

UTILIZAÇÃO DE CAVACOS DE USINAGEM NA PRODUÇÃO DE FERRAMENTA DE CORTE VIA METALURGIA DO PÓ

Larissa Wendy Santana Santos, larissawss10@gmail.com¹

Bianca Rios Figueredo Rodrigues, biaafigueredo@outlook.com²

Patrícia Neves de Medeiros, patricianmedeiros@gmail.com³

Tércio Graciano Machado, tercio@ifba.edu.br⁴

Raimison Bezerra de Assis, raimisondeassis@hotmail.com⁵

¹⁻⁵ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia- campus Jacobina, Av. Centenário, 500, Nazaré, Jacobina - BA, 44700-000

Resumo: A ferramenta de corte, possui uma vasta utilização industrial e em construções civis, desencadeando uma necessidade da realização de operações sem danos, garantindo a segurança do operador e uma qualidade significativa do corte efetuado. A inevitabilidade da otimização de propriedades mecânicas, tem levado pesquisadores a desenvolver novos métodos, permitindo a utilização de cavacos de usinagem como matéria-prima barata, para a produção de componentes mecânicos, objetivando economia e sustentabilidade. A técnica da metalurgia do pó mostra-se promissora na reciclagem de resíduos metálicos. Este trabalho tem como objetivo a utilização de cavacos de usinagem na produção de ferramenta de corte pela técnica de metalurgia do pó. Os corpos de prova do presente trabalho foram produzidos via metalurgia do pó convencional, no qual resíduos metálicos de usinagem (aço SAE 1020) na forma de cavacos foram utilizados como matéria-prima com SiC (carbeto de silício). Inicialmente foi realizada a moagem, peneiramento e por fim, a compactação e sinterização dos corpos de prova. Foram realizados ensaios tecnológicos de propriedades físico-mecânicas e microestrutural após a sinterização e testes de dureza Brinell (HB). Os resultados foram satisfatórios para produção da ferramenta de corte com propriedades mecânicas significativas, sendo viável a utilização de cavacos de usinagem como matéria-prima através da técnica de metalurgia do pó.

Palavras-chave: Metalurgia do Pó, Mecânica Fina, Ferramenta de Corte, Aço SAE 1020, Processo de Fabricação.

1. INTRODUÇÃO

A ferramenta de corte é comumente empregada no corte de peças metálicas, rochas ornamentais entre outros, sendo caracterizado como um composto de matriz metálica reforçado com carbeto de silício, no qual, apresentam propriedades específicas que conferem economia, eficiência e rapidez na utilização da indústria metal-mecânica.

O SiC, é reconhecido como um dos materiais cerâmicos mais importante devido à combinação única de propriedades que apresenta, tais quais, resistência ao desgaste, resistência mecânica a altas temperaturas, resistência à oxidação, resistência à choques térmicos, densidade relativamente baixa, elevada condutividade térmica e dureza. A diversidade de características desse elemento, deve-se ao caráter covalente da ligação existente entre os átomos de carbono e silício, formado como resultado da sobreposição de orbitais eletrônicos de átomos vizinhos, que ocorre tipicamente entre átomos não inertes de eletronegatividade similar. Essa ligação atômica torna o SiC extremamente duro, sendo essa dureza apenas excedida pelo diamante, pelo carboneto de boro e pelo carboneto de tungstênio, o que faz do carbeto de silício uma vantajosa opção na fabricação de ferramentas de cortes (DELFORGE, 2007).

Devido ao custo elevado de obtenção de matérias-primas e o uso excessivo de combustíveis energéticos, há uma inevitabilidade no desenvolvimento de tecnologias que permitam reutilizar os resíduos de usinagem, como cavacos, na produção de novas peças mecânicas. A técnica de Metalurgia do Pó é um processo de fabricação mecânica em que consiste na transformação de pós metálicos e não metálicos em peças através da compactação e sinterização aplicando pressão e calor, se mostrando eficaz na reciclagem de metais, tendo em vista que é um processo alternativo da mecânica fina, que proporciona a otimização do uso de matérias-primas, na busca pela melhoria do aproveitamento dos recursos produtivos e, consequentemente, na redução dos custos do produto. O cavaco de aço apresenta vantagens, se comparado a outros materiais, como temperatura de processamento relativamente baixa, maior utilização do material e microestruturas refinadas. Entre os vários tipos de aços submetidos ao processo de sinterização destaca-se o aço SAE 1020 devido a disponibilidade e o teor de carbono em sua liga, conferindo ductilidade e tenacidade excepcionais

(FERREIRA, 2012). Este trabalho tem como objetivo utilizar cavacos de usinagem na produção de ferramentas de corte pela técnica de metalurgia do pó com adição de SiC.

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Inicialmente os cavacos da liga de aço SAE 1020, provenientes do processo de usinagem, foram separados e submetidos ao processo de moagem, fragmentando-se as partículas e obtendo-se o pó metálico. Após esse processo, o pó passou por peneiramento para a obtenção de partículas refinadas. As amostras (corpos de prova) de compósitos foram preparadas em proporções de aço SAE 1020 e SiC (2%, 5% e 8%), sendo depositadas numa matriz metálica circular e direcionadas a prensa hidráulica convencional com o propósito de realizar a compactação uniaxial. Após a compactação, os corpos-de-prova foram submetidos a secagem sob temperatura de 120°C e sinterizados nas temperaturas de 1050°C e 1150°C durante 60 minutos, com taxa de aquecimento 10°C/min em forno tipo mufla. A caracterização das amostras deu-se por ensaios tecnológicos após a sinterização, fluorescência de raios X (FRX), microscopia eletrônica de varredura (MEV), espectroscopia por dispersão de energia (EDS) e ensaio de dureza Brinell (HB). A Fig. 1 mostra a esquematização do procedimento realizado.

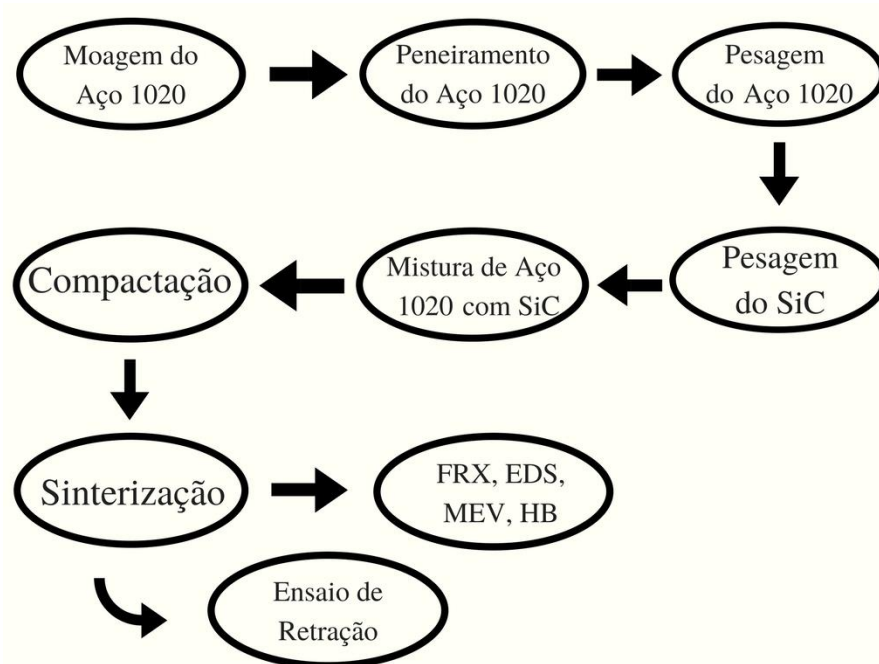


Figura 1. Procedimento experimental executado.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 2 apresenta os resultados das análises químicas por fluorescência de raios X (FRX) e Espectroscopia por energia dispersiva (EDS).

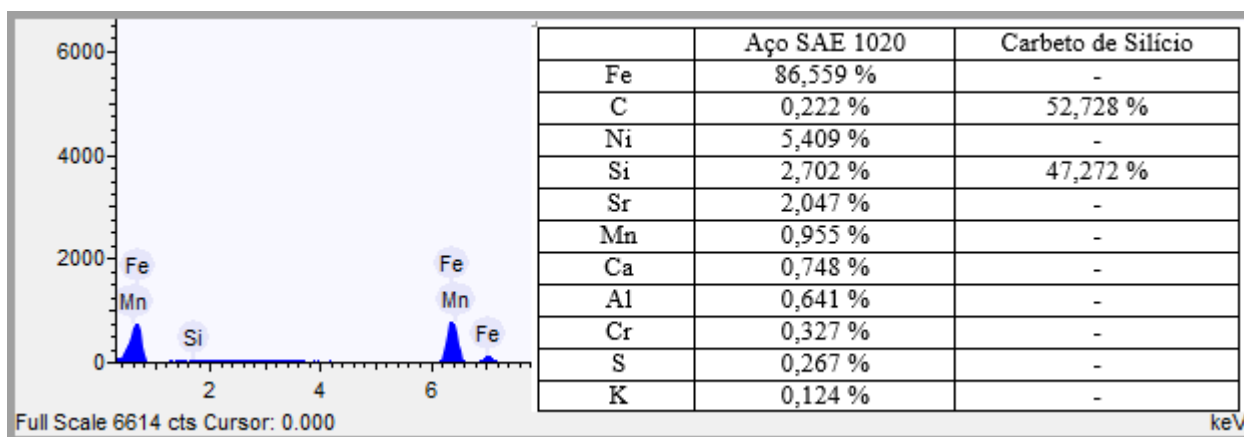


Figura 2. Análises químicas das amostras de Aço SAE 1020 e Carbetto de Silício (SiC) obtidas por fluorescência de raios X (FRX) e Espectroscopia por energia dispersiva (EDS).

Os resultados de FRX/ EDS confirmam a composição química das matérias-primas oriundas do processo de usinagem, possibilitando a reciclagem dos mesmos, uma vez que, as matérias-primas residuais apresentam composições químicas semelhantes as matérias-primas convencionais para a produção de ferramentas de corte. O aço SAE 1020 se encontra dentro do padrão estabelecido, apresentando 0,222% de carbono e 86,559% de ferro, assim como, o carbetto de silício. A Figura 3.(a) apresenta o resultado do ensaio de retração linear de sinterização. A variação da retração das amostras Aço-2%SiC, Aço-5%SiC e Aço-8%SiC em ambas temperaturas (1050°C e 1150°C) apresentam consideráveis reduções de comprimentos, devido ao tratamento térmico de sinterização ultrapassar a temperatura de austenitização (730°C), evidenciando as transformações das fases e microestruturas da liga de aço 1020, conforme apresentado no diagrama Fe – C (MENEZES, 2012). As transformações de fases ocorridas nessas temperaturas alteraram a microestrutura no aquecimento de Ferrita- α + Cementita (Fe_3C) para austenita- γ , e no resfriamento de austenita- γ para Ferrita- α + Cementita (Fe_3C), assim como, a precipitação do carbetto de silício para a superfície.

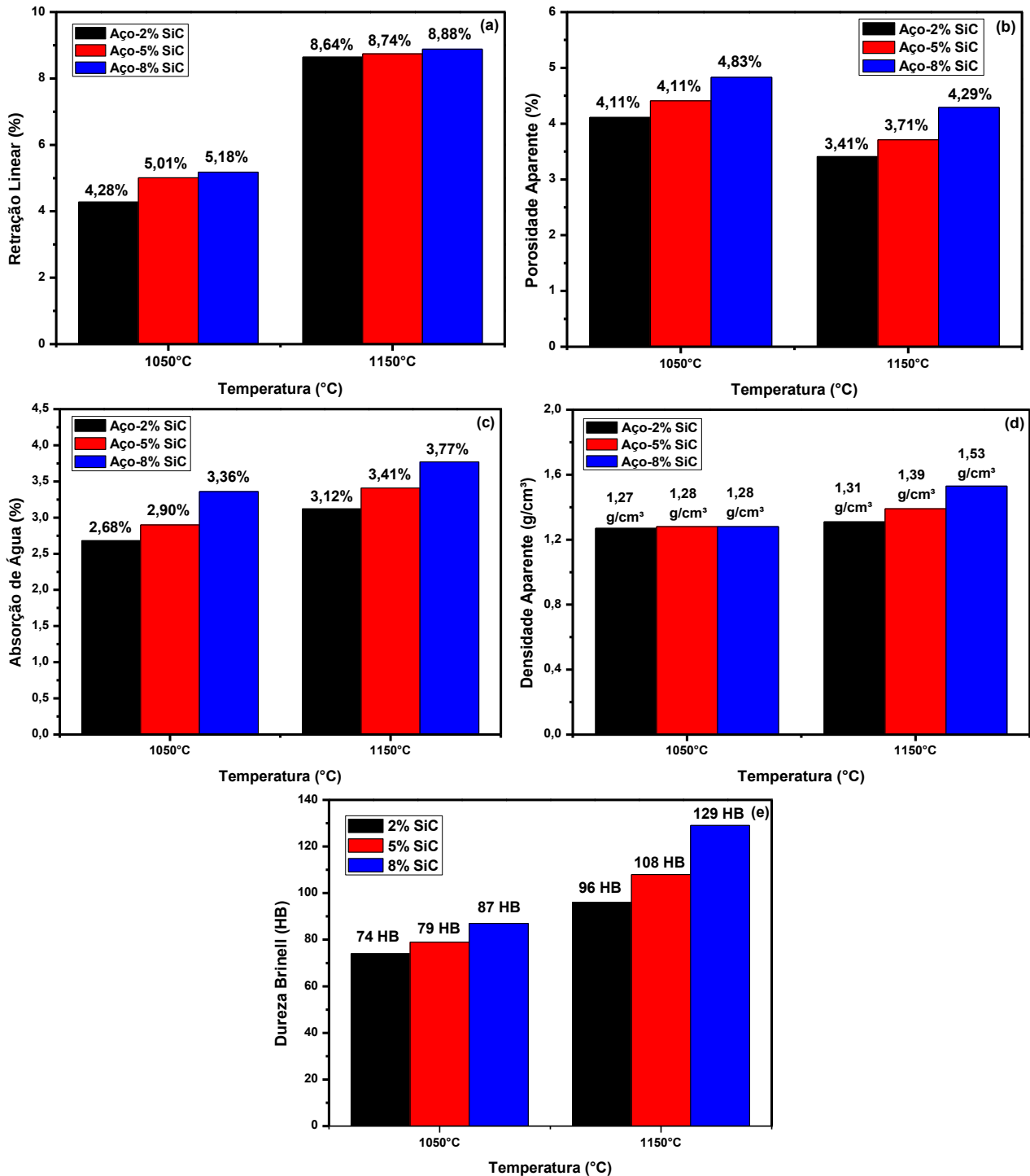


Figura 3. Ensaio de propriedades físico-mecânicas (a) Retração linear de sinterização; (b) Porosidade aparente; (c) Absorção de água; (d) Densidade aparente, e (e) Dureza Brinell (HB).

Para as amostras (Aço-2%SiC, Aço-5%SiC e Aço-8%SiC tratadas a 1150°C) a formação da microestrutura foi Ferrita- α + Perlita (Ferrita- α + Cementita (Fe_3C)), conforme os resultados que serão apresentados pelas análises de micrografias. Os valores de porosidade aparente e absorção de água se encontram dentro dos padrões aceitáveis pelas normas de produção de ferramentas de corte. Por outro lado, observa-se a influência do percentual do carbeto de silício (fase dispersa) na matriz do aço nas propriedades físico-mecânicas (retração linear, porosidade aparente, absorção de água e densidade aparente), evidenciando também a influência da temperatura de tratamento na perda de massas das amostras. Verificou-se que a amostra com maior retração é a Aço-8%SiC sinterizada a 1150°C, pelo fato da temperatura está próxima a temperatura de transformação do aço 1020, no qual ocorre o processo de saída do carbono de dentro da célula CFC para CCC e o carbono fica retido dentro da célula, muito embora não haja espaço para acomodá-lo. Assim, acontece uma distorção da célula, favorecendo a perda de massa e uma homogeneidade na distribuição dos átomos na célula unitária.

A partir dos resultados da análise química do EDS observa-se que as amostras Aço-2%SiC e Aço-5%SiC contêm os elementos químicos Manganês (Mn) e Silício (Si) que proporcionam o aumento da dureza, porém o Silício apresenta a redução da tenacidade e o Manganês (Mn) mantém constante essa propriedade, além de aumentar à resistência a tração. Para as comparações da liga de aço 1020 tratados termicamente aplicados na produção de ferramentas de corte foram consultados catálogos e referências sobre a dureza desse elemento de máquina. Os valores encontrados variam de 120 a 165 (HB), sendo assim, a única amostra que alcançou a dureza desejada para esse tipo de aplicação foi a amostra Aço-8%SiC sinterizada a 1150°C por 1 hora com taxa de aquecimento de 10°C/min. As amostras Aço-2%SiC, Aço-5%SiC e Aço-8%SiC tratadas a 1050°C apresentaram durezas entre 74 (HB) a 87 (HB) caracterizado pelo tipo e pelas condições de tratamento. Observou-se pela análise das micrografias que as microestruturas sofreram alterações evidentes, devido às transformações de fase terem ocorrido após a temperatura austenitização (730°C). A Perlita (Ferrita- α + Cementita (Fe_3C)) apresentou variação mínima se comparado a Ferrita - α , entretanto, essa variação ainda proporcionou um pequeno aumento da dureza do material.

As amostras Aço-2%SiC, Aço-5%SiC e Aço-8%SiC tratadas a 1150°C apresentaram durezas entre 96 (HB) a 129 (HB) caracterizado pelo tipo e pelas condições de tratamento. Foi possível observar pela análise das micrografias que as microestruturas sofreram alterações, devido às transformações de fase ocorridas pelo aumento da temperatura, aumentando significativamente a proporção de Cementita (Fe_3C) que conseqüentemente promoveu maior dureza a liga de aço. Em contrapartida com o aumento da Cementita (Fe_3C) reduziu a quantidade de Ferrita - α , diminuindo a tenacidade do material, conforme Silva (2009).

A Figura 4 apresenta os resultados das amostras de aço 1020 com adição de 2, 5 e 8% SiC tratada termicamente (sinterizadas) a 1050°C e 1150°C, seguindo uma análise microestrutural, realizada por microscópio eletrônico de varredura (MEV).

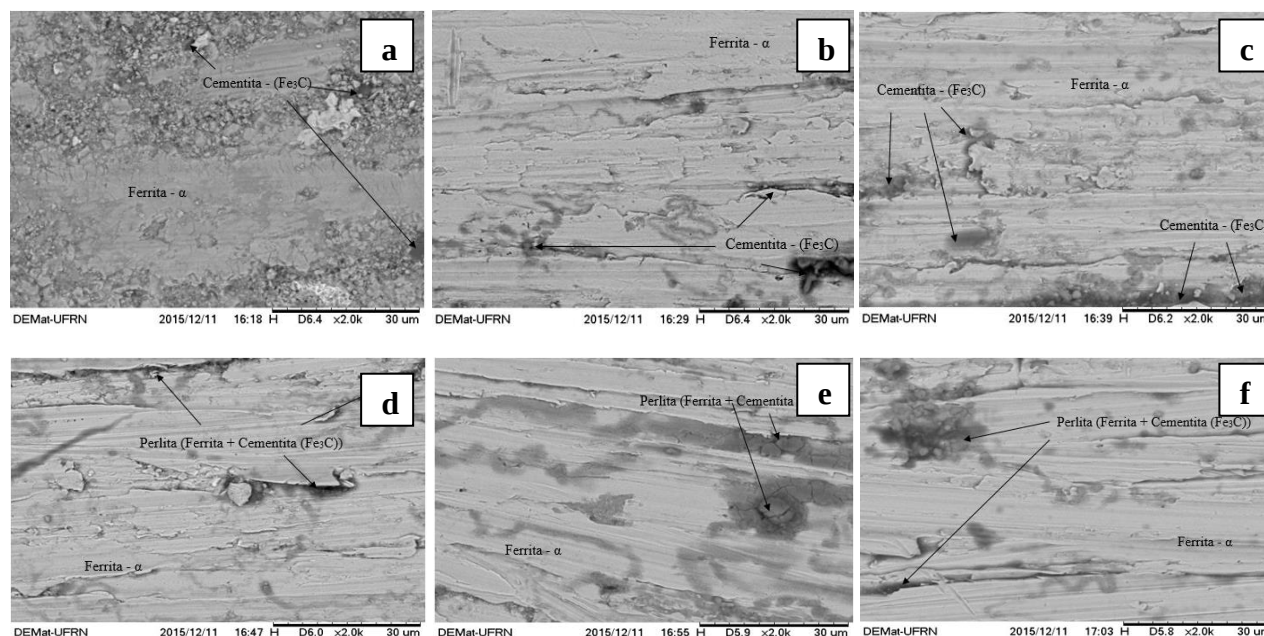


Figura 4. Análise microestrutural por (a) Microscopia eletrônica de varredura; (b) Espectroscopia por dispersão de energia (EDS).

A micrografia das amostras Aço-2%SiC, Aço-5%SiC e Aço-8%SiC tratadas termicamente a 1050°C em relação às demais amostras tratadas a 1150°C possui como característica a dispersão das fases, por exemplo, a Ferrita- α , representada pela região cinza que antes possuía grandes concentrações, conforme a Fig. 4.(a) com pequenas zonas de concentração espalhadas de C. Isso ocorre pelo fato do aumento da temperatura de tratamento térmico dispersar o Si e C na matriz de aço e reagirem com outras. Isso diminui os efeitos da Ferrita α sobre as propriedades das amostras de aço-

2%pSiC. A espectrometria EDS apresentada na Fig. 2, e corroborando com os resultados das micrografias, apresenta na composição das amostras os elementos de liga, silício (carbeto de silício), alumínio e níquel (elementos de liga do aço 1020), mostrando a influência desses elementos sobre as propriedades mecânicas do material. As micrografias das amostras Aço-2%SiC, Aço-5%SiC e Aço-8%SiC sinterizadas a 1150°C apresentam uniformidade da microestrutura e dispersão de fases duras (carbeto) na matriz do aço, justificando o aumento da dureza das amostras tratadas nessa temperatura. O aumento da temperatura de sinterização influencia significativamente na dureza do compósito cermet (Aço-SiC), isso devido ao efeito da coalescência térmica provocado pela difusão (transporte de massa) durante a sinterização.

4. CONCLUSÃO

Conclui-se que com o aumento da temperatura de sinterização, assim como, a concentração de SiC na matriz aço 1020 aumentou a dureza do material. Avaliando os efeitos provocados pelos elementos de liga sobre a microestrutura, com o aumento da temperatura, as amostras se tornaram menos tenazes e maleáveis (efeito da ferrita α). Os resultados foram satisfatórios para produção de ferramenta de corte com propriedades mecânicas significativas, sendo viável a utilização de cavacos de usinagem como matéria-prima através da técnica de metalurgia do pó.

5. AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi apoiado pelo Grupo de Pesquisa em Automação, Eficiência Energética e Produção do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia – Campus Jacobina.

6. REFERÊNCIAS

- DELFORGE, D. Y. M. et al. Sinterização de uma mistura de cavaco de aço inoxidável com pó do mesmo material. Uma nova tecnologia para a reciclagem de metais?. REM: R. Esc. Minas, Ouro Preto, 60(1): 95-100, jan. mar. 2007.
- FERREIRA, André Duarte; Gonçalves, Carlos Xavier; Branco, Vasco Daniel. O carbeto de silício e os compósitos de diamante-cerâmica: Materiais de Construção Mecânica II. Porto: [s.n.], 2012. 10 p.
- MENEZES, R. C. Estudo da Sinterização de Cavacos de Aço Ferrítico. Natal, Rio Grande do Norte. UFRN 2012.
- SILVA, R. P., “Estudo do Processamento e Microestrutura do Carbeto de Silício Ligado por Reação”, COPPE/UFRJ, 2009.

7. RESPONSABILIDADE AUTURAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

USING OF METALLIC WASTE IN THE PRODUCTION OF CUTTING TOOL BY POWDER METALLURGY

Larissa Wendy Santana Santos, larissawss10@gmail.com¹

Bianca Rios Figueredo Rodrigues, biaafigueredo@outlook.com²

Patrícia Neves de Medeiros, patricianmedeiros@gmail.com³

Raimison Bezerra de Assis, raimisondeassis@hotmail.com⁴

Tércio Graciano Machado, tercio@ifba.edu.br⁵

¹⁻⁵ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia- campus Jacobina, Av. Centenário, 500, Nazaré, Jacobina - BA, 44700-000

Abstract. The cutting tool has extensive industrial and civil construction applications, triggering a need to perform undamaged operations, ensuring operator safety and a significant cut quality. The inevitability of the optimization of mechanical properties has led researchers to develop new methods, allowing the use of machining chips as a cheap raw material for the production of mechanical components, aiming for economy and sustainability. The powder metallurgy technique is promising in the recycling of metallic waste. This work aims at the use of machining chips in the production of cutting tool by powder metallurgy technique. The test specimens of the present work were produced by conventional powder metallurgy, in which metal scrap (SAE 1020 steel) in the form of chips were used as a feedstock with SiC (silicon carbide). Initially the grinding, sieving and, finally, the compaction and sintering of the specimens were carried out. Technological tests of physical-mechanical and microstructural properties were performed after sintering and Brinell hardness tests (HB). The results were satisfactory for the production of the cutting tool with significant mechanical properties, being possible the use of machining chips as raw material through the powder metallurgy technique.

Keywords: Powder Metallurgy, Fine Mechanics, Cutting Tool, SAE 1020 Steel, Manufacturing Process.