



SICIT 2021

Semana de Iniciação
Científica e Tecnológica

ISSN 2595-9417

27 de setembro a
01 de outubro de 2021

Universidade de Itaúna

CARACTERIZAÇÃO DE MATERIAL DE PEÇAS DO EQUIPAMENTO ROTOJATO

Tânia Nogueira Fonseca Souza, professora de Engenharia Mecânica, UIT, tnfsouza@gmail.com
Lucas Henrique de A. Silva, ex-aluno de Engenharia Mecânica, UIT, lucashenrique1765@hotmail.com
Gabriel Vinicius de Almeida Melo, ex-aluno de Engenharia Mecânica, UIT, gvam6335@gmail.com
Arlei Fernando Pereira, ex-aluno de Engenharia Mecânica, UIT, arlei.pereira@fiemg.com.br

Resumo: A fundição é um processo de fabricação que apresenta uma série de etapas visando a obtenção de peças metálicas. Quando o processo de fundição utiliza moldes constituídos por areia e ligantes, tem-se a necessidade de realizar uma limpeza visando a retirada de material do molde que fica aderido à superfície da peça fundida. Para essa limpeza, normalmente se utiliza um equipamento, denominado Rotojato, que projeta um abrasivo - granalhas de aço - sobre a peça. Além da limpeza, obtém-se também a melhoria do acabamento superficial promovido pelo desgaste resultante do impacto do abrasivo. A projeção do abrasivo, também afeta as peças que compõem o Rotojato, gerando reposições e ocasionando um elevado número de paradas para manutenção do equipamento. As paradas para manutenção aumentam o custo para realização da etapa de limpeza e também reduzem a produtividade. A equipe do setor de Manutenção de uma empresa fundidora do centro-oeste de MG, se propôs a fazer um estudo de caracterização do material de uma peça do Rotojato que apresentava um desgaste acentuado. A peça em estudo, denominada “Palheta”, tradicionalmente fabricada em ferro fundido branco, era adquirida de terceiros e continha em sua ficha de controle interna como sendo fabricada em Aço Manganês. Realizou-se um estudo para caracterização do material da peça, através da determinação da composição química, dureza e metalografia. Esse trabalho apresenta os estudos realizados e resultados da caracterização do material da peça.

Palavras-chave: Fundição. Rotojato. Manutenção. Desgaste.

1 Introdução

As empresas estão constantemente atentas ao aumento de sua competitividade, e para isso investem na otimização de seus processos, sejam eles os processos produtivos como também os que impactam diretamente ou indiretamente na produtividade e qualidade de seus produtos. Essa busca leva à maximização do uso dos recursos para a obtenção de lucratividade e sobrevivência da empresa. Nesse contexto o processo de manutenção apresenta grande importância principalmente no que concerne ao pilar de melhoria de performance dos equipamentos.

O setor de fundição se enquadra nesse cenário e as empresas fundidoras têm investido na melhoria de seus processos e na qualidade dos serviços prestados ao cliente externo como também internamente. A empresa fundidora na qual se desenvolveu o presente estudo tem desenvolvido uma série de projetos de melhoria, disseminando a cultura de melhoria contínua por toda a empresa e em todos os setores. O setor de manutenção da empresa, imergido nesse contexto, tem uma estratégia de manutenção fundamentada na classificação ABC dos equipamentos, sustentada pelo WCM (*World Class Manufacturing*) – Pilar de Confiabilidade, tendo um planejamento para atender os equipamentos de maneira eficiente, mantendo a disponibilidade e garantindo a fluidez do processo produtivo.



Para garantir um planejamento eficaz o setor tem um sistema de levantamento e controle de dados dos equipamentos da empresa que são considerados críticos. Através da análise desses registros verificou-se que o equipamento utilizado na etapa de limpeza da peça fundida – equipamento de jateamento tipo monovia 4W-A Rotojato - estava recebendo muitas intervenções de manutenção corretiva. Os dados mostravam que as manutenções se concentravam na reposição de peças do Rotojato que se desgastavam durante sua utilização.

Verificando as peças trocadas constatou-se que a peça denominada “Palheta” era substituída com maior frequência. Consultando-se o cadastro da peça, onde se registravam seus dados, foi verificado que a peça era fabricada por fornecedor externo e era produzida em Aço Manganês.

No entanto, esse não seria um material apropriado a essa aplicação, o que gerou dúvida e suscitou a realização da investigação e caracterização da peça. Para caracterizar o material da peça seria necessário realizar a verificação da composição química, da dureza e também da microestrutura, visando identificar o material e objetivando também seu enquadramento em norma técnica. O propósito inicial do projeto seria então verificar se a peça era mesmo produzida em Aço Manganês, ou se era produzida em ferro fundido branco, material amplamente utilizado para aplicações em peças sujeitas ao desgaste abrasivo.

Em uma segunda fase, a partir da caracterização do material se poderá avaliar o comportamento do material em relação ao tipo de desgaste existente no equipamento e, se possível, buscar uma melhoria de performance da peça.

2 Fundição e a etapa de limpeza das peças

2.1. Processo de Fundição

Segundo SENAI (1987) fundição é um processo de fabricação onde um metal ou liga metálica, no estado líquido, é vazado em um molde com formato e medidas correspondentes aos da peça a ser produzida. A fundição permite obter, de modo econômico, peças grandes ou de geometria complexa, sua principal vantagem em relação a outros processos.

As etapas do processo de fundição podem ser assim resumidas (MORO, 2007):

- a) Confecção do modelo (modelação): consiste em construir um modelo com o formato da peça a ser fundida. Serve para construção do molde, e suas dimensões devem prever a contração do metal quando ele se solidificar, bem como um eventual sobremetal para posterior usinagem da peça. Pode ser feito de madeira, metal, plástico, gesso, etc;
- b) Confecção do molde (moldagem): é o dispositivo no qual o metal fundido é colocado para que se obtenha a peça desejada. É feito de material refratário e é moldado sobre o modelo que, depois de retirado, deixa uma cavidade com o formato da peça;
- c) Confecção do macho (macharia): é um dispositivo, também feito de refratário, que tem a finalidade de formar os vazios, furos e reentrâncias da peça. São colocados nos moldes antes que eles sejam fechados para receber o metal líquido;
- d) Fusão: aquecimento do metal para fundi-lo, deixando-o em estado líquido;
- e) Vazamento: é o enchimento do molde com metal líquido;
- f) Desmoldagem: é a retirada do molde e macho após a solidificação da peça, podendo ser manualmente ou por processos mecânicos;

- g) Rebarbação e limpeza: é a retirada dos canais de alimentação, massalotes e rebarbas que se formam durante a fundição, além da retirada das incrustações do molde na peça fundida, geralmente por meio de jatos abrasivos;
- h) Controle de qualidade: verificação da conformidade da peça (ausência de defeitos);

Os processos de fundição podem ser divididos em moldes permanentes e moldes colapsáveis, sendo esse último, o uso de moldes que são utilizados apenas uma vez, e são quebrados para a retirada da peça.

Quando o molde é fabricado com areia, essa tende a ficar presa na superfície da peça, tornando a etapa de limpeza crucial para a continuidade das etapas do processo. A etapa de limpeza, retira os resíduos da areia aderida à peça, e é feita através de jato abrasivo, por meio da propulsão de granalha de aço sobre as peças.

2.2 Limpeza da peça fundida por jateamento

O jateamento da peça pode ser feito com jato de ar ou com jato de granalhas de aço. O jateamento com turbina converte diretamente a energia do motor elétrico em energia cinética abrasiva ao girar o disco da turbina. A capacidade do equipamento é de aproximadamente 60 kg por minuto até 1200 kg por minuto. Com estas grandes quantidades de abrasivos acelerados, as máquinas de jateamento com turbina são utilizadas para desferrujar, decapar, rebarbar, remover areia ou limpar de alguma forma peças maiores ou áreas significativas das peças. As máquinas de jateamento de ar podem ter a forma de um gabinete de jateamento, onde o meio jateado é acelerado pneumaticamente por ar comprimido e esguichado sobre o componente. (Sinto/Wheelabrator, 2018)

Os sistemas de jateamento para a indústria da fundição abrangem inúmeros tipos de máquinas diferentes que correspondem a esses requisitos máximos e a todas as especificações para o processamento de superfícies das peças fundidas.

O equipamento é revestido com placas de desgaste, pois os jatos de granalhas atingem também as peças do próprio equipamento, além da peça fundida na qual se objetiva a limpeza. As placas de desgaste são substituídas à medida que perdem massa pelo desgaste aplicado às mesmas devido ao impacto das granalhas.

2.2 Ferros fundidos

Os ferros fundidos comuns podem ser considerados como ligas de Fe-C-Si, cujas composições estão, em geral, apresentam de 2,0 a 4,0% de carbono e 0,4 a 3,5% de silício. De acordo com Rothery (1968) e Chiaverini (1977), citados por Farah (1997), a classificação, dos ferros fundidos se baseia na quantidade e forma do carbono livre e/ou combinado. Assim os ferros fundidos podem ser classificados como Ferros fundidos com grafita (carbono livre) e ferros fundidos brancos (carbono combinado).

A adição de elementos de liga nos ferros fundidos é feita quando não há possibilidade de se obter um ferro fundido não ligado com as propriedades exigidas. Os ferros fundidos ligados também podem ser tratados termicamente, a fim de melhorar ainda mais suas propriedades.

As ligas de ferros fundidos brancos são utilizadas em aplicações nas quais se requer propriedades de alta dureza e resistência à abrasão, com o intuito de reduzir os prejuízos causados pelo desgaste abrasivo. Os ferros fundidos brancos alto cromo (FFBAC) têm sido extensivamente usados em revestimento de peças e em maciços fundidos nas indústrias de mineração e de cana de açúcar, onde a resistência ao desgaste abrasivo e ao impacto é necessária.

Devido à sua alta dureza e excelente resistência à abrasão, as ligas de ferros fundidos brancos têm sido, no campo dos materiais resistentes ao desgaste, as mais estudadas no intuito de reduzir os prejuízos causados pelo desgaste abrasivo. Dentre as ligas mais utilizadas, destacam-se aquelas com altos teores de Cr e podendo conter teores significativos de Ni, Nb, Mo e V.

Segundo Oliveira (2015) estes elementos de liga têm como função principal o aumento da dureza da liga, além de melhoria da tenacidade. Os FFBAC se caracterizam por possuírem uma microestrutura de carbonetos primários e/ou eutéticos, geralmente do tipo M_7C_3 , dispersos numa matriz predominantemente austenítica ou martensítica. A resistência ao desgaste abrasivo depende das características da matriz, da fração volumétrica, forma e distribuição dos carbonetos presentes. A combinação da matriz com os carbonetos formados, e que conferem a este tipo de liga as propriedades exigidas de alta dureza, resistência à abrasão, além de boa tenacidade. Em geral, a resistência à abrasão aumenta, com a elevação da dureza do material. Para conseguir as propriedades de alta dureza e resistência à abrasão, deve-se combinar a composição química com o tratamento térmico. Pode-se afirmar que, para a obtenção destas propriedades, o tratamento térmico é tão importante quanto a composição química.

A estrutura dos ferros fundidos brancos pode ser interpretada baseando-se no sistema metaestável Fe-Fe₃C com as modificações necessárias devido ao efeito de outros elementos.

A sua formação é favorecida pela presença de elementos tais como o H, B, N, S, Te, V, Cr, Mo e Mn, embora o superaquecimento do banho e o coquilhamento também favoreçam a sua formação. Nestes ferros fundidos os elementos grafitizantes tais como o Si, Ni e Cu são mantidos em níveis suficientemente baixos. De acordo com Rothery (1968), em geral, o teor de silício nos ferros fundidos brancos é da ordem de 0,4 a 1,3%, em peso.

Santos, Santos e Reguly (2017) também confirmam a utilização do FFBAC em peças aplicadas em situações de desgaste abrasivo. O comportamento do material e a perda de massa em aplicações abrasivas, aliado à facilidade de produção de uma peça fundida, permite o amplo emprego deste material. Entretanto, segundo os autores, algumas de suas aplicações possuem a particularidade de exigirem uma constante troca de componentes por excessiva perda de massa, sendo necessárias paradas para manutenção que comprometem a eficiência e produtividade de diversos equipamentos.

2.3 Tipos de desgaste

Para a Oliveira (2015) o desgaste é definido como a degradação da superfície de um sólido, e geralmente envolve perda progressiva de material, devido ao movimento relativo desta superfície com uma ou mais substâncias em contato.

Segundo o Instituto Alemão para Normatização - DIN, em sua norma DIN 50 320 (1997), o desgaste é definido como sendo a perda progressiva de substâncias de um corpo sólido, causada por ação mecânica, isto é, por contato e movimento relativo de um contra corpo sólido, líquido ou gasoso. Segundo a ASTM G40 (1997), o desgaste pode ser definido como a deterioração ou dano de uma superfície sólida, geralmente envolvendo progressiva perda de material, devido ao movimento relativo entre esta superfície e uma substância ou substâncias contactantes. Devido ao grande prejuízo causado pelo desgaste, Noble (1985), indica três principais áreas onde a aplicação de princípios tribológicos leva à redução dos custos:

- a) Aumentar a vida útil do componente e, portanto, a redução da manutenção e dos custos de reposição;
- b) Evitar excessivas paradas dos componentes e, deste modo, limitar consequentes perdas de produção;
- c) Reduzir os custos de investimentos através do aumento da vida útil do maquinário.

A norma DIN 50320 (1979) destaca quatro principais tipos de mecanismos de desgaste: desgaste adesivo, desgaste abrasivo, desgaste por fadiga de superfície e desgaste por reação triboquímica. Estima-se que 50% do desgaste existente na indústria seja abrasivo, 15% adesivo, 8% erosão e 5% químico.

3 Metodologia e desenvolvimento

Para o estudo em questão foi planejada a seguinte metodologia:

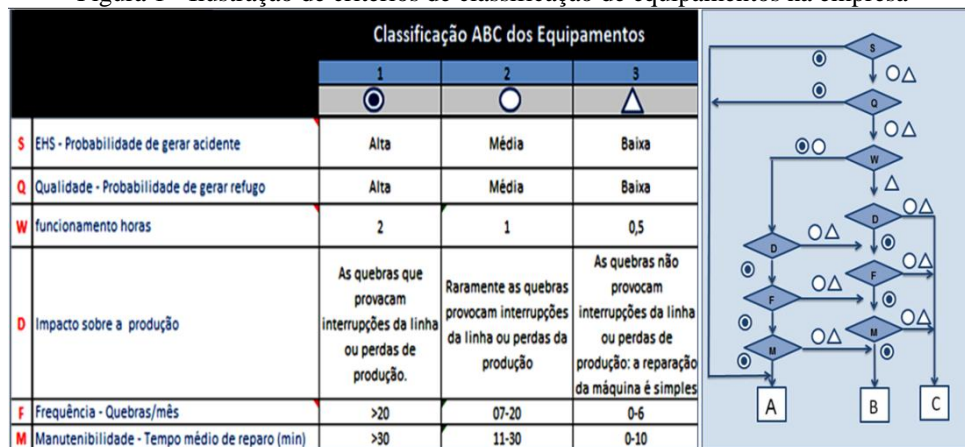
- a) Avaliação dos registros no setor de manutenção da empresa;
- b) Separação de peças do tipo Palheta assim que fossem retiradas do Rotojato para se fazer registro fotográfico das peças mostrando o desgaste ocorrido;
- c) Envio das peças para realização dos ensaios necessários à caracterização do material sendo: O ensaio de dureza: realizado no laboratório de ensaios mecânicos da Universidade de Itaúna; A composição química: realizada na própria empresa utilizando-se o espectrômetro; A avaliação da microestrutura: realizada no Senai/Cetef;
- d) Organização e análise dos resultados;
- e) Alteração da ficha de cadastro da peça no setor de manutenção da empresa se for o caso;
- f) Definição de novas etapas de estudo, visando melhorar a performance da peça;

Após o planejamento foram iniciadas as etapas do projeto iniciando pela verificação de registros no setor de manutenção. O setor de manutenção da empresa adota metodologia de trabalho criada através da classificação ABC dos equipamentos, sustentada pelo WCM – Pilar de Confiabilidade. Dessa forma, entende-se que pode-se realizar um planejamento para atender os equipamentos de maneira eficiente mantendo a disponibilidade e garantindo a fluidez do processo produtivo. Nessa classificação os equipamentos críticos são classificados em A, B ou C, sendo A, a classificação mais crítica. A eventual parada do equipamento impacta muito no processo produtivo.

Verificou-se que o equipamento em estudo, equipamento de jateamento tipo monovia 4W-A Rotojato, faz parte dos equipamentos classificados como “A”, ou seja, é um equipamento que provoca grandes perdas no processo caso esteja parado para reparo. Verificaram-se também problemas relativos à eficiência do equipamento e um alto custo envolvendo peças de reposição, recebendo constantes manutenções corretivas.

A Figura 1 a seguir ilustra a classificação ABC de equipamentos.

Figura 1 - Ilustração de critérios de classificação de equipamentos na empresa

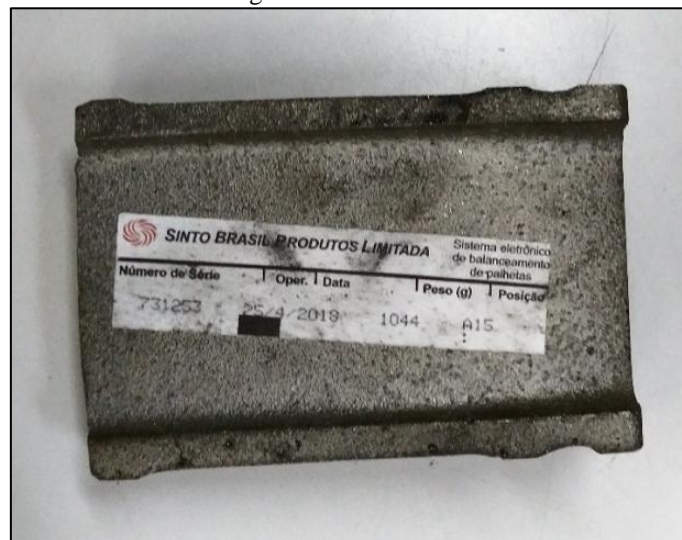


Fonte: Empresa pesquisada (2018).

A classificação do equipamento reforça a necessidade da sua melhoria de performance, visto que as paradas para reposição das peças desgastadas impactavam negativamente na produção e produtividade do setor de rebarbação e limpeza de peças fundidas. Dentre os itens que sofriam maior reposição no Rotojato, destacava-se a peça Palheta.

A peça pode ser vista na Figura 2. A fotografia retrata uma peça nova, antes de ser instalada no equipamento.

Figura 2 - Palheta nova



Fonte: Empresa pesquisada (2018)

Pode-se ver na figura 2 que a peça apresenta uma etiqueta de controle, baseada em dados do fornecedor externo. A peça tem medidas de 100x70x15mm.

O próximo passo seria recolher peças desgastadas para dar continuidade ao estudo. Ao todo o equipamento utiliza oito peças de cada vez e foram recolhidas sete peças para serem observadas pelo grupo de estudo.

A Figura 3 mostra as peças desgastadas e fotografadas assim que foram retiradas do equipamento.

Figura 3 - Palhetas desgastadas



Fonte: Empresa pesquisada (2018).

Pode-se perceber nas peças da Figura 3 as marcas do desgaste ocorrido nas peças, indicado pela seta em uma delas. No caso específico das peças acima, elas apresentavam dez dias de utilização, trabalhando dezesseis horas por dia. Foi observado também que o desgaste era semelhante em todas as peças retiradas, indicando que o mecanismo de ocorrência deveria ser o mesmo.

O próximo passo do estudo foi a realização dos ensaios de dureza, análise da composição química e análise da microestrutura. As peças foram encaminhadas para a realização dos ensaios e análises e para avaliar as peças e realizar sua caracterização foram realizadas análise química, metalografia e ensaio de dureza. A composição química foi avaliada na própria empresa utilizando o equipamento espectrômetro de emissão óptica Spectromax. A análise da microestrutura foi realizada no microscópio óptico Olympus GX51, do laboratório de metalografia do Senai/Cetef. Para a realização da metalografia, as amostras foram cortadas com esmerilhadeira e em seguida foram lixadas e polidas para visualização da microestrutura. O reativo utilizado na análise foi o Reativo Vilella. Para o teste de dureza foi realizado o durômetro Heckert do laboratório de ensaios mecânicos da Universidade de Itaúna, cujos resultados são apresentados e discutidos a seguir.

4 Apresentação e análise dos resultados

Com base em todo o estudo realizado, são apresentados os resultados da pesquisa e os dados coletados a partir das amostras, indicando o caminho a ser trilhado para solução do problema, a fim de reduzir as quebras do equipamento.

A análise química revelou a presença de elementos químicos típicos de aços e ferros fundidos e suas porcentagens estão mostradas no Quadro 1. Os valores mostrados representam a média dos valores obtidos nas regiões avaliadas.



Quadro 1: Tipos de elementos químicos presentes na peça e suas porcentagens

Resultado de análise química da peça Palheta (valores em porcentagem)								
Elemento	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Demais elementos
Teor	2,59	0,40	0,8	0,02	0,003	28	0,25	Teores residuais

Fonte: Elaborado pelos autores (2018)

A composição química constante no Quadro 1 indicava a classificação do material como ferro fundido branco e, para efetuar a classificação do material fez-se consulta à norma ASTM A-532 (2014). O Quadro de classificação de ferros fundidos brancos, de acordo com a composição química, presente na norma está mostrado no Quadro 2.

Quadro 2 - Classificação de ferros fundidos brancos conforme a norma ASTM A-532

Classe	Tipo	Designação	Carbono	Manganês Max.	Silício	Níquel	Cromo	Molibdênio Max.	Cobre Max.	Fósforo Max.	Enxofre Max.
I	A	Ni-Cr-Hc	2,8 - 3,6	2,0	0,8 max	3,3 - 5,0	1,4 - 4,0	1,0	-	0,3	0,15
I	B	Ni-Cr-Lc	2,4 - 3,0	2,0	0,8 max	3,3 - 5,0	1,4 - 4,0	1,0	-	0,3	0,15
I	C	Ni-Cr-GB	2,5 - 3,7	2,0	0,8 max	4,0 max	1,0 - 2,5	1,0	-	0,3	0,15
I	D	Ni-HiCr	2,5 - 3,6	2,0	2,0 max	4,5 - 7,0	7,0 - 11,0	1,5	-	0,10	0,15
II	A	12% Cr	2,0 - 3,3	2,0	1,5 max	2,5 max	11,0 - 14,0	3,0	1,2	0,10	0,06
II	B	15% Cr-Mo	2,0 - 3,3	2,0	1,5 max	2,5 max	14,0 - 18,0	3,0	1,2	0,10	0,06
II	D	20% Cr-Mo	2,0 - 3,3	2,0	1,0 - 2,2	2,5 max	18,0 - 23,0	3,0	1,2	0,10	0,06
III	A	25% Cr	2,0 - 3,3	2,0	1,5 max	2,5 max	23,0 - 30,0	3,0	1,2	0,10	0,06

Fonte: ASTM A-532 (2014).

Verificando-se o Quadro 2 pode-se classificar a liga da peça Palheta como Ferro Fundido Branco Classe III tipo A. Sendo assim, descarta-se a possibilidade de classificação em Aço Manganês, como descrito na ficha interna da peça. Vale salientar que o Aço Manganês é também um material indicado para situações de ocorrências de desgaste onde se tem também a presença de impactos na peça. Sua composição química típica apresenta teor de manganês de 12 a 18%.

Os testes de dureza apresentaram os resultados contidos no Quadro 3. Foram feitos ensaios de dureza Rockwell, escala C, em quatro peças com objetivo de verificar a homogeneidade de valores de dureza entre as peças.

Quadro 3 - Resultado do ensaio de dureza Rockwell para a peça Palheta

Peças	Resultados dos ensaios			Média simples dos resultados
	HRC	HRC	HRC	
Peça 1	50	51	52	51
Peça 2	51	49	45	48
Peça 3	49	48	49	49
Peça 4	49	48	49	49

Fonte: Elaborado pelos autores (2018).



SICIT 2021

Semana de Iniciação
Científica e Tecnológica

ISSN 2595-9417

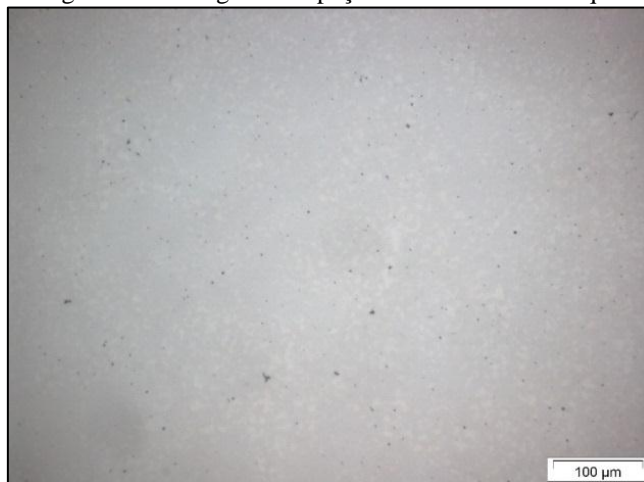
27 de setembro a
01 de outubro de 2021

Universidade de Itaúna

Os resultados dos ensaios de dureza não apresentaram grandes divergências em seus valores apesar das peças retiradas para análise terem apresentado uma pequena variação da proporção do desgaste, percebido por análise visual. Os valores obtidos são condizentes com os valores previstos na norma ASTM A-536 que indica para o Ferro Fundido Branco Classe III tipo A, uma dureza, no estado bruto de fusão de 50HRC. Essa dureza também foi encontrada em trabalho de Santos, Santos e Reguly (2017) para amostras no estado bruto de fusão desse material.

Os resultados relativos à microestrutura das peças podem ser vistos nas figuras 4 e 5. A figura 4 mostra a microestrutura da peça antes do ataque com ácido.

Figura 4 - Micrografia da peça Palheta antes do ataque

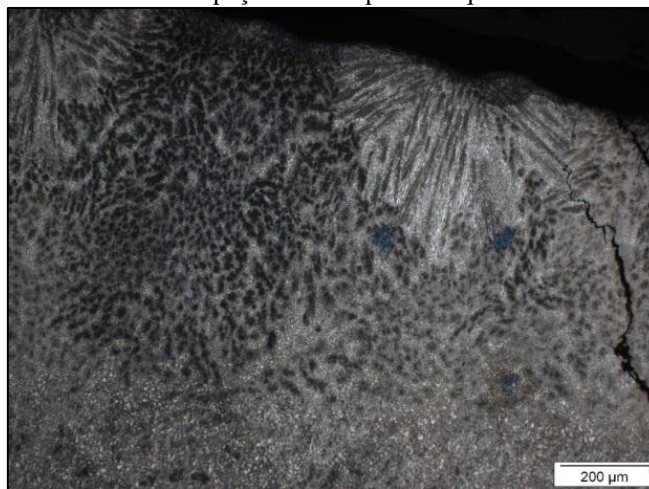


Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

Nessa microestrutura podem-se visualizar pontos escuros que sugerem a presença de microporosidades ou microrechupes na amostra da peça.

Na Figura 5 tem-se a microestrutura da peça Palheta após o ataque com reativo Vilella 3%.

Figura 5 - Microestrutura da peça Palheta após o ataque com reativo Vilella 3%



Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

A micrografia mostrada na Figura 5, após o ataque da amostra, mostra a presença de carbonetos, vistos nas regiões mais claras. O aspecto dos carbonetos é típico dos carbonetos de cromo e sua presença era esperada na amostra devido ao alto teor desse elemento presente na peça. As micrografias se assemelham às mostradas por Santos, Santos e Reguly (2017).

A matriz não foi analisada, mas segundo a literatura ela pode ser constituída de austenita e martensita. O estudo da matriz deverá ser realizado em nova etapa do estudo.

5 Considerações finais

A partir dos dados obtidos nos ensaios e análises realizados, pode-se concluir que o material da peça Palheta é um Ferro Fundido Branco com alto teor de cromo, classificado como Classe III – A, de acordo com a norma ASTM A-532 (2014), diferentemente da descrição constante na ficha de cadastro da peça Palheta, que descrevia o material como sendo Aço Manganês.

Com o material caracterizado, será possível o planejamento das novas etapas do estudo, que deverão contemplar o estudo do mecanismo de desgaste e verificar do processo de obtenção da peça Palheta no fornecedor verificando questões como realização de tratamento térmico, ou outras investigações que poderão levar a uma melhoria de desempenho da peça pois sabe-se que a dureza e a orientação e morfologia dos carbonetos possuem elevada influência na resistência à abrasão associada à matriz presente no material.

O melhor desempenho da peça, se obtido com futuras etapas desse estudo, se poderá obter aumento de sua vida útil e poderá conduzir a uma redução do número de intervenções no Rotojato, melhorando sua performance de trabalho.

Referências

- SENAI/CETEF (Belo Horizonte). Iniciação à Fundição. Belo Horizonte: Senai, 1987. 122 p.
- MORO, Norberto et al. Processos de Fabricação - Fundição. Florianópolis: Cefet - SC, 2007. 29 p.
- SINTO DO BRASIL (São Paulo). **Welebrator Sinto do Brasil**. Disponível em: <https://sinto.com.br/>. Acesso em: 20 abr. 2018.
- Farah, A.F. **Desenvolvimento de uma liga de ferro fundido branco alto cromo com Nióbio, tratada termicamente, para resistência ao desgaste abrasivo**. Dissertação apresentada à área de Interunidades de Ciência e Engenharia de Materiais dos Institutos de Física e Química e Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo. SP.1997
- OLIVEIRA, Cláudio Gonçalves de. Desenvolvimento e caracterização de liga de ferro fundido branco alto cromo com adição de nióbio para uso em mineração. 2015. 159 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Materiais, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.




SICIT 2021

Semana de Iniciação
Científica e Tecnológica

ISSN 2595-9417

27 de setembro a
01 de outubro de 2021

 Universidade de Itaúna

SANTOS, Fellipe Cros; SANTOS, Matheus; REGULY, Afonso. Avaliação da influência do teor de cromo e do tratamento térmico de desestabilização da austenita na resistência ao desgaste abrasivo de ferros fundidos brancos alto cromo. In: CONGRESSO ABIFA DE FUNDIÇÃO – CONAF, 17., 2017, São Paulo. Anais [...] . São Paulo: Se, 2017. p. 1-22.

NORMA DIN 50 320 – Análise Sistemática dos Processos de desgaste. Classificação dos Fenômenos de Desgaste. Metalurgia & Materiais, p.619-622, 1997.

NOBLE, D.N. - Abrasive Wear Resistance of Hardfacing Weld deposits, Metal Construction, September, p.605-611, 1985.

ASTM G40-21, - Standard Terminology Relating to Wear and Erosion, ASTM International, West Conshohocken, PA, 1977.

ROTHERY, W. H. 1968. Estrutura das ligas de ferro. São Paulo: Editora Edgar Blücher Ltda., 214p.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM A532-14: standard specification for abrasion-resistant cast irons standard. 2014.