostra 100% resina virgem – padrão (0,69 mm) é relativamente menor (8%) do que a espessura encontrada na mesma região da amostra monocamada 100% ROL (0,74 mm) que não apresentou falha no ensaio de resistência quedas (altura fixa) da NBR 13390:2006. Tem-se que a menor altura onde não ocorreu falha na amostra Mono 100% resina virgem – padrão foi de 70 cm e a menor altura onde não ocorreu falha na amostra Mono 100% ROL foi de 100 cm, o que reforça a idéia de que com o aumento da espessura teremos um aumento na resistência do frasco padrão frente ao ensaio de resistência à queda livre.

Já analisando o ensaio de compressão dinâmica tem-se que a amostra Mono 100% ROL (com espessura média na região do calcanhar equivalente a 0,44 mm) apresentou uma resistência no escoamento de aproximadamente 16 kgf. Neste ensaio a primeira deformação dos frascos ocorriam na região do calcanhar, o que significa que a amostra 100% ROL apresentou-se frágil se comparada com a amostra Mono 100% resina virgem (padrão) que apresentou uma força no escoamento de aproximadamente 20 kgf, 23% maior ,possivelmente devido à maior distribuição de espessura na região do calcanhar de 0,47 mm (7% maior).

3.3 Ensaios realizados com as amostras Coextrusadas

Tabela 4: Avaliação das amostras Coex nos diferentes ensaios analisados

Parâmetros/ Amostras	Coex 100% RC – Padrão	Coex 65% RC e 35% ROL	Coex 70% RC e 30% resina virgem	Coex 70% ROL e 30% RC	Coex 70% ROL e 30% resina virgem
Ensaios NBR 13390:2006					
Estabilidade	0 falha	0 falha	0 falha	0 falha	0 falha
Queda- livre - Altura fixa	0 falha	2 falhas ⁸	2 falhas ⁸	2 falhas ⁸	0 falha
Vedação	1 falha	1 falha	2 falhas	0 falha	2 falhas
Força de extravasamento	0 falha	5 falhas	0 falha	1 falha	0 falha
Demais Ensaios					
Massa (g) ⁹	70	69	66	70	69
Altura Total (mm)	293	293	293	293	293
Diâmetro do Corpo (mm)	10	110	110	110	110
DEM -Gargalo (mm) ¹⁰	0,75	0,72	0,72	0,70	0,68
DEM - Calcanhar (mm) ¹⁰	0,51	0,46	0,46	0,44	0,54
RE (kgf) ¹¹	20	19	19	19	19
RQ (cm) ¹²	140	159	76	135	163
Resistência ao <i>stress cracking</i>	0 falha	0 faha	0 falha	0 falha	0 falha

8 Impacto na tampa do frasco; 9 Massa (peso) – sem produto/tampa; 10 Distribuição de espessura mínima ;11 Compressão dinâmica – Resistência média no escoamento; 12 Resistência a quedas (Altura variável)– Impacto contra a tampa.

De forma geral, o sistema de fechamento deve ser melhorado (assim como observado anteriormente na amostra padrão da monocamada. Uma vez resolvido o problema da vedação, a amostra Coex 70% ROL e 30% resina virgem poderia estar de acordo com a NBR 13390:2006 assim como a amostra padrão (100% ROL).

Já uma melhor distribuição de espessura poderia melhorar o desempenho nos ensaios de força de extravasamento e resistência a quedas da NBR 13390:2006 das amostras Coex 65% RC e 35% ROL, Coex 70% ROL e 30% RC e Coex 70% RC e 30% resina virgem.. Os resultados dos ensaios de queda-livre, boa média na altura média segundo o ensaio *up and down* com impacto na tampa (ASTM D 2463-95) e 2 falhas no ensaio de resistência a quedas (Altura fixa) segundo a NBR 13390:2006, não parecem coerentes, mas como a fabricação das amostras foi “experimental”, ou seja, foram fabricadas apenas para os ensaios deste projeto (pequena quantidade) e não para comercialização, pode ter ocorrido variações no processo de fabricação dessas embalagens, como alterações de temperatura e pressão durante o sopro do material no molde. Vale ressaltar que ao final do processo de fabricação de cada amostra, os equipamentos eram desligados, para que ocorresse a troca do material e a limpeza da máquina, para que a próxima amostra pudesse ser fabricada. Como o tempo para fabricação de cada amostra era curto, já que a capacidade do equipamento era grande, existe a possibilidade da máquina não conseguir entrar em regime estacionário, ou seja, com os ajustes de fabricação ideais para uma variação mínima das propriedades da embalagem por lote.

Vale ressaltar que as amostras para realização de todos os ensaios foram acondicionadas igualmente, ou seja, no mesmo local e sob a mesma temperatura e tempo.

Conclusões

Uma vez contornadas todas as outras questões não analisadas neste projeto como contaminação cruzada “produto clorado/ ROL”, tratamento do efluente da limpeza do “ROL” etc., segundo os ensaios da NBR 13390:2006, as embalagens produzidas a partir de reciclados de ROL, comparadas com as embalagens atualmente no mercado produzidas a partir de polietileno virgem e/ou RC, apresentaram resultados promissores como alternativa de se agregar novos materiais reciclados na fabricação de embalagens de água sanitária e alvejante à base de cloro, uma vez que se façam os ajustes no sistema de fechamento, na distribuição de espessura, e na estabilidade do processo produtivo.

É possível concluir também que foi implantado o acessório do Instron com sucesso e que as amostras foram testadas com satisfação, ou seja, o CETEA já está apto a realizar ensaios descritos na Norma ABNT NBR 13390:2006 e assim atender mais um setor da indústria de

embalagens, o de água sanitária e alvejante à base de cloro, contribuindo assim, com a qualidade do setor de embalagens com apoio à reciclagem do plástico pós-consumo.

Referências Bibliográficas

ANDRADE, T.P.A. **Implantação de metodologias e ensaios de embalagens plásticas com polietileno reciclado pós-consumo para água sanitária e alvejante à base de cloro segundo ABNT NBR 13390: 2006**. Campinas, SP: ITAL/CETEA, 2008. 51 p. Relatório PIBIC Final (2007/2008).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA. **NBR 13390**: embalagens plásticas para água sanitária e alvejantes à base de cloro - Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2006. 4 p.

ASTM INTERNATIONAL. **D 2659-95 (reap. 2005)**: standard test method for column crush properties of blown thermoplastic containers. Philadelphia, 1995. 4 p.

ASTM INTERNATIONAL. **D 2463-95 (reap. 2005)**: standard test method for drop impact resistance of blow-molded thermoplastic containers – Method B. Philadelphia, 1995. 6 p.

ASTM INTERNATIONAL **D 4166-99 (reap. 2004)**: standard test method for measurement of thickness of nonmagnetic materials by means of a digital magnetic intensity instrument. Philadelphia, 1999. 2 p.

Oliveira, L. M.; Queiroz, G. C. (Org.). **Embalagens plásticas rígidas: principais polímeros e avaliação da qualidade**. Campinas: CETEA/ITAL, 2008. 372 p.