

RECUPERAÇÃO DE CAVACO DE LATÃO PARA FABRICAÇÃO DE FILTROS POROSOS SINTERIZADOS

Lucas do Nascimento Mendes¹, lucas.mendes20@aluno.unip.br

Fabio Miranda^{1,2}, fabio.miranda@docente.unip.br

Marcelo Otávio dos Santos^{2,3}, marcelo.santos@maua.br

Daniel Rodrigues⁴, daniel@brats.com.br

Gilmar Ferreira Batalha², gfbatalh@usp.br

¹ Universidade Paulista, ICET – Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia – São Paulo, SP – Brasil.

² Universidade de São Paulo, Escola Politécnica da USP, Dep. de Eng. Mecatrônica e de Sist. Mecânicos – São Paulo, SP – Brasil.

³ Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia (IMT) – Dep. de Eng. Mecânica – São Caetano do Sul, SP – Brasil.

⁴ BRATS – Filtros sinterizados e pós-metálicos, Cajamar – SP.

Resumo: As empresas devem buscar a redução da geração de resíduos por meio da adoção das melhores práticas tecnológicas disponíveis. A recuperação de resíduos industriais deve ter um destino adequado sendo proibido o seu lançamento ou descarte de qualquer forma, pois comprometem a segurança, o meio ambiente e a saúde dos trabalhadores. Este trabalho faz uso dos resíduos sólidos de cavacos de latão, proveniente do processo de usinagem, torneamento e fresamento, e propõe uma reutilização destes resíduos para fabricação de filtros ou elementos porosos como copos, discos ou cilindros através da tecnologia dos sinterizados convencional para aplicação de filtragem de impurezas, ou particulados de 20 a 50 micra, para líquidos ou gases. O resíduo sólido foi lavado com água, secado a 150°C, moído, peneirado e classificado em malhas de # -14/+25 (1410 – 707 µm) e malha # -25 (707 µm). Foram compactados corpos de provas com pressões de 100 a 500 MPa para análise da compressibilidade, perda de massa, contração, porosidade, dureza; e discos de teste de 100 a 200 MPa para o ensaio de vazão/permeabilidade. A sinterização no estado sólido-sólido ocorreu em um forno a vácuo com 2×10^{-2} mbar e com temperatura de 800°C a 30 minutos de estabilização. Foram realizadas análises com os microscópios óticos (MO), densidade hidrostática e micro durezas. A avaliação de poros, porosidade interconectada, percentual das porosidades, permeabilidade ou taxa de fluxo foram realizadas e são informações úteis para especificação de um filtro poroso. Através dos resultados é possível concluir que a permeabilidade dos filtros de resíduos de cavacos de latão é maior quando comparado com um filtro poroso com matéria virgem e dependem basicamente das faixas granulométricas do pó e da pressão de compactação.

Palavras-chave: Resíduos Sólidos; Cavaco; Latão; Tecnologia dos sinterizados; Filtro poroso.

1. INTRODUÇÃO

As técnicas de reciclagem do setor do metal possuem como foco os resíduos sólidos após serem gerados, diminuindo as perdas de produtos e evitando a geração de mais resíduos (Moraes *et al.*, 2015). Segundo Frassan (2017), o cavaco proveniente de processos industriais permite que material próximo daquele adquirido pela técnica de processamento da metalurgia do pó possam ser adquiridos por meio da reciclagem. No entanto, o tratamento desse resíduo industrial causa um gasto muito grande, demonstrando que a técnica da metalurgia do pó seja uma alternativa plausível para recuperação, reciclagem ou reuso.

A formação de cavacos de diferentes tamanhos é comum em processos de corte de metal, porém, o tamanho e forma variam de acordo com diferentes parâmetros do processo de usinagem. A geração de cavaco curto, geralmente está ligada a dois fatores principais, o primeiro sendo o ângulo de ataque da ferramenta e o segundo sendo a ductilidade do material usinado. Materiais de baixa dureza, porém, podem ter usinabilidade baixa, sendo gerados cavacos longos e que quebram de forma fácil (Diniz *et al.*, 2014).

A principal distinção encontrada no uso de processos de metalurgia do pó, está diretamente relacionada ao uso do material primário em formato de pó, ao invés da metalurgia convencional. A utilização da metalurgia do pó permite o desenvolvimento de produtos com maior precisão no formato, medidas e complexidades, também permitindo a produção em larga escala de diferentes partes e componentes (Chiaverini, 2001).

O processo de metalurgia do pó convencional é dividido em duas partes principais, sendo a primeira a utilização de prensas para alcançar o formato desejado e a segunda o aquecimento, denominada de sinterização, que tem como objetivo o fechamento dos poros de maneira controlada, permitindo assim a obtenção de diferentes densidades a partir do pó metálico (Brito *et al.*, 2007).

O que ocorre, como por exemplo, em filtros porosos e elementos filtrantes fabricados de materiais que possuem alta densidade é a porosidade, sendo as principais aplicações em sistemas de filtragem e redução de fluxo (Pola, 1994). A

reciclagem de diferentes materiais que se encontram no estado sólido, é uma forma viável para aumentar a eficiência do processo da metalurgia do pó, porém, esses metais podem chegar a até 40% de perda por oxidação, como no caso do alumínio (Xavier *et al.*, 2019).

O método de prensagem uniaxial possui destaque dentre os outros métodos devido à simplicidade e o baixo custo, consiste em uma prensa e uma matriz fixa (Alves *et al.*, 2018).

O objetivo deste trabalho é apresentar um estudo de reaproveitamento de cavaco de latão 70Cu-30Zn, proveniente de ferramentaria e usinagem, reutilizando-o com o menor número de etapas do processo de fabricação da tecnologia dos sinterizados. Foram avaliadas as perdas de massa, contrações lineares ou volumétricas e dureza por microindentação Vickers dos corpos de prova. Foram desenvolvidos discos porosos passando por testes rigorosos com as características físicas finais, a fim de obter com capacidade de produzir protótipo do componente do produto sinterizado (Nível de maturidade tecnológica TRL/MRL 5).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Preparação e caracterização da amostra de cavaco 70Cu-30Zn

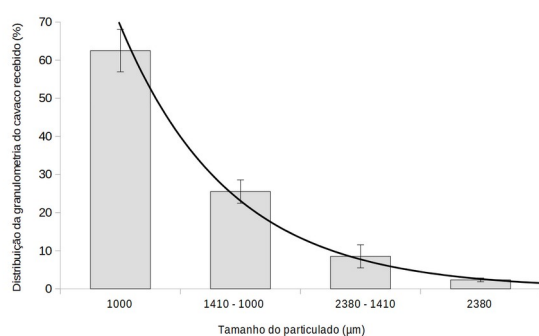
Para o desenvolvimento das amostras, aproximadamente 4,5 kg de cavaco de latão 70Cu-30Zn foi adquirido de uma empresa localizada em São Paulo, Jundiaí. O formato do cavaco pode ser visto na Figura 1(c). O resíduo sólido foi lavado utilizando água e detergente, e seco a uma temperatura de 150 °C em um forno estufa.

Para a categorização inicial da amostra, foram utilizadas peneiras com malhas metálicas (Série Tyler) conforme apresentado na Tabela 1, sendo escolhidos para utilização os tipos de malha (mesh) #+7, #-7/+14, #-14/+18 e #-18, o que permitiu mapear a distribuição granulométrica do cavaco, Fig. 1(a). Para separação dos cavacos via peneiramento a seco, foi utilizado um equipamento com vibração, (Fig. 1(b)).

Tabela 1. Quantidade de cavaco por *mesh* presente na amostra inicial.

Peneira		Quantidade de cavaco (%)
(mesh #)	(μm)	
# +7	2.380	$2,34 \pm 0,49$
# -7/+14	2.380 – 1.410	$8,51 \pm 3,02$
# -14/+18	1.410 – 1.000	$25,52 \pm 3,06$
# -18	1.000	$62,50 \pm 5,55$

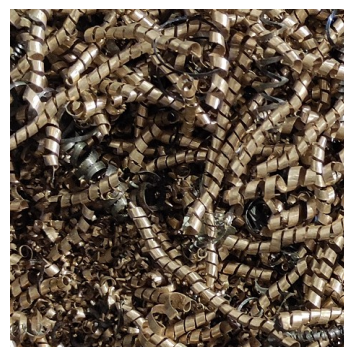
A partir dos dados obtidos e apresentados na Tabela 1 e dos filtros disponibilizados pela empresa BRATS – Filtros Sinterizados, foi possível determinar que o melhor tamanho de peneira a ser utilizado seriam as peneiras com malhas de # -25 e # -14/+25 *mesh*, permitindo assim a separação do cavaco puro, apresentado na Fig. 1(c).



(a)



(b)



(c)

Figura 1. (a) Distribuição dos particulados da amostra inicial de cavaco de latão 70Cu-30Zn. (b) Equipamento mecânico vibratório. (c) Cavaco não esférico utilizado nas amostras com formatos diversos Fig. 2(c).

Após a definição do tamanho do particulado, foi necessária a remoção da maior quantidade possível de impurezas ferrosas contidas no lote de cavaco, utilizando um ímã, obtendo 0,9% de material magnético. O material apresentava impurezas como o alumínio, que não pôde ser removido utilizando um ímã, porém, presente em valores que não puderam ser quantificados.

A separação dos particulados de cavaco de latão 70Cu-30Zn, nas faixas descritas foram feitas utilizando uma peneira vibratória em ciclos de 20 minutos, adquirindo 460,7 g do Mesh #-14/+25 (Fig. 2(a)) e 631,6 g de Mesh #-25

(Fig. 2(b)). Os formatos dos particulados variam entre os vistos na Fig. 2(c) com exceção do esférico, que representam o comparativo com o tridimensional esférico, visto na Fig. 2(c), denominado partícula esferiodizada atomizada.

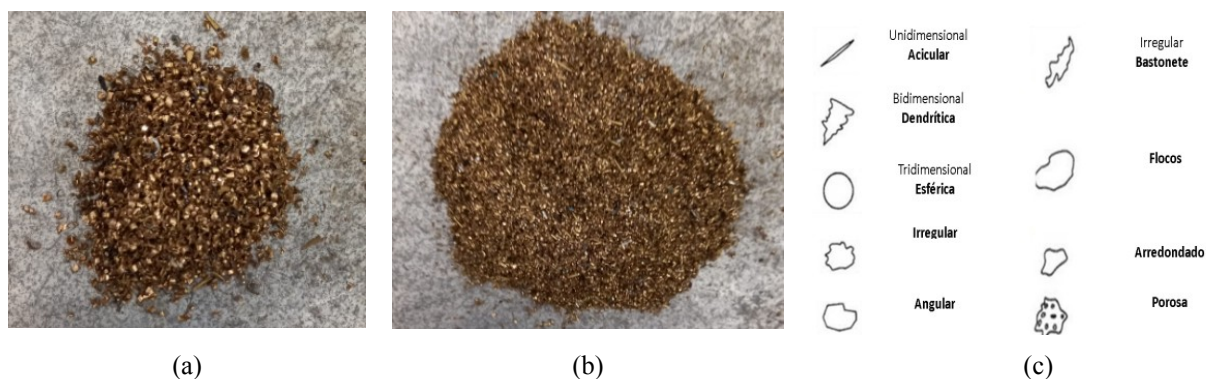


Figura 2. (a) Particulados na forma de cavaco peneirado nas malhas de #-14/+25. (b) Particulados na forma de cavaco peneirado nas malhas de #-25. (c) Caracterização dos formatos de pó adquiridos através de moagem de alta energia “Adaptado de Barbedo (2021)”.

Segundo Krivij (1997), o latão, em formato esférico, na faixa de 630 a 800 μm , equivalente a faixa do pó #-25 possui densidade aparente de 5,2 g/cm^3 e a densidade aparente dos pós com granulometria acima de 800 μm encontram-se nesta mesma faixa. A densidade de um material está ligada a diferentes fatores como a distribuição do tamanho do grão e a composição química do material. Sendo que quanto mais denso o material for, melhor serão as suas propriedades físicas (Komata; Neto, 2020). Para se obter a medida de densidade aparente foi utilizado um recipiente metálico, onde é possível obter a medida desejada a partir da diferença do peso do metal do recipiente pelo peso total medido, procedimento este que foi repetido tanto para o Mesh #-14/+25 e #-25. Os valores obtidos podem ser observados na Tabela. 2.

Tabela 2. Densidade aparente das amostras de *mesh* #-25 e #-14/+25.

Peneira (Mesh)	Granulometria do cavaco (μm)	Densidade aparente (g/cm^3)
#-14/+25	1410 – 707	1,98 $\pm$ 0,03
#-25	707	2,19 $\pm$ 0,06

2.3. Etapa de compactação

Ambos os particulados foram adicionados de 0,25% em massa de estearato de zinco, sendo este o mesmo percentual utilizado para os produtos porosos fabricados pela empresa BRATS – Filtros Sinterizados e misturados por 20 minutos utilizando um misturador em V, para permitir uma melhor mistura. Na etapa de compactação, uma matriz cilíndrica com diâmetro de $\varnothing 10$ cm foi utilizada e preenchida com aproximadamente 5 g para cada corpo de teste desenvolvido, e prensadas entre 100 MPa e 500 MPa, Fig. 3(a) e 3(b), em intervalos de 50 MPa, utilizando uma prensa EMIC com capacidade de 9 toneladas. Os 6 discos porosos (Fig. 3(c)) foram compactados com 100, 150 e 200 MPa, utilizando os mesmos métodos dos corpos de teste, para comparação de vazão.

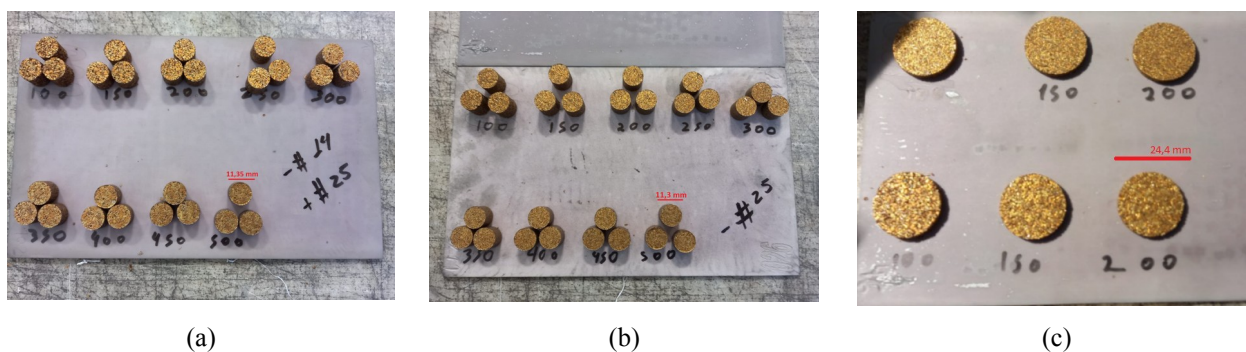


Figura 3. Corpos de corpos sinterizados com dimensões $\varnothing 10$ x para compactações de 100 a 500 MPa. (a) *Mesh* #-14/+25. (b) *Mesh* #-25. (c) Filtros de teste com dimensões de $\varnothing 10$ x para compactações de 100 a 200 MPa.

2.5. Etapa de sinterização

A sinterização no estado sólido ocorreu em um forno a vácuo com 2×10^{-2} mbar (*Thermal Technology Inc.*), Fig. 4(a), com resistências a grafite, Fig.4(b). O processo completo, até o fim da estabilização levou 90 minutos, com 60 minutos de estabilização em um patamar de 800 °C e o resfriamento foi lento dentro do próprio forno, conforme gráfico apresentado na Fig. 4(c).

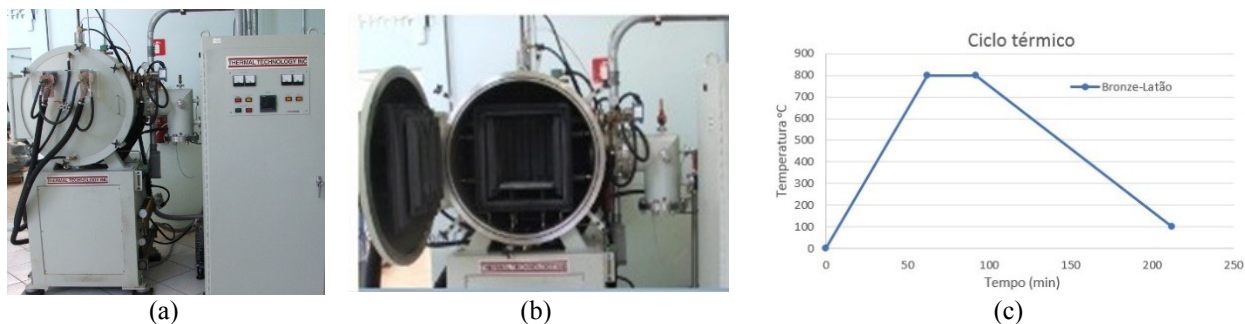


Figura 4. (a) Forno a vácuo. (b) Resistência de grafite. (c) Ciclo térmico da sinterização das amostras de Latão.

2.4. Caracterização do filtro

Foram realizadas análises das porosidades das amostras para ampliações de 50x, 100x e nos corpos de prova de 300 MPa, utilizando um microscópio ótico com capacidade de até 100x de ampliação, tanto na vista superior quanto no corte transversal, permitindo assim a comparação das microporosidades com um modelo de filtro poroso de latão. As amostras foram polidas utilizando uma politriz com lixas de até 1 μ m. Para efeito comparativo foi utilizado um filtro atomizado de latão 70Cu-30Zn, Fig. 5(a) e Fig. 5(b). A superfície desse pó atomizado comercial e sinterizado por gravidade, sem pressão de compactação, é idealmente lisa e esférica que têm características de passagem de fluxos ideais e são desejáveis para os filtros porosos.

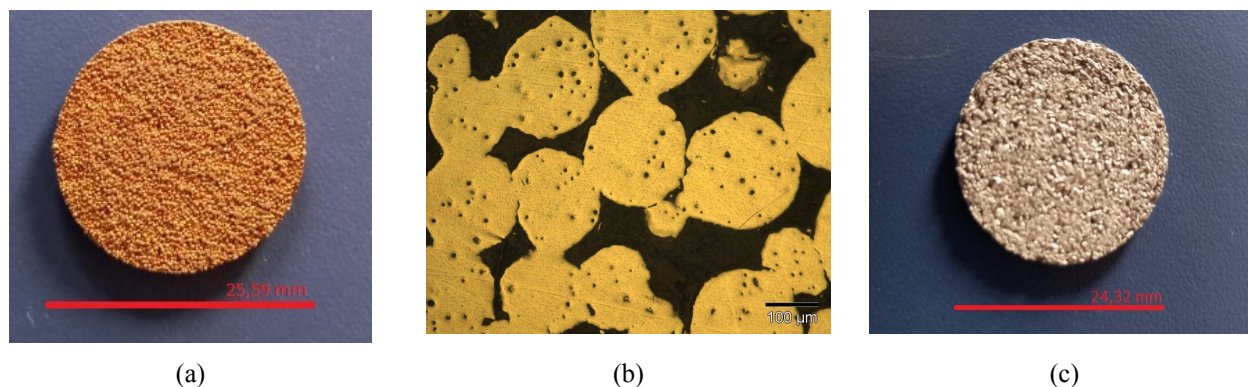


Figura 5. Comparativos para atomizado de latão 70Cu-30Zn. (a) Disco comparativo de latão 70Cu-30Zn. (b) Pó atomizado sinterizado – aumento 20x. (c) Filtro poroso de aço inox XG #-25 fornecido pela empresa BRATS.

A permeabilidade foi avaliada utilizando um permeômetro nos discos de teste desenvolvidos, no atomizado de latão, Fig. 5(a) e (b); e no filtro grosseiro de inox, Fig. 5(c), com as pressões padrão utilizados pela empresa Brats Indústria e Comércio de Produtos Metálicos Especiais, sendo elas 0,2; 0,4; 0,6; 1 e 1,5 atm.

2.6. Avaliação da dureza por microindentação Vickers ($HV_{0,1}$)

A dureza foi avaliada a partir da dureza Vickers, com equipamento fornecido pelo Instituto Mauá de Tecnologia (IMT), sendo a carga utilizada de 0,1 kgf. Os ensaios foram feitos no disco atomizado, no cavaco puro para as faixas de 300, 400 e 500 MPa, respectivamente.

O valor da dureza é definido pela resistência do material para gerar a identificação do durômetro, permitindo assim os valores obtidos através da profundidade ou área de marcação, através da equação (1) (Dominguez; Avilés, 2022).

$$HV = \frac{1,8544 \cdot P}{d^2} \quad (1)$$

Onde: HV é a dureza Vickers, P é a força aplicada na amostra pelo equipamento e d é a média entre as diagonais obtidas.

2.7. Porosidade

A porosidade foi avaliada pelo método de Arquimedes para corpos submersos após sua sinterização, sendo utilizada uma balança de precisão com um equipamento de suporte específico, foi possível realizar as medidas das massas de cada corpo de teste, e a densidade real de cada corpo foi adquirida e comparada com a densidade volumétrica.

A densidade do material do corpo poroso pode ser adquirida pela equação (2) (Mazali, 2005).

$$d^p = \left(\frac{m^d}{m^u - m^{ap}} \right) \cdot d^l \quad (2)$$

Onde: d^p é a densidade do material do corpo poroso, m^d é a densidade do corpo seco, m^u é a densidade do corpo mergulhado em água, m^{ap} é a densidade aparente e d^l é a densidade do fluido no qual o corpo foi imerso.

Ao adquirir a densidade real do corpo poroso, aplica-se a equação (3) (Rattanachan, 2007).

$$p = 1 - \left(\frac{d^{vol}}{d^p} \right) \quad (3)$$

Onde: d^{vol} é a densidade volumétrica seca do corpo poroso e d^p é a densidade do material do corpo poroso.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

As Figuras 6(a) e 6(b) apresentam as imagens de porosidades de uma amostra de cavaco de latão 70Cu-30Zn. Pode-se notar, aparentemente, a quantidade elevada de porosidade no cavaco. Verificação essa que permanece constante na malha #-14/+25 e #-25 mesh tanto na vista superior quanto no corte transversal, seguindo as Figuras 5(c), 5(d), 5(e) e 5(f). Também é possível notar a diferença do material presente nos particulados, o que dificulta a definição do material analisado em cada figura.

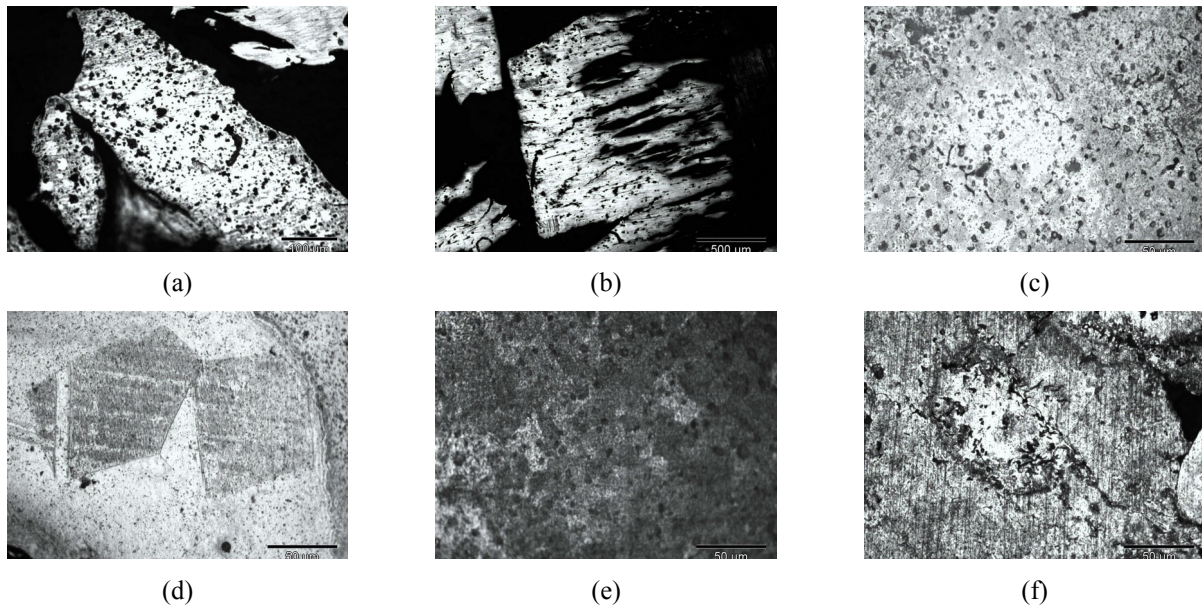


Figura 6. Imagens do microscópio óptico. (a) Cavaco puro de latão 70Cu-30Zn - aumento de 20x. (b) Cavaco puro de latão 70Cu-30Zn - 5x. (c) Topo 300 MPa malha #-14/+25 (800 °C) - 50x. (d) Transversal 300 MPa malha #-14/+25 (800 °C) - 50x. (e) Topo 300 MPa malha #-25 (800 °C) - 50x. (f) Transversal 300 MPa malha #-25 (800 °C) - 50x.

Para os latões, as durezas acima de 170 HV são consideradas materiais extraduros, entre 125 HV e 150 HV é classificada ½ duro e entre 160 HV e 170 HV duro (LG STEEL, 2022). Durante o processo de compressão dos corpos de prova, a matriz cilíndrica foi danificada, mesmo sendo feita de metal duro, de forma a dificultar o uso em outros processos que envolvem a metalurgia do pó. O dano a matriz foi causado por dois motivos principais, sendo eles; o formato dos cavacos ao ser utilizado como produto da metalurgia do pó cria pequenas faces de corte que danificam o equipamento ao aumentar a pressão e a dureza do material, que devido ao processo de ferramentaria e usinagem encontra-se com dureza elevada devido ao encruamento dos grãos (Fig. 7).

A avaliação da dureza do material usinado, na forma de cavaco, apresentou uma dureza Vickers por microindentação com carga de 0,1 kgf igual a 200 HV; valor este abaixo da dureza do latão atomizado (Fig. 5(a) e (b)) que resultou em 300 HV. As amostras com malha #-25 a 300 MPa e 500 MPa e #-14/+25 a 500 MPa encontram-se na categoria de material extraduro, enquanto as amostras restantes encontram-se na categoria ½ duro.

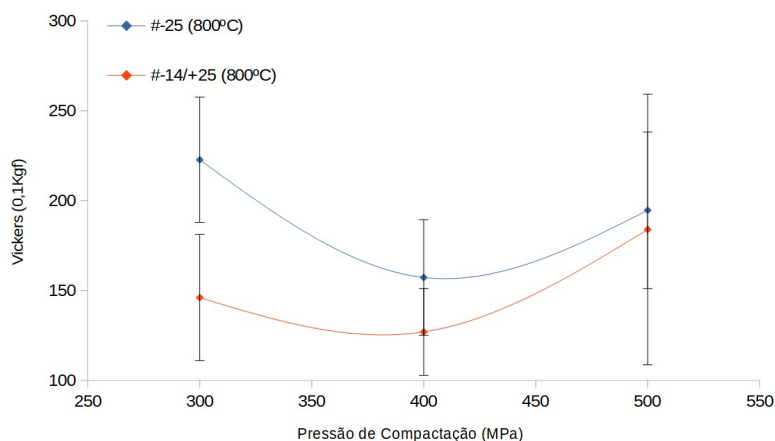


Figura 7. Dureza Vickers (para 0,1 kgf) em relação a pressão de compactação (MPa).

Durante as etapas de compactação e sinterização das amostras, ocorre o endurecimento por solução nas ligas de Cu, causada pela presença dos átomos de zinco. Como resultado, aumenta a resistência dos latões, tanto nas condições endurecidas como no recozido, com o aumento do teor de zinco (ASM, 1998).

Na Figura. 8, pode-se observar que para diferentes faixas de granulometria do cavaco, conforme se aumenta a pressão de compactação, maior será o aumento de densidade das amostras sinterizadas.

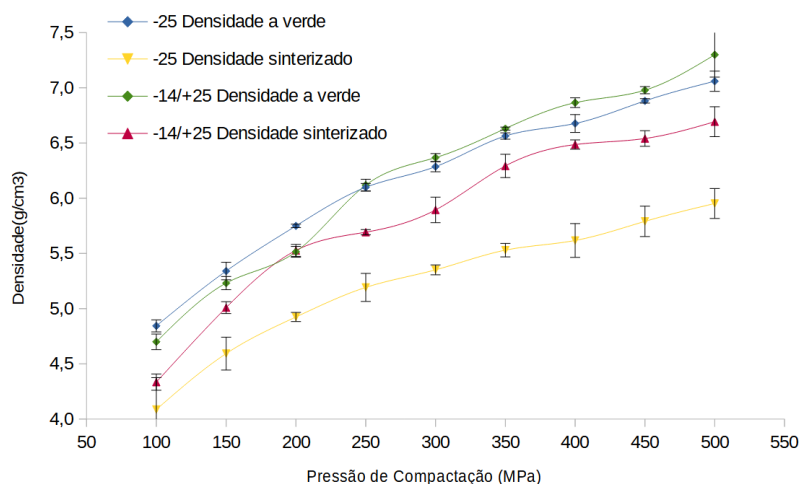


Figura 8. Densidade a verde e sinterizado (g/cm^3) em relação a pressão de compactação (MPa) dos corpos de prova.

Há uma pequena diferença para os corpos de teste de 100 MPa, 150 MPa e 200 MPa, principalmente nos de *mesh* #-14/+25, isto é, devido ao fato da dificuldade de manter os corpos de teste na forma desejada. Isso, porém, não é visto nas pressões maiores do que 200 MPa. Ao comparar ambas as curvas adquiridas, pode-se afirmar que a pressão de compactação tem influência na amostra, diminuindo a quantidade de massa perdida em relação a pressão de compactação. O *mesh* #-25 perdeu entre 19% e 24% da massa total e o *mesh* #-14/+25 perdeu entre 12% e 17% da massa total (Fig. 9).

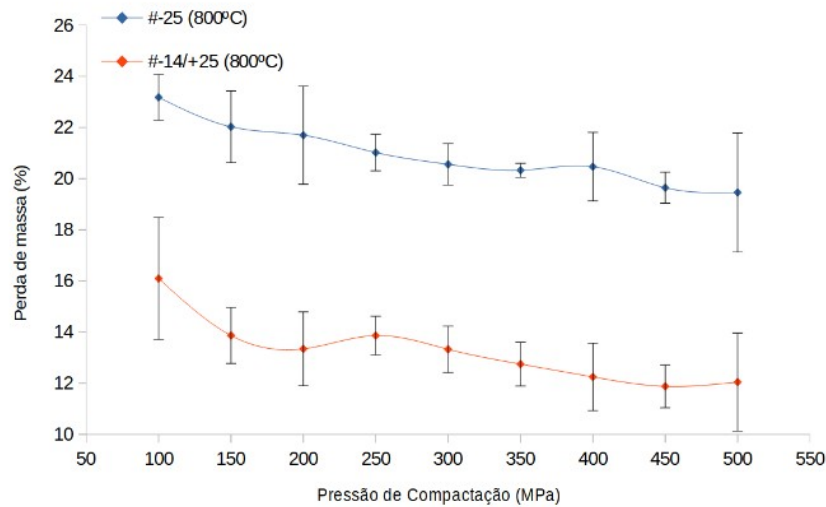


Figura 9. Perda de massa (%) em relação a pressão de compactação (MPa) dos corpos de teste.

Sobre a perda de massa, os princípios gerais de leitura do diagrama de equilíbrio Cu-Zn (Fig. 10) podem ser aplicados. Uma característica crítica desta região do diagrama é a forma da linha *solvus*. A ligas de latão abrangem uma ampla faixa do diagrama binário, dentro do campo de fase de solução sólida de cobre e são chamados de latões alfa para teores de 0 até 38,95% em massa de Zinco. Como esperado, a microestrutura desses latões consiste apenas em grãos de solução sólida de cobre. No entanto, no processo de sinterização a vácuo, à 800 °C, a perda de massa se dá por estar próxima da linha *solidus e liquidus* (903 °C para uma liga 32,5% de Zn contida). Assim, temperaturas mais altas são favoráveis à densificação das amostras, mas, por outro lado, aumentam a pressão de vapor líquido. Essa evaporação do líquido pode alterar a composição química do sinterizado. A deposição de vapores metálicos nas paredes e nas resistências do forno, podem trazer danos e desgaste (ASM, 1998).

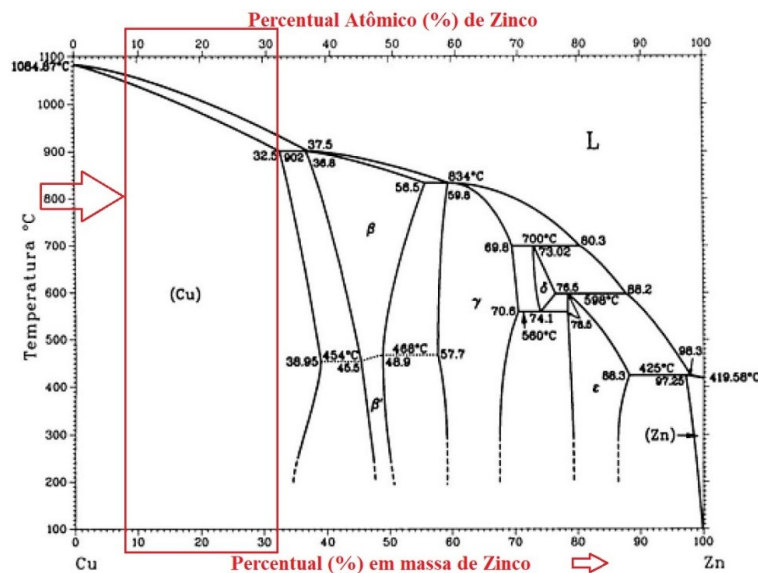


Figura 10. Diagrama binário Cu-Zn, para latões alfa. Adaptado de ASM Handbook Vol. 3 *Alloy phase diagrams* (1998).

Na Figura 11, observa-se que a tendência de ambas as faixas analisadas é de chegar próximas a zero, quanto maior a pressão, significando que estão cada vez mais próximas à densidade real do material. A variação vista principalmente nas amostras para *mesh* #14/+25 pode ser atribuída ao fato que a utilização de particulados grosseiros de tamanho considerado grande, tende a ser levemente danificado durante o contato, possuindo alta perda de volume principalmente de 100 MPa a 300 MPa. Esse fator tende a ter melhor estabilidade entre 350 MPa e 500 MPa, enquanto o *mesh* #25 permaneceu estável de modo geral nos corpos de teste analisados. A contração volumétrica máxima do *mesh* #14/+25 foi de 13,5% e do *mesh* #25 foi de 9%. A contração volumétrica mínima resultou em 4% para ambos os casos analisados.

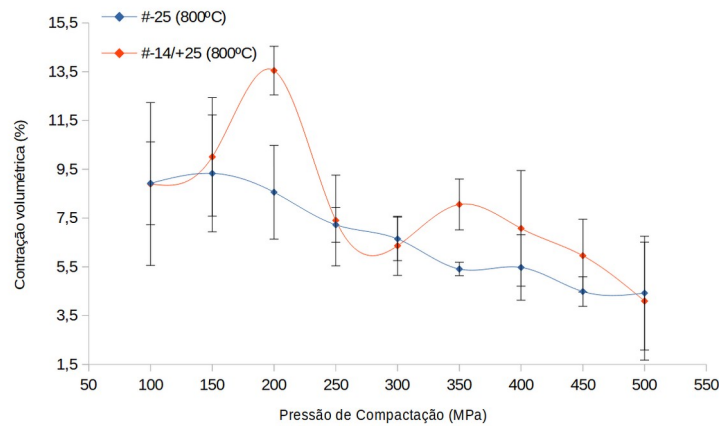


Figura 11. Contração volumétrica (%) em relação a pressão de compactação (MPa) dos corpos de teste.

A porosidade do cavaco, da amostragem da peneira *mesh* #-14/+25, demonstra comportamento curvilíneo, com inclinações crescentes a partir do ponto de 350 MPa até 500 MPa, (Fig. 12). Isso pode ser explicado, devido as variações de formato e tamanho das amostras adquiridas, fazendo com que a porosidade seja difícil de prever em condições normais de sinterização. Na amostragem de *mesh* #-25, porém, a taxa de porosidade em relação pressão de compactação, se comportou de forma linear e a sua curva ficou caracterizada por uma reta decrescente. Para ambos os casos a variação da porosidade foi entre 43% e 20%.

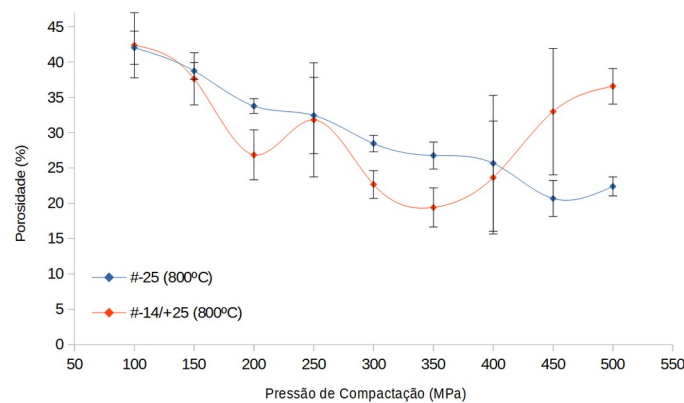


Figura 12. Porosidade (%) em relação a pressão de compactação (Mpa) dos corpos de teste.

A permeabilidade é verificada através da vazão ao se comparar com os discos de inox e atomizado. Os de *mesh* #-14/+25, porém, obtiveram valores bem mais próximos aos utilizados no mercado com *mesh* de #-25 (Fig. 13).

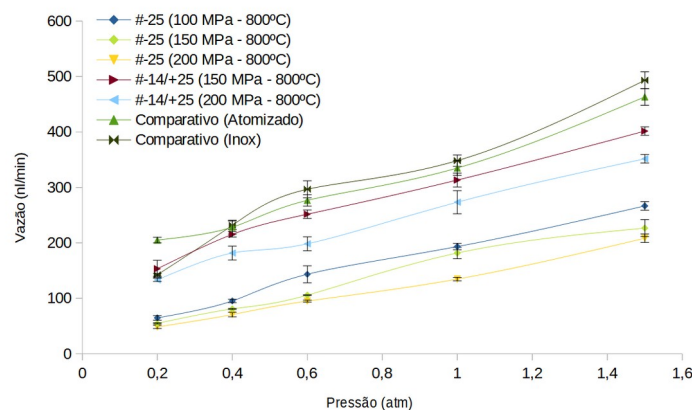


Figura 13. Vazão (nl/min) em relação a pressão de compactação (MPa) dos corpos de teste.

4. CONCLUSÕES

A partir das análises feitas dos corpos de prova desenvolvidos utilizando cavaco de latão, adquiridos de um lote de ferramentaria e usinagem, separados nas faixas de *mesh* #-14/+25 (1410 – 707 µm) e *mesh* #-25 (707 µm) e sinterizados a uma temperatura final de 800 °C, estabilização por 30 minutos e resfriado lentamente no forno, pode-se concluir que:

- As amostras compactadas com pressões abaixo de 200 MPa e os discos porosos com pressões abaixo de 150 MPa da *mesh* #-14/+25 e 100 MPa da *mesh* #-25 apresentaram baixa resistência a verde. Facilmente quebrável na manipulação, devido a sua alta dureza (Acima de 170 HV).
- A densidade a verde da *mesh* #-14/+25 e *mesh* #-25 ficaram próximas, porém, a densidade sinterizada de *mesh* #-25 foi menor que a densidade sinterizada de *mesh* #-14/+25.
- Perdas de massa ocorreram no intervalo de 12 a 17% e 19 a 24% para os cavacos com granulometria de *mesh* #-14/+25 e *mesh* #-25, respectivamente.
- Pressões baixas de compactação, resultaram em contrações volumétricas com valor máximo de 13,5% para *mesh* #-14/+25 e 9% para o *mesh* #-25. Enquanto que maior pressão de compactação, resultou em 4% para ambas as amostragens.
- A porosidade máxima atingida foi de 43% (100 MPa, para ambas amostras) e a mínima atingida foi de 20% (350 MPa, para amostra #-14/+25).
- O cavaco possui microporosidade elevada, tanto a verde quanto sinterizado, em comparação ao atomizado do mesmo produto.
- A vazão (permeabilidade) obtida do *mesh* #-14/+25 e *mesh* #-25 dos discos de teste foi mais baixa do que o filtro poroso de latão 70Cu-30Zn e o filtro poroso de aço inox XG *mesh* #-25.
- A dureza Vickers do cavaco após sinterização da *mesh* #-14/+25 e *mesh* #-25 foi menor do que o cavaco antes da sinterização e o atomizado.

O *mesh* #-14/+25 obteve resultados mais próximos aos do filtro poroso de latão 70Cu-30Zn e ao filtro poroso de aço inox XG *mesh* #-25, porém, carece de repetibilidade dos diferentes parâmetros analisados, inviabilizando a produção. As características *mesh* #-25 são, no geral, inferiores às analisadas dos comparativos, porém, é possível prever, a partir da linearidade, tornando viável para produção.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à empresa BRATS – Filtros Sinterizados pelo uso do laboratório de preparação metalográfica e pelo uso do microscópio ótico (MO), ao Daniel Rodrigues (Diretor e engenheiro responsável), ao Gabriel (Técnico industrial), ao Instituto Mauá de Tecnologia (IMT) pelo uso do microdurômetro (Vickers), e ao Santander pelo financiamento, nossos sinceros agradecimentos.

6. REFERÊNCIAS

- ADPLAST, 2022. Estearato de zinco. 18 Oct. 2022 <<http://www.adplast.pt/produtos-pt/lubrificantes-para-pvc/estearato-de-zinco/>>.
- Alves, J.V.C., Oliveira, E.S., Silva, I.P.A., Barra, S.R.B., 2018. Metalurgia do pó: Avaliação da viabilidade técnica do processamento de cavacos das ligas de alumínio AA1060 e AA3003. - João pessoa, Brasil.
- ASM – Metal Handbook, 1998. *Powder metal technologies and applications*. 7º volume.
- ASM – Metal Handbook, 1998. *Alloy Phase Diagrams*. 3º volume.
- Barbedo, E.L., 2021. Reutilização do cavaco do aço Vanadis 8 pelo processo de metalurgia do pó utilizando moagem de alta energia. - São paulo, Brasil.
- Brito, F.I.G., Medeiros, K.F, Lourenço, J.M., 2007. Um estudo teórico sobre a sonterização na metalurgia do pó. 3º volume.
- Chiaverini, V., 2001. Metalurgia do pó: Técnicas e produtos. 3a edição.
- Delforge, D.Y.M., Ferreira, I., Silva, C.G.R., Paris, E.A.G., Marcelo, A.L., Novaes, R.H., 2007. Sinterização de uma mistura de cavaco de aço inoxidável com pó do mesmo material. Uma nova tecnologia para a reciclagem de metais? - Minas gerais, Brasil.
- Diniz, A.E., Marcondes, F.C., Coppini, N.L., 2014. Tecnologia da usinagem dos materiais. 8a edição.
- Domínguez, M.O., Avilés, A.C., 2022. Dureza Vickers. - Shangún, México.
- Frassan, P.A.P., 2017. Estudo sobre a viabilidade técnica de produção de peças a partir de resíduos de usinagem utilizando-se da metalurgia do pó. - Ponta grossa, Brasil.
- Galvão, A.O., 2008. Reciclagem de cavacos de aço SAE 1020 via metalurgia do pó. - Rio Grande do Norte, Brasil.
- Komata, R., Neto, F.B., 2020. Estudo do efeito da densidade nas propriedades de um material ferroso com gradiente de função. - Minas gerais, Brasil.

- Krivij, N., Suwardjo, W., García, L., Cores, A., Formoso, A., 1997. Tecnología de fabricación de filtros metálicos de bronce. Madri, Espanha.
- LG STEEL 2022. Ficha técnica do latão. - 25 Out. 2022 <<http://lgsteel.com.br/ficha-tecnica-do-latao.htm>>.
- Mazali, I.O., 2005. Determinação da Densidade de Sólidos pelo Método de Arquimedes. - São paulo, Brasil.
- Moraes, C.A.M., Simon, L., Vargas, M., 2015. Análise de métodos de reaproveitamento de cavaco metálico contaminado considerando abordagens de ecoeficiência e ecoefetividade. - São Paulo, Brasil.
- Pola, E.J.G., 1994. Desenvolvimento e caracterização de filtros porosos de aço inoxidável AISI 316L. - São paulo, Brasil.
- Rattanachan, S.T., 2007. Density and porosity. - 21 Out. 2022 <http://eng.sut.ac.th/ceramic/old/course_link/46.pdf>.
- Rodrigues, D., 2004. Processamento de pós-metálicos e cerâmicos. - São paulo, Brasil.
- SKYLIGHTER, 2018. Mesh to Micron Conversion Chart. 18 Out. 2022 <<https://www.skylighter.com/blogs/fireworks-information/mesh-to-micron-conversion-chart>>.
- Xavier, E.I.V., Fernandes, L.E., Nascimento, D.M., Júnior, M.E.S., Zarzar, S.T., Araújo, E.R., Filhor, O.O.A., 2019. Reaproveitamento de cavacos de usinagem através da moagem de alta energia para a fabricação e caracterização de pós-metálicos da liga de alumínio AA6061. - São Paulo, Brasil.

7. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.

BRASS CHIP RECOVERY FOR MANUFACTURE OF POROUS METALS FILTER

Lucas do Nascimento Mendes¹, lucas.mendes20@aluno.unip.br
Fabio Miranda^{1,2}, fabio.miranda@docente.unip.br
Marcelo Otávio dos Santos^{2,3}, marcelo.santos@maua.br
Daniel Rodrigues⁴, daniel@brats.com.br
Gilmar Ferreira Batalha², gfbatalh@usp.br

¹ Universidade Paulista, ICET – Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia – São Paulo, SP – Brasil.

² Universidade de São Paulo, Escola Politécnica da USP, Dep. de Eng. Mecatrônica e de Sist. Mecânicos – São Paulo, SP – Brasil.

³ Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia (IMT) – Dep. de Eng. Mecânica – São Caetano do Sul, SP – Brasil.

⁴ BRATS – Filtros sinterizados e pós-metálicos, Cajamar – SP.

Abstract. The advantage of using powder metallurgy products from tooling and machining is the capacity of recycling and reducing acquisition costs, reducing the environmental impact. The main objective of this study is to collect data and verify reductions and losses of brass 70Cu-30Zn chips as solid product for powder metallurgy. It's expected the powder acquired satisfy the parameters of the industry for production and development. The initial sample were categorized using sieves, initially in different Mesh, for classification and cleaned with water. After cleaning with water, the sample were dried for one hour in an oven. After cleaning the initial sample was separated in groups of Mesh #14/+25 and Mesh #25, which was defined by the smallest Mesh available in a filter available from the company BRATS – Sintered Filters. Two groups of test bodies were developed using a press going from 100 MPa to 500 MPa in 50 MPa interval. After developing the test bodies, they were sintered for 90 minutes, staying for 30 minutes on the apex temperature of 800 °C and cooled to room temperature. Both the green measurements and sintered were taken using precision instruments such as micrometres and precision balance. The porosity of the body was made by using Archimedes principle on the sintered bodies. The lower compacting pressure bodies were unable to keep its shape for long and were unpredictable in losses and reductions, being impracticable for industry standards. The higher pressure is solid and have porosity enough for development of lower density brass products, such as filters and metallic discs for the same purpose. The impact of the particulate can be seen in detail as it loses more mass in both lower compacting pressures and higher Mesh, which makes piratically impossible to make it viable without higher pressures and lower Mesh. Although viable for development the machinery utilized for development such as the matrix suffered damages, making it impracticable for mass production.

Keywords: Solid waste; Chips; Brass; Sintered technology; Porous filter.