

## **PROCESSO DE REAPROVEITAMENTO DE REJEITOS EM INDÚSTRIA PLÁSTICA VISANDO REDUÇÃO DE CUSTOS**

**Larissa de Carvalho Goularth Bortolon<sup>1</sup>**

**Carolina Resmini Melo Marques<sup>2</sup>**

**Resumo:** Visando evitar o acúmulo de lixo gerado no meio ambiente, foi desenvolvida uma alternativa de reaproveitamento de resíduos de uma empresa produtora de baldes, para que o rejeito seja utilizado no próprio processo gerando uma economia para a própria empresa além dos benefícios para o meio ambiente. A Empresa gera em torno de 4.600 kg por mês de rejeito que vai para a reciclagem, porém isto gera uma perda financeira para a mesma visto que a venda é feita bem abaixo do custo. Assim, reutilizando este mesmo material no processo de produção dos baldes, tornaria a Empresa 100% sustentável. Por meio do uso de um moinho, é possível preparar o rejeito para o mesmo retornar ao processo produtivo como matéria-prima. Foram realizados os seguintes testes de qualidade nos baldes confeccionados com rejeito que foi processado no moinho: teste de aparência visual, de flexibilidade/resistência, de peso, de gabarito, de vedação, de queda, de empilhamento e teste de espessura da parede. Todos os testes atingiram os padrões de qualidade estabelecidos pela Empresa. O custo de operação mensal do moinho seria quase nulo e o retorno de seu investimento seria em apenas 3 meses. Assim, pode-se afirmar que a implementação de um moinho na Empresa é viável tanto do ponto de vista de qualidade do produto produzido quanto do aspecto econômico

**Palavras-Chave:** Reaproveitamento de Rejeito. Redução de custos. Balde sustentável. Reutilização. Retorno.

### **1 INTRODUÇÃO**

Segundo o estudo feito pelo Fundo Mundial para a Natureza (WWF), o Brasil é o 4<sup>o</sup> país que mais produz lixo no mundo, ficando atrás somente dos Estados Unidos, China e Índia, consecutivamente (WWF, *apud* Coelho, 2019).

O volume de lixo descartado no Brasil anualmente é de 11.355.220 toneladas e apenas 1,28% é reciclado. Segundo o Banco Mundial, pouco mais de 2,4 milhões de toneladas são de materiais plásticos que são irregularmente descartados sem tratamento e até mesmo em lixões a céu aberto (WWF, *apud* Coelho, 2019).

---

<sup>1</sup> Graduanda em Engenharia Química. E-mail: larissagoularth@hotmail.com

<sup>2</sup> Profa. [Centro Universitário UniSATC](http://www.unisatc.edu.br). E-mail: carolina.melo@satc.edu.br

Nesse cenário, cada vez mais as empresas estão em busca de soluções para reaproveitar esse material e converter novamente em matéria-prima nobre visando uma economia contábil e, conseqüentemente, diminuindo o impacto no meio ambiente.

No presente trabalho será abordada a reciclagem como uma alternativa lucrativa para uma indústria plástica do sul de Santa Catarina, bem como inúmeros benefícios que este processo pode trazer ao meio ambiente como um todo.

Buscando aumentar a visibilidade da Empresa nesse cenário de envolvimento ambiental, bem como proporcionar lucro para a mesma, e reduzir o volume de descarte, esse trabalho tem como ideia tornar uma Empresa com perda zero de material no processo produtivo, reintegrando o rejeito do processo através da moagem e reformulação das misturas, por meio da implementação de um moinho no processo produtivo, garantindo um retorno de capital para a Empresa significativo, e ainda assim mantendo todas as qualidades do produto final e visando reduzir também o acúmulo de descartes de rejeitos ao meio ambiente.

## **2 SETOR DA INDÚSTRIA PLÁSTICA**

Os produtos plásticos são partes essenciais no desenvolvimento dos dias atuais, pois encontram-se presentes em diversos produtos e incorporados em diversos segmentos, bem como computadores, celulares, tablets, televisores, veículos, eletrodomésticos dentre outros.

É importante ressaltar também que segundo a *Plastics Europe, apud Martins (2014)*, a taxa de crescimento da indústria plástica mundial no período de 1950 e 2012 foi de 8,6% por ano, pode-se citar sua relevância nos setores de alimentos e bebidas, automóveis, construção civil, equipamentos, eletrônicos, e vale destacar na área medicinal, onde as mais recentes técnicas utilizam plásticos para desbloquear os vasos sanguíneos, aparelhos auditivos e até desenvolver córneas artificiais.

Segundo Paoli e Rabello (2013), o trabalho com materiais poliméricos não é uma tarefa fácil, são inúmeras as variáveis envolvidas – natureza química, massa molar e sua distribuição, arquitetura molecular, cristalinidade, morfologia, impurezas, etc. São materiais que dependem da rota de síntese e das condições de processamento.

Os mesmos autores citam que projetar e produzir componentes poliméricos com propriedades otimizadas, destinados a aplicações em produtos úteis para a sociedade, passa inevitavelmente pela utilização de aditivos. A afirmação se dá devido ao fato de que nenhum material é perfeito em todos os aspectos, então aditivar um produto polimérico para que sua qualidade seja melhorada e compensar suas deficiências é uma ciência.

## 2.1 REJEITO PLÁSTICO GERADO NO BRASIL

Segundo dados do Banco Mundial, *apud* Coelho (2019), no Brasil mais de 2,4 milhões de toneladas de plástico são descartados irregularmente, sem nenhuma forma de tratamento ou até mesmo de separação, muitas das vezes depositados em lixões a céu aberto. Cerca de 7,7 milhões de toneladas de lixo são encaminhados a aterros sanitários.

São gerados cerca de US\$ 8 bilhões de prejuízo à economia global pela poluição através do plástico. Segundo um levantamento feito pelo Programa das Nações Unidas, os mais afetados são os setores pesqueiro, de comércio marítimo e turismo.

Cerca de 10 milhões de toneladas de plásticos vazam anualmente para os oceanos, segundo o estudo feito pelo WWF, *apud* Coelho (2019). Hoje aproximadamente 50% dos produtos plásticos que poluem o mundo foram criados nos anos 2000, no ritmo atual serão lançados no mar o equivalente a 26 mil garrafas de plástico por quilômetro quadrado até 2030, diz a pesquisa.

### 2.1.1 Prejuízos ao meio ambiente gerado pelo descarte dos rejeitos

A poluição do planeta vem sendo um tema muito destacado e discutido entre todos os países do mundo desde o século XX, uma comprovação disto são os vários acordos feitos desde 1972 na tentativa de conscientização e amenização da poluição.

Visando reduzir um pouco a poluição, em 2004 o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) proibiu a queima de pneus a céu aberto, devido a esta queima produzir emissões tóxicas por terem a presença de substâncias como dioxinas e furanos que contém cloro. A Resolução nº 258/1999 do CONAMA afirma que a partir

de 2005 à cada quatro pneus novos o fabricante deve recolher cinco pneus inservíveis, pois os mesmos ainda podem ser utilizados para outros fins como pó de borracha para fabricar tapetes, solados de sapatos e até mesmo pavimentações de estradas.

Assim como a queima da borracha, a do plástico também libera na atmosfera gases tóxicos como alógenos e dióxido de nitrogênio e dióxido de enxofre que são extremamente prejudiciais à saúde humana. O descarte incorreto deste material traz prejuízos a qualidade do ar, do solo e também de sistemas de fornecimento de água, podendo poluir aquíferos e reservatórios, provocando aumento de problemas respiratórios, doenças cardíacas e danos ao sistema nervoso de pessoas expostas (WWF, *apud* Coelho, 2019).

## 2.2 INDÚSTRIA PLÁSTICA NO BRASIL

De acordo com a Associação Brasileira da Indústria do Plástico - Abiplast (2017), menos de 5% das empresas fabricantes de produtos plásticos são responsáveis por quase 50% do faturamento do setor.

Atualmente a indústria de transformação do plástico brasileira é o quarto setor que mais emprega no país, ficando atrás apenas das indústrias de confecção de vestuário e acessórios e abate e fabricação de carnes, tendo cerca de 11.559 empresas transformadoras de plásticos ativas, gerando em torno de 325 mil empregos, principalmente no Sul e Sudeste do país.

### 2.2.1 Indústria plástica em SC

Segundo o Sindicato de Indústria de Material Plástico no Estado de Santa Catarina (Simpesc) (2014), são localizadas no Estado mais de 900 empresas de transformação do plástico, o Estado de Santa Catarina se destaca no cenário nacional por características bem determinantes como localização, mãos de obra preparada e interessada em qualificação, setores bem definidos por região, abastecimento energético, serviços nos portos e também qualidade de vida.

O dirigente do Simpesc explica que o Estado é o único em que o nível de produção per capita é equivalente a países desenvolvidos, servindo o Brasil todo e em alguns casos até exportando para outros países. O mesmo afirma que a diferença

do Estado é justamente pelo fato de ter grandes empresas em diversas sub-regiões do Estado, onde cada uma tem sua especialidade como exemplo o sul em descartáveis, o norte em produtos para construção civil e peças técnicas e o oeste em embalagens (SIMPESC, 2014).

#### 2.2.1.1 Palma Sul Embalagens

A Empresa Palma Sul Embalagens foi fundada em 2013, tem sede na Rodovia SC 443 no bairro Monte Verde no município de Morro da Fumaça-SC, com a fabricação e venda de baldes e tampas plásticas de uso industrial através do processo de injeção plástica, a Empresa atende a todo o Brasil desde indústrias de tintas a construção civil.

Desde 2015, a Empresa focou sua produção em baldes pretos, utilizando assim polipropileno reciclável em seu processo, fazendo com que não possa atender ao mercado alimentício.

A Empresa conta com a colaboração de, em média, 70 funcionários e alguns terceiros para manutenções prediais e de equipamentos, e motoristas.

### 2.3 PROCESSO DE INJEÇÃO PLÁSTICA

Segundo Harada e Ueki (2012), a moldagem por injeção (*injection molding*) é a técnica mais importante para a transformação de produtos plásticos nas mais variadas formas, com uma série de vantagens, especialmente para produção de peças seriadas em grande quantidade.

Uma máquina injetora é composta por duas partes principais, a unidade de injeção, onde o material é preparado (fundido e dosado) e injetado na velocidade e pressão programadas para dentro do molde, e a unidade de fechamento que além de comportar o molde onde é conformada a peça, deve movimentá-lo (abrir e fechar), travar fechado para suportar a pressão interna gerada pela massa injetada sob pressão, e quando aberta, deve realizar a extração da peça de seu interior (HARADA E UEKI, 2012).

## 2.4 TIPOS DE MOINHOS

A moagem é uma operação unitária de redução de tamanho, em que o tamanho médio de materiais sólidos é reduzido pela aplicação de forças de impacto, compressão e abrasão. Para Brognoli (2006), no processo de reciclagem mecânica de resíduos plásticos a etapa de moagem é de extrema importância para que o material moído tenha dimensões uniformes, garantindo-se assim que a fusão também ocorra uniformemente. A forma dos grânulos pode ser cilíndrica (com 2,5 a 4 mm de diâmetro e de 3 a 5 mm de comprimento), esférica e lentilhas (com 3 a 5 mm de diâmetro e de 1,5 a 3 mm de altura). O tempo de moagem depende do tipo de material adicionado. De acordo com Santos e Donda (2001), a granulometria final é determinada pelo diâmetro dos furos da peneira e pelo comportamento mecânico dos materiais nas condições impostas durante o processo. As Fig. 1 e 2 apresentam fotos dos materiais plásticos em grãos e moídos, respectivamente.

Figura 1: Polietileno reciclado em grãos.



Fonte: Soluções Industriais (2020)

Figura 2: Resíduos plásticos pós-consumo moídos.



Fonte: Centro de Representantes (2020)

Dois tipos de moinhos existentes, e seus princípios de funcionamento são apresentados nos itens seguintes.

### 2.4.1 Moinho de martelos

A moagem pode ser entendida como a fragmentação de uma estrutura sólida quando submetida a forças mecânicas. Nesse contexto, necessita-se de energia para vencer as forças de ligação interatômicas. As forças mecânicas são aplicadas nas partículas através dos elementos do moinho ou do meio moedor, provocando a deformação das partículas. As deformações provocam a geração de tensões internas, já que deformações e tensões estão ligadas por leis mecânicas da matéria. As deformações podem ser caracterizadas como elásticas, plásticas e viscosas, ou compostas, para a maioria dos materiais. Por exemplo, em plásticos as deformações são denominadas de visco-elásticas, e em aços, elástico-plásticas (WELLENKAMP, 1999).

A moagem é o último estágio do processo de fragmentação de partículas. Neste estágio as partículas são reduzidas, pela combinação de impacto, compressão, abrasão ou atrito, a um tamanho adequado à liberação do material para a próxima operação unitária ou processo de transformação (FIGUEIRA et al., 2004). De acordo com Mazzinghy et al. (2013), de uma forma geral pode-se dizer que os objetivos de um processo de moagem podem ser resumidos em:

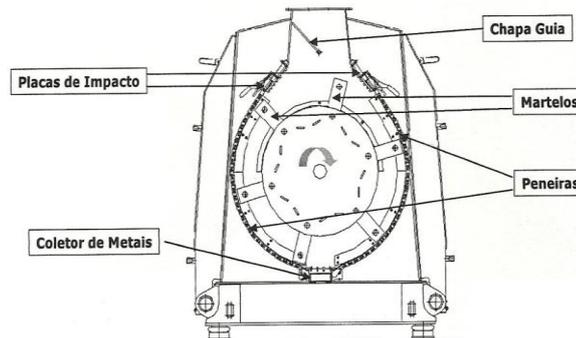
- Produzir partículas de um dado tamanho ou forma;
- Aumentar a área superficial específica dos materiais, preparando-os para etapas subsequentes de um processo produtivo, como reações químicas, secagem, extração, etc.

Todos os moinhos contêm um rotor que gira a alta velocidade dentro de um invólucro cilíndrico. Normalmente o eixo é horizontal. A alimentação entra na parte superior da caixa, é cortada e cai através de uma abertura na parte inferior. Em um moinho de martelos as partículas são quebradas por um número de martelos acoplado a um disco rotativo do rotor. Uma partícula que entra na zona de moagem não pode sair sem ser atingida pelos martelos. O martelo a fragmenta em partículas menores, pressionando-a contra a placa localizada no interior do invólucro estacionário para ainda quebrar-se em fragmentos menores. Esses, por sua vez, são pulverizados pelos martelos e são dirigidos através de uma grelha ou malha que cobre a abertura de descarga. A capacidade e consumo de energia de um moinho de martelos pode variar bastante com a natureza da alimentação e não pode ser calculado com confiança a

partir de considerações teóricas, é preferível obter estes valores a partir de informações publicadas, ou ainda melhor a partir de testes em pequena ou grande escala no moinho com uma amostra real de material a ser tratado (McCABE et al., 1991).

A Fig. 3 apresenta um esquema de um moinho de martelos.

Figura 3: Representação esquemática de um moinho de martelos.



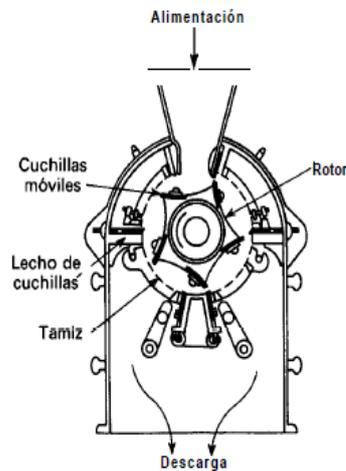
Fonte: Agroads (2020)

#### 2.4.2 Moinho de facas

Segundo McCabe et al. (1991), em alguns casos de redução de tamanho a alimentação é demasiadamente difícil ou muito elástica para ser fragmentada por compressão, impacto ou abrasão. Estes requisitos podem ser satisfeitos com dispositivos que rasgam ou cortam os materiais para formar um produto com as características desejadas. Os moinhos que possuem lâminas de corte são chamados de moinhos de facas e são utilizados numa grande variedade de processos, sendo particularmente adequado para os problemas de redução de tamanho na indústria de borracha e plásticos.

Em um moinho de facas, as partículas da alimentação entram na câmara superior onde são cortadas várias centenas de vezes por minuto, e partem através de uma peneira localizada na parte inferior com aberturas que geralmente variam de 5 a 8 mm. Os moinhos de martelos e de facas possuem um princípio de funcionamento similar, entretanto o moinho de martelos produz partículas finas, mais ou menos irregulares, enquanto o moinho de facas pode gerar cubos, quadrados ou grânulos finos (McCABE et al., 1991). A Fig. 4 apresenta um esquema de um moinho de facas.

Figura 4: Representação esquemática de um moinho de facas.



Fonte: McCABE et al., (1991)

## 2.5 CONTROLE DE QUALIDADE

A ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), por meio da NBR 14952, estabelece diversas diretrizes para a fabricação de baldes plásticos para uso industrial, produzidos pelo processo de moldagem por injeção. Para seguir a norma, os testes precisam ser rigorosos e constantes no processo produtivo, conforme os seguintes testes:

- Teste de Empilhamento: os baldes devem ser enchidos com água, e colocado em uma superfície plana, com empilhamento mínimo de 3 unidades, e permanecer assim sem deformação;
- Teste de queda: os baldes precisam resistir a, no mínimo, 3 quedas de 1,2 m cada, sem rompimento;

A Palma Sul Embalagens incorpora mais alguns testes ao processo, sendo eles:

- Teste de aparência visual: analisando falhas que podem comprometer a vedação ou aspecto do produto;
- Teste de gabarito: onde os baldes e tampas são testados em um gabarito circular, com a certeza de que se o produto encaixa no gabarito está seguindo um padrão de medida constante;

- Teste de espessura das paredes: onde o produto é cortado e medido com paquímetro para verificar se está dentro dos padrões máximo e mínimo estabelecidos pela Empresa;
- Teste de vazamento: onde o balde com água armazenada nele é vedado e, colocado horizontalmente, é pressionado para verificar vazamentos pela tampa;
- Teste de flexibilidade: onde se pressiona as paredes do produto para analisar se está flexível, pois quando muito rígido ele se rompe fácil ao ser utilizado;
- Teste de conferência de peso em balança: onde o peso interfere na espessura da parede do material.

### 3 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

Inicialmente foi recolhido 50 kg de quebra do processo, pesado em uma balança Urano UR 10000 Light que comporta até 5.000 kg. O material pesado foi encaminhado até um terceiro que moeu estas quebras em um moinho de faca. Após, o material moído retornou para a Empresa em begue onde foi reutilizado no processo de injeção.

Em uma das blendas, mistura de matérias-primas para compor o material ideal para a produção, foi incorporado o material moído. Esta blenda foi feita através de dois silos, um silo com capacidade de 4.000 kg (silo 1) e outro com capacidade de 1.250 kg (silo 2). Nas Fig. 6(a) e 6(b) pode-se verificar os silos e a esteira de alimentação, respectivamente.

Figura 6: Silos de mistura / Esteira de alimentação.



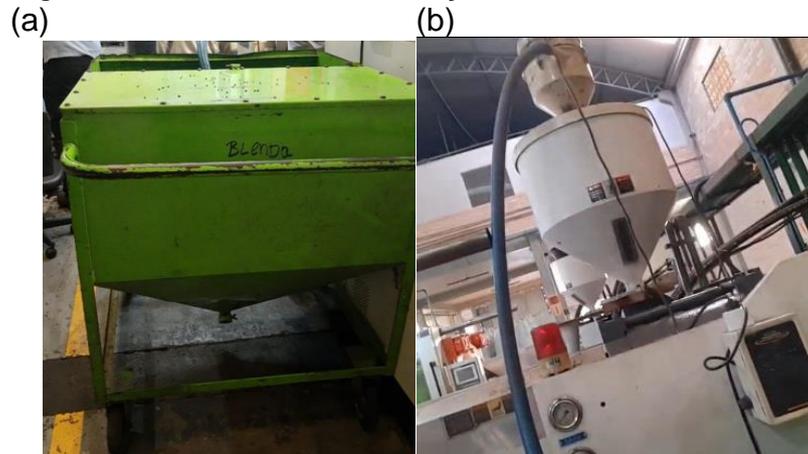
Fonte: Do autor (2020)

Ambos os silos tiveram o mesmo processo de alimentação, onde os begues foram levados através de uma empilhadeira até uma rampa de abastecimento de 240 x 56 cm, tendo 2 metros de altura na parte mais alta da mesma, que é ligada a esses silos para que através da abertura inferior do begue o material possa cair na esteira e ser direcionado ao silo.

Através do sistema de caracol contido dentro do silo a mistura foi feita por cerca de 20 a 30 minutos. No silo 1 foi adicionado 220 kg da matéria-prima A, 114 kg da matéria prima B e incorporado com 50 kg de material moído. No silo 2 foi adicionado 112 kg da matéria-prima C e 1 kg da matéria-prima D para uma produção em pequena escala para teste.

Após as misturas individuais em cada um dos silos as mesmas foram adicionadas, através de um bocal de saída na parte frontal do silo que tem 150 x 35 cm com um diâmetro de 6 polegadas, em proporção 2/1, em relação ao material de maior volume, a um carrinho de abastecimento com medidas iguais à 1,10 x 1,10 x 1,20 m que comporta 375 kg de material. Nas Fig. 7(a) e 7(b) podem ser visualizados os carrinhos de alimentação e o funil, respectivamente.

Figura 7: Carrinho de alimentação / Funil.



Fonte: Do autor (2020)

O carrinho foi levado de forma manual até a parte de trás da máquina injetora onde ocorre o consumo do material através de um alimentador elétrico que contém um motor acima do funil, no qual aspirou a blenda através de vácuo, enchendo o funil e o mantendo cheio durante todo o processo.

Com o funil cheio foi iniciado o processo de injeção, onde o operador da máquina ROMI 650 alimentou o painel com as informações necessárias para a fabricação do produto. O painel da máquina está ilustrado na Fig. 8.

Figura 8: Painel da máquina.



Fonte: Do autor (2020)

O material foi derretido a aproximadamente 214 °C e então injetado na matriz onde estava o molde do balde de 15 litros. Após foi feito o processo de resfriamento pela própria máquina, utilizando para resfriar a matriz água a 8 °C, antes de soltar o balde para que o produto final pudesse ficar firme e não com aspecto enrugado. O processo de fabricação do balde de 15 litros levou cerca de 30 segundos cada para ser fabricado.

Após o resfriamento a máquina liberou o balde que caiu em uma rampa na parte inferior da máquina, onde um operador já estava esperando para que pudesse revisar o balde e retirar as rebarbas se assim fosse necessário.

Através de um gabarito o operador colocou a alça específica para o balde e o produto foi finalizado (Fig. 9).

Figura 9: Gabarito.



Fonte: Do autor (2020)

A tampa PS 20 foi injetada a uma temperatura de 191 °C, e então passou pelo mesmo processo de resfriamento do balde e inspeção pelo operador da máquina. A inspeção da tampa pode ser visualizada na Fig. 10.

Figura 10: Inspeção da tampa.



Fonte: Do autor (2020)

O tempo de fabricação da tampa PS 20 levou cerca de 20 segundos cada. Após todo o processo de fabricação os produtos passaram pelos testes de qualidade.

#### 4.1 CONTROLE DE QUALIDADE

Após 2 h de produção ininterruptas, foram pegadas algumas peças sortidas para os testes.

O primeiro teste a ser feito foi o teste de aparência visual, onde foi verificado se os baldes e tampas não tinham rebarbas na parte superior e nos fundos, furos ou sujeiras que podem danificar o produto e se o encaixe das alças foi feito corretamente para que com o peso a alça não viesse a ceder.

O segundo teste a ser feito foi o teste de flexibilidade/resistência, onde as peças foram amassadas de forma a verificar se as mesmas retornariam ao seu estado original sem defeitos, podendo atestar que o balde não racha.

O terceiro foi o teste de peso, no qual os produtos foram pesados em uma balança Toledo 9094 Plus. O peso do balde de 15 litros deve ficar entre 458 g e 472 g. A tampa PS 20 deve ficar entre 0,129 g e 0,143 g.

O quarto teste foi o teste de gabarito, no qual as tampas e baldes devem encaixar em seu tamanho específico para que seja considerado dentro do padrão.

Este teste deve ser feito no mínimo 2 h após o material ter saído da máquina, pois com o material quente ele fica maleável podendo encaixar no gabarito na hora do teste e diminuindo posteriormente seu tamanho.

O quinto teste foi o teste de vedação, no qual encheu-se o balde de água e o mesmo foi fechado com a tampa adequadamente, primeiramente encaixando a tampa com as mãos e após batendo as superfícies com um martelo de borracha. Na sequência o balde foi virado de lado para verificar se existia algum vazamento.

O sexto teste foi o teste de queda, no qual o balde cheio de água e vedado foi pendurado pela alça em uma corda, levantado a uma altura de 1,20 m e solto para verificar se aguentaria a queda sem rachaduras. Neste teste o recomendado é que o balde aguarde até 3 quedas sem rachaduras.

O sétimo teste a ser feito foi o teste de empilhamento, no qual 3 baldes cheios de água e vedados, foram colocados em uma pilha um sobre o outro e deixados assim por 20 dias para verificar se os baldes não se deformariam com o peso.

Por último foi feito o teste de espessura da parede, onde o balde foi cortado com um estilete em quatro partes iguais partindo de um ponto fixo (a alça). Foram medidas com um paquímetro todas as superfícies do balde para verificar se todas têm a mesma espessura de parede.

Assim que finalizados todos os testes com resultado positivo, o lote produzido foi direcionado para os paletes a serem montados para envio aos clientes ou encaminhados para o setor de decoração aonde serão rotulados.

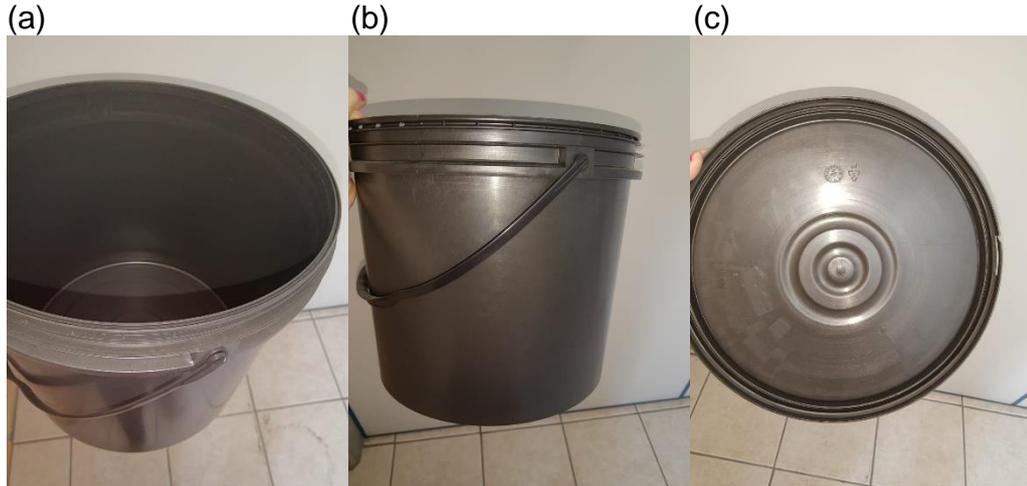
Analisou-se os resultados de forma a verificar se a reutilização do material moído no processo de fabricação foi satisfatória, para então fazer a pesquisa para implementação do moinho de facas dentro da própria indústria de plásticos, com base nas quantidades de material a ser moído.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Ao executar todos os testes mencionados anteriormente, teve-se um resultado satisfatório, visto que os produtos finais ficaram todos dentro dos parâmetros de qualidade estabelecidos.

Nas Fig. 11(a), 11(b) e 11(c), estão apresentados modelos de baldes e tampas exemplares, aprovados no teste de aparência visual, já que não há nenhuma sujeira e nem rebarbas, tanto no balde quanto na tampa, fazendo um encaixe perfeito para que a vedação do produto final não seja prejudicada.

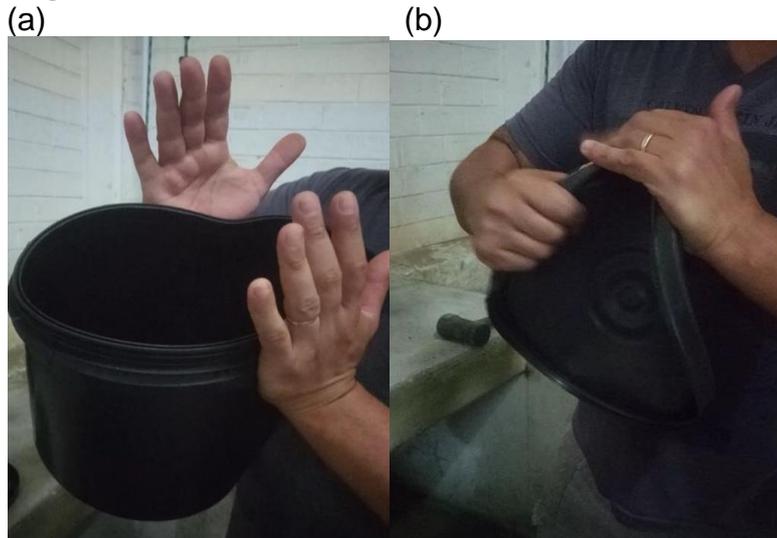
Figura 11: Teste de aparência visual.



Fonte: Do autor (2020)

Nas Fig. 12(a) e 12(b), pode-se verificar o controle de qualidade de flexibilidade, onde o produto apesar de passar por uma tentativa de deformação voltou ao seu estado normal no final, sendo então aprovado.

Figura 12: Teste de flexibilidade.



Fonte: Do autor (2020)

A Fig. 13 representa o teste de peso, no qual os produtos deste teste ficaram dentro do parâmetro desejado, os baldes pesando entre 458 g e 472 g e as tampas entre 0,129 g e 0,143 g. As variações de peso são normais devido as oscilações que pode ter na aplicação do material da injetora para o molde ou até mesmo na revisão e retiradas de rebarbas pelos operadores.

Figura 13: Teste de peso do balde.



Fonte: Do autor (2020)

A Fig. 14 apresenta o teste de gabarito, no qual os testes foram feitos após 2 h dos produtos terem saído da máquina. Neste controle de qualidade houve o encaixe dos baldes e tampas selecionados sendo então aprovados neste teste.

Figura 14: Teste de gabarito do balde.



Fonte: Do autor (2020)

No teste de vazamento e queda, representados pelas Fig. 15(a) e 15(b), respectivamente, não houve vazamento no balde e o conjunto de balde e tampa vedados e cheio de água resistiu às 3 quedas do teste; comprovando que o resultado foi satisfatório.

Figura 15: Teste de vazamento e queda.



Fonte: Do autor (2020)

O teste de empilhamento foi efetuado durante 20 dias conforme recomendado, os baldes não entortaram, mostrando que o material injetado foi espalhado uniformemente para que todas as paredes ficassem alinhadas com a mesma quantidade, não havendo assim deformação no balde.

Figura 16: Teste de empilhamento.



Fonte: Do autor (2020)

Após efetuados todos os testes comprovou-se que o produto final foi aprovado, mostrando que o reaproveitamento do material moído no processo foi eficiente. Realizou-se então os cálculos de custo para implementar o moinho de facas dentro da indústria para verificar a viabilidade financeira que esta implementação teria.

Primeiramente realizou-se o cálculo de perda que a Empresa tem atualmente com as quebras e borras do processo, por meio da Eq.(1):

$$pf = c - vvr \quad (1)$$

Onde:

$c$  = custo da matéria-prima (R\$/kg);

$vvr$  = valor de venda do rejeito (R\$/kg);

$pf$  = perda financeira (R\$/kg).

A diferença entre o que a Empresa paga pela matéria-prima (R\$3,31/kg), descontando o valor de venda para a reciclagem destas quebras (R\$1,20/kg), gera uma perda financeira para a Empresa de R\$2,11/kg de matéria-prima, já que a reciclagem paga muito menos do que é o custo real.

Para o cálculo do total mensal de perda financeira com esta venda, pode-se utilizar a Eq.(2):

$$pft = v \times pf \quad (2)$$

Onde:

$pft$  = perda financeira total (R\$);

$v$  = volume de quebra gerada durante o mês (kg);

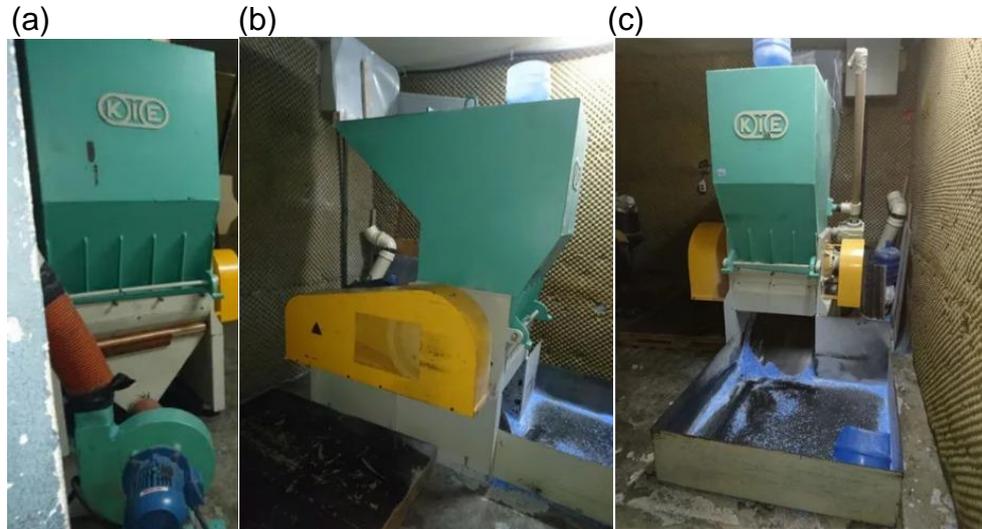
$pf$  = perda financeira (R\$/kg).

Sendo que, a quantidade de rejeito por mês é de 4.600 kg, e a perda financeira é de R\$2,11/kg, a perda financeira total por mês é de R\$9.706,00. Por ano, isto dá um desperdício de R\$ 116.472,00.

Foi orçado então um moinho de facas da marca Kie 600 mm Motor 60 cv, para moer 200 kg/h de quebra, no valor de R\$ 24.990,00. As Fig. 17(a), 17(b) e 17(c)

mostram o moinho.

Figura 17: Moinho de facas.



Fonte: Mercado livre

O custo para operação do moinho de facas orçado com energia e mão de obra seria desprezível visto que o custo com a energia seria mínimo conforme cálculos abaixo e o custo de mão de obra estaria já disponível na Empresa.

O cálculo do custo total de energia pode ser calculado pela Eq.(3):

$$cte = ch \times ce \tag{3}$$

Onde:

*cte* = custo total de energia por tempo (R\$/h);

*ch* = consumo de energia por tempo (kW/h);

*ce* = custo da energia (R\$/kW).

Sendo que o consumo de energia é de 44,13 kW/h, e o custo da energia de R\$0,16126/kW, o custo total de energia é de R\$7,12/h. Visto que o moinho selecionado tem capacidade de moer 200 kg/h, então o custo de energia será de R\$0,04/kg. Este valor é bastante baixo, podendo ser desconsiderado.

Desta maneira, os custos a serem considerados para implementação do moinho na Empresa seria de R\$ 28.190,00, levando em consideração o valor do moinho (R\$ 24.990,00), a instalação elétrica do moinho (R\$ 2.000,00) e o aluguel de um munk (R\$ 1.200,00)

Para *bayback* deste investimento, a Empresa teria este retorno financeiro em 3 meses. O que nos indica que o moinho se alto pagaria em apenas 3 meses e após isto estaria gerando um retorno financeiro para a Empresa.

## 5 CONCLUSÕES

Ao realizar todo o processo de testes e cálculos apresentados, verificou-se que implementar o moinho de facas na indústria de plásticos seria viável não somente pelo fato de ser comprovada sua eficácia na questão financeira e de qualidade da Empresa, mas também no quesito de preservação do meio ambiente. A Empresa se tornaria 100% sustentável, já que as matérias-primas utilizadas no processo já são sustentáveis. Adotar medidas sustentáveis vai muito além da escolha de proteger o meio ambiente. A sustentabilidade social pode ser um meio para a diminuição dos custos de produção e do valor final dos produtos e, especialmente, para o fortalecimento da marca de uma Empresa.

## REFERÊNCIAS

ABIPLAST. **Livro Abiplast 50 anos**. Disponível em: < [http://www.abiplast.org.br/wp-content/uploads/2019/03/livro\\_abiplast\\_50anos\\_completo\\_web-1.pdf](http://www.abiplast.org.br/wp-content/uploads/2019/03/livro_abiplast_50anos_completo_web-1.pdf)>. Acesso em: 15 de março de 2020.

ABNT. **NBR 14952**: baldes plásticos para uso industrial – requisitos e métodos de ensaios. Disponível em: <<http://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/22689/abnt-nbr14952-baldes-plasticos-injetados-para-uso-industrial-requisitos-e-metodos-de-ensaios>>. Acesso em: 15 de março de 2020.

AGROADS. Disponível em: < [https://www.agroads.com.br/moinho-de-martelos\\_58262.html](https://www.agroads.com.br/moinho-de-martelos_58262.html)>. Acesso em 02 de abril de 2020.

BROGNOLI, Ronei. **Desenvolvimento na qualidade da reciclagem de plásticos**. Esteio: Senai RS, 2006, 23p.

CENTRAL DOS REPRESENTANTES. Disponível em: < <https://www.centraldosrepresentantes.com.br/ads/compro-plastico-moido-e-lavado>>. Acesso em 02 de abril de 2020.

COELHO, Tatiana. **Brasil é o 4º país que mais produz lixo no mundo e recicla apenas 1%**. G1, Natureza, 2019.

CONAMA, **Resolução CONAMA nº 258, de 26 de agosto de 1999**. Disponível em: < <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=258>>. Acesso em: 28 de março de 2020.

FIGUEIRA, H. V. O. *et al.* **Tratamento de Minérios**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2004, p.113-182.

HARADA, Júlio; UEKI, Marcelo M. **Injeção de Termoplásticos: produtividade com qualidade**. São Paulo: Artliber Editora, 2012. p.17, 24, 25.

MARTINS, Alisson David de Oliveira. **Indústria de transformação de plásticos**. Informe técnico do ETENE, 2014.

MAZZINGHY, D. B *et al.* **Simulação de Moinho Vertical Aplicada aos Minérios de Ferro**. 43º Simpósio de Redução e Minério de Ferro e Matérias-primas, 2013.

MCCABE, W.L *et al.* **Operaciones Unitárias em Ingenieria Quimica**. New York: McGraw-Hill, 1991.

MERCADO LIVRE. Disponível em: < [https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1088862598-moinho-paraplastico-kie-600mm-motor-30cv-\\_JM](https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1088862598-moinho-paraplastico-kie-600mm-motor-30cv-_JM)>. Acesso em 13 de outubro de 2020.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, **Agenda 21 e biodiversidade**. Disponível em: < [www.mma.gov.br/agenda21](http://www.mma.gov.br/agenda21)>. Acesso em: 28 de março de 2020.

PAOLI, Marco Aurelio de; RABELLO, Marcelo. **Aditivação de termoplásticos**. São Paulo: Artliber Editora, 2013. p.3-5.

SANTOS, I. J.; DONDA, J. D. **Estudo da introdução de etapa de classificação na pré-moagem**. Correspondência interna Samarco Mineração, 2001.

SIMPESC. **Pólo plásticos de Santa Catarina**. Disponível em: < <http://www.simpesc.org.br/2014/05/polo-plastico-de-santa-catarina>>. Acesso em: 15 de março de 2020.

SOLUÇÕES INDUSTRIAIS. Disponível em: < <https://www.solucoesindustriais.com.br/empresa/quimico-petroleo-plastico/polibalbino/produtos/plastico/polietileno-granulado>>. Acesso em: 02 de abril de 2020.

WELLENKAMP, Franz-Josef. **Moagens fina e ultrafina de minerais industriais: uma revisão**. Rio de Janeiro: CETEM, 1999.

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus por me proporcionar poder chegar até a finalização deste projeto.

Aos meus pais e meu marido por todo incentivo e impulso que me proporcionaram.

Quero também agradecer a professora Carolina que me ajudou no desenvolvimento deste projeto, aos meus colegas de serviço Alini, Paulo e Cleberson que estiveram sempre dispostos a me ajudar durante a construção deste artigo e a gerência da Empresa Palma Sul que me permitiu poder desenvolver este estudo.