

ROTORES DE DISCO PARA BOMBEAMENTO DE FLUIDOS ABRASIVOS

Edson Alves Figueira Júnior, Universidade Federal de Uberlândia, edson@mec.ufu.br

Valério Luiz Borges, Universidade Federal de Uberlândia, vlborges@mecanica.ufu.br

Solidônio Rodrigues de Carvalho, Universidade Federal de Uberlândia, srcarvalho@mecanica.ufu.br

Resumo. O processo de mineração, bem com outros que necessitam transportar material abrasivo em meio aquoso, acarreta desgastes em bombas centrífugas, principalmente nos rotores. Este problema esta presente nas indústrias de extração e processamento de minerais. O Brasil, devido a sua grande extensão territorial, possui grande diversidade de recursos minerais. Segundo DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral), em 2011 a produção mineral contemplou mais de 70 substâncias, com destaque para a produção de nióbio e tântalo, que representam respectivamente 97% e 18,4% da produção mundial. No Brasil, a extração de Magnesita, crisotila, bauxita, minério de ferro e grafita estão entre os três maiores do mundo (DNPM, 2012). Nesse sentido, empresas deste setor despendem grande parte de seus recursos financeiros na manutenção mecânica de equipamentos, principalmente na conservação e substituição de bombas centrífugas, carcaças e rotores. Portanto, este trabalho tem como objetivo projetar e desenvolver rotores de disco objetivando a redução do desgaste. Tais rotores serão compatíveis com bombas comerciais visando facilitar a substituição. Testes preliminares demonstraram que os rotores desenvolvidos até o momento possuem durabilidade 10 vezes superior a rotores convencionais, entretanto, parâmetros importantes como pressão e vazão não foram quantificados. Espera-se que este projeto possa contribuir para com o setor de mineração, de forma a fornecer novas informações e rotores que possam efetivamente substituir os tradicionais, e reduzir a manutenção e os custos no bombeamento de polpa mineral.

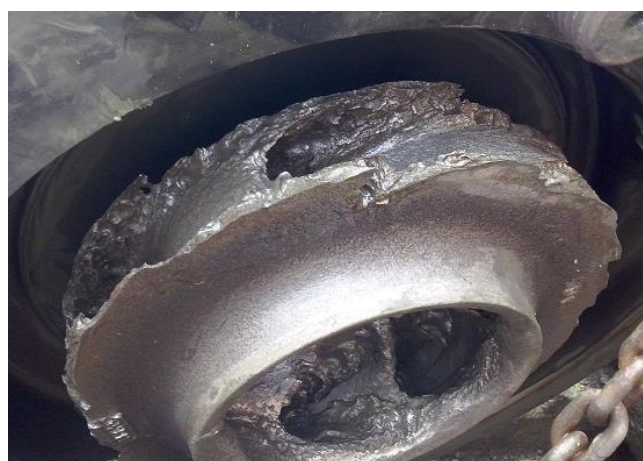
Palavras chave: Rotor de Disco, bombeamento de fluido abrasivo, bomba de disco.

1. INTRODUÇÃO

Bombas centrífugas são comumente usadas por empresas de beneficiamento mineral para conduzir a polpa de minério desde a britagem até a obtenção do produto final. No entanto, tais empresas relatam um alto índice de desgaste nos rotores e nas carcaças de tais bombas, chegando a representar 10% do custo global em manutenção a cada ano (Pereira, 2012).



a)



b)

Figura 1. Desgaste em rotores utilizados para bombeamento de polpa (Pereira, 2012).

A polpa deve ser transportada com velocidade superior a velocidade crítica evitando assim a sedimentação das partículas sólidas, fato esse que aumenta o desgaste em rotores e carcaças. A Figura (2) mostra um esquema dos fatores que influenciam no desgaste dos componentes de uma bomba durante o bombeamento de um fluido abrasivo.

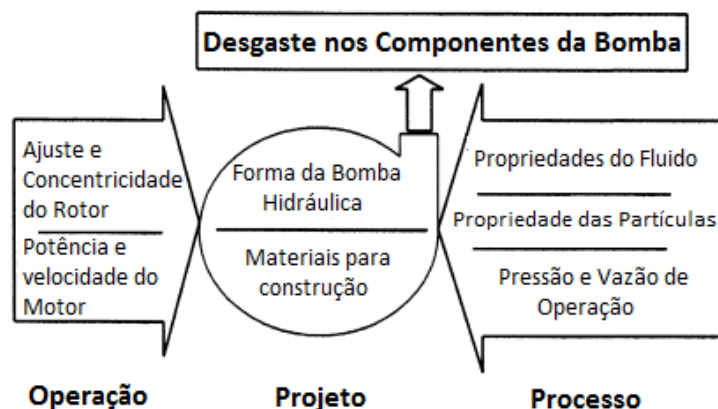


Figura 2. Fatores que influenciam no desgaste dos componentes da bomba (Adaptado de Walker, 1999 apud Walker & Bodkin, 2000).

Neste trabalho será estudada a substituição de rotores convencionais por rotores de discos. Este estudo iniciou-se em 2012 após uma visita técnica em indústria de extração de ouro, na qual o problema foi relatado. O estudo sobre o desgaste nestes componentes, em sua maioria, se restringe ao material de fabricação dos componentes ou simplesmente do revestimento aplicado aos mesmos. Após uma revisão sobre o assunto foi considerado a utilização de rotores de disco. Na sequência do texto segue alguns dados utilizados no desenvolvimento dos rotores de disco utilizados neste trabalho.

Em 1913 Nicolas Tesla descreveu uma máquina de fluxo (bomba ou turbina) na qual o rotor é composto por discos concêntricos, na qual o fluido ganha energia ao escoar entre os mesmos (Patente 1061142). Na mesma data também foi publicada a Patente 1061206 na qual Tesla descreve uma turbina de discos.

Várias patentes se originaram da turbina de Tesla, tais como: Durant 1977 e Gurth 1982 na qual descreve um *“Method And Apparatus For Pumping Large Solid Articles”* (US patent 4335994) e posteriormente em 1988 apresenta 3 tipos de rotores sem pás. Possel 1983 utilizou rotor sem pás com distância entre os discos variando radialmente com propósito de melhorar a eficiência Fig. (3c).

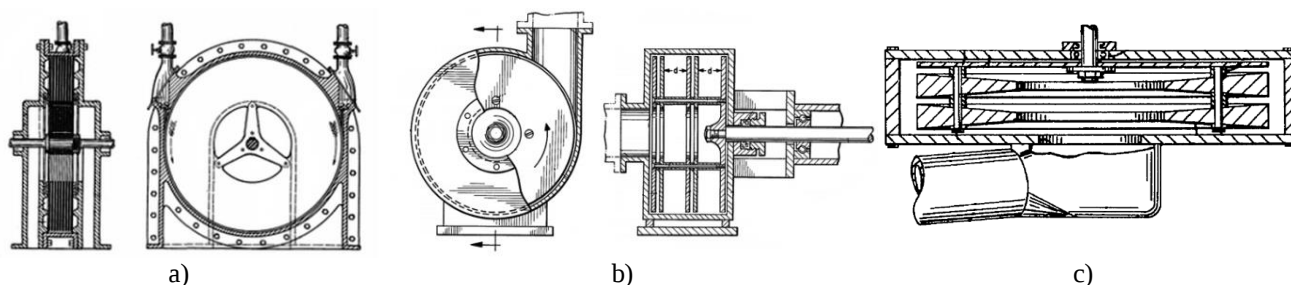


Figura 3. Turbina de disco: a) proposta por Tesla 1913; b) Gurth (1982); c) Possell (1983)

Assim, utilizando tais informações, empresas iniciaram projetos pioneiros envolvendo o projeto e a fabricação de bombas centrífugas que utilizam rotores sem pás. Como exemplo, cita-se a empresa Discflo (2013) que começou a fabricar bombas de baixa potência que utilizam rotores sem pás. No site da empresa é possível verificar que este tipo de rotor vem sendo utilizado em diversas aplicações, principalmente no bombeamento de fluidos abrasivos e/ou de viscosidades mais elevadas. A principal característica de tais bombas é a durabilidade superior quando comparadas às bombas centrífugas. Sabe-se também que o rendimento destes dispositivos são inferiores às bombas centrífugas. O fabricante em questão desenvolve bombas que utilizam rotores de disco de até 20 polegadas de diâmetro, ou seja, bem inferiores àquelas previstas na mineração.

Segundo a revisão bibliográfica realizada é possível constatar o uso de bombas de disco: No bombeamento de fluidos abrasivos e de alta viscosidade, bombeamento de frutas, verduras, peixes vivos e sangue sem danificar os mesmos (Gurth, 1990; Possell 1983; Blackstone, 2011; Discflo, 2013;) Verifica-se ainda o uso de bomba de disco para bombeamento de sangue intracorpóreo (Dorman et al, 2006 apud Barbosa, 1990).

2. METODOLOGIA

Em testes preliminares, montou-se no Laboratório de transferência de calor e massa (LTCM) uma bancada experimental Fig. (4) que utiliza como fluido uma mistura de 11 litros de água, para 1,1 kg de carbeto de silício. Esta

mistura foi utilizada para acelerar o processo de desgaste durante o bombeamento. O abrasivo utilizado possui uma dureza entre 9 e 10 Mohs, salientando que a máxima dureza constatada é 10 Mohs (Diamante). A partir de Wilson et al. (2006) é possível calcular a densidade da mistura, obtendo assim um fluido com densidade de 1027 kg/m^3 .

Na construção da bancada foram utilizadas tubulações e acessórios de 1" em sua maioria de PVC devido ao baixo custo e facilidade da montagem. A bomba utilizada no experimento possui um motor elétrico de $\frac{3}{4}$ CV que opera com 3500rpm.

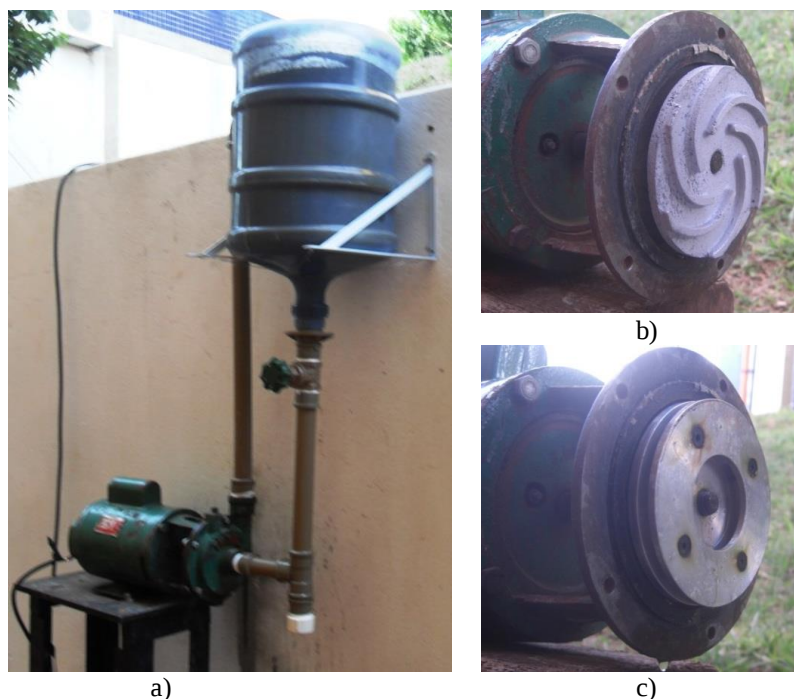


Figura 4. Bancada preliminar desenvolvida para realização dos testes. b) Rotor Original e c) Rotor de Disco.

Na sequência serão mostradas as imagens de alguns rotores após os testes bem como a vida útil em horas.

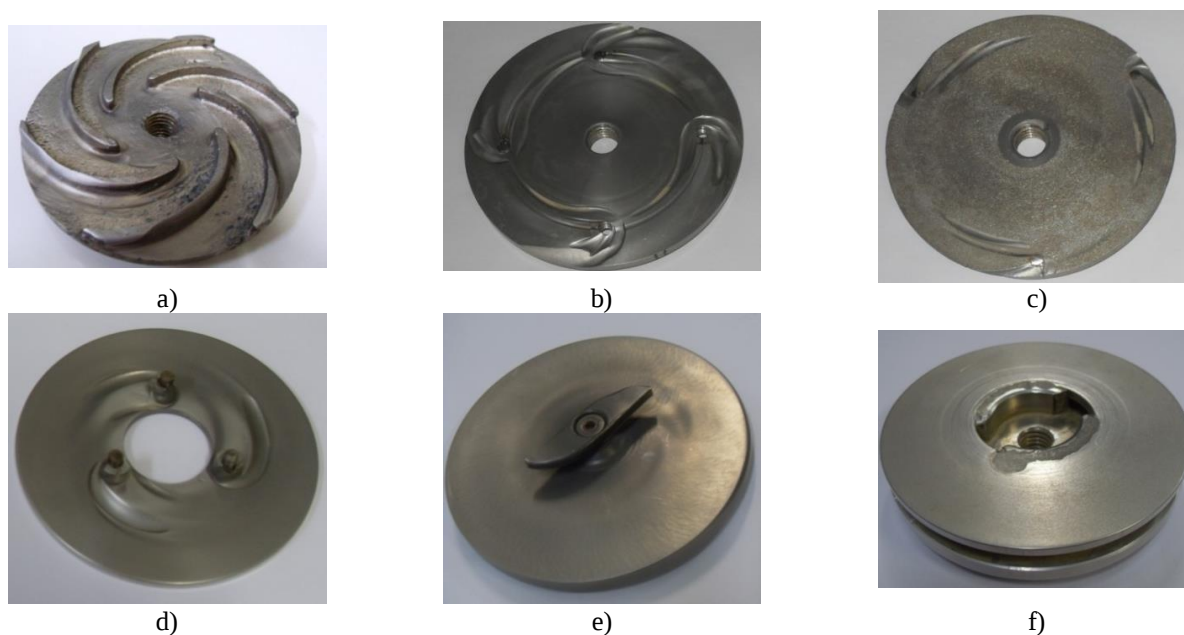


Figura 5. a) rotor original b) rotor de disco com separadores/união na região intermediária do disco superior c) rotor de disco com separadores/união na região externa dos discos d) rotor de disco com separadores/união na região interna do disco superior e) rotor de disco com a união no centro do rotor, ou seja, na entrada do fluido f) rotor de disco com separadores robustos na região interna do disco.

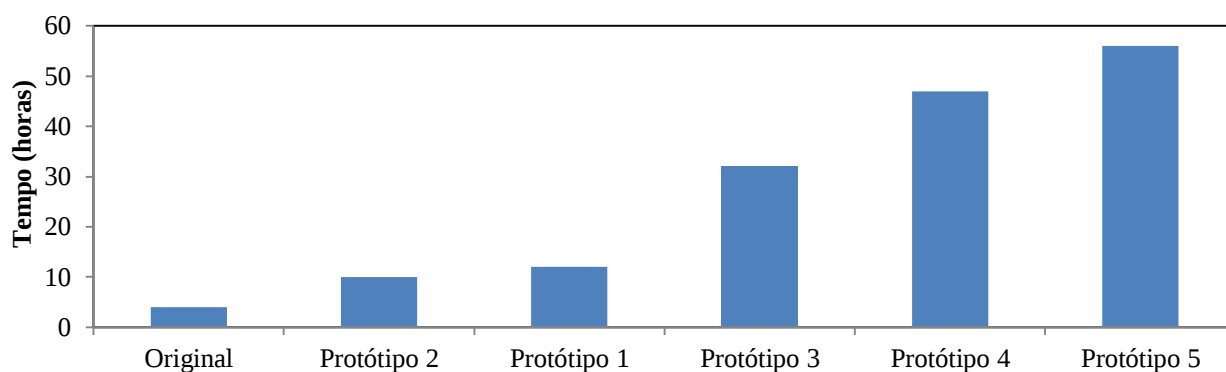


Figura 6. Vida útil dos rotores analisados.

Os resultados demonstrados na tabela 1 comprovam que rotores alternativos podem ser empregados no processo de bombeamento de polpa mineral e reduzir os custos de manutenção. No entanto, para efetivamente comprovar tais informações, uma nova bancada experimental foi projetada Fig. (7a). Esta possui uma bomba de 1CV, medidor de vazão eletromagnético, sensores de pressão com selo diafragma e válvulas de mangote, possibilitando as medições de vazão e pressão de fluidos com partículas abrasivas, para aquisição dos dados será utilizado o Agilente 34970A.

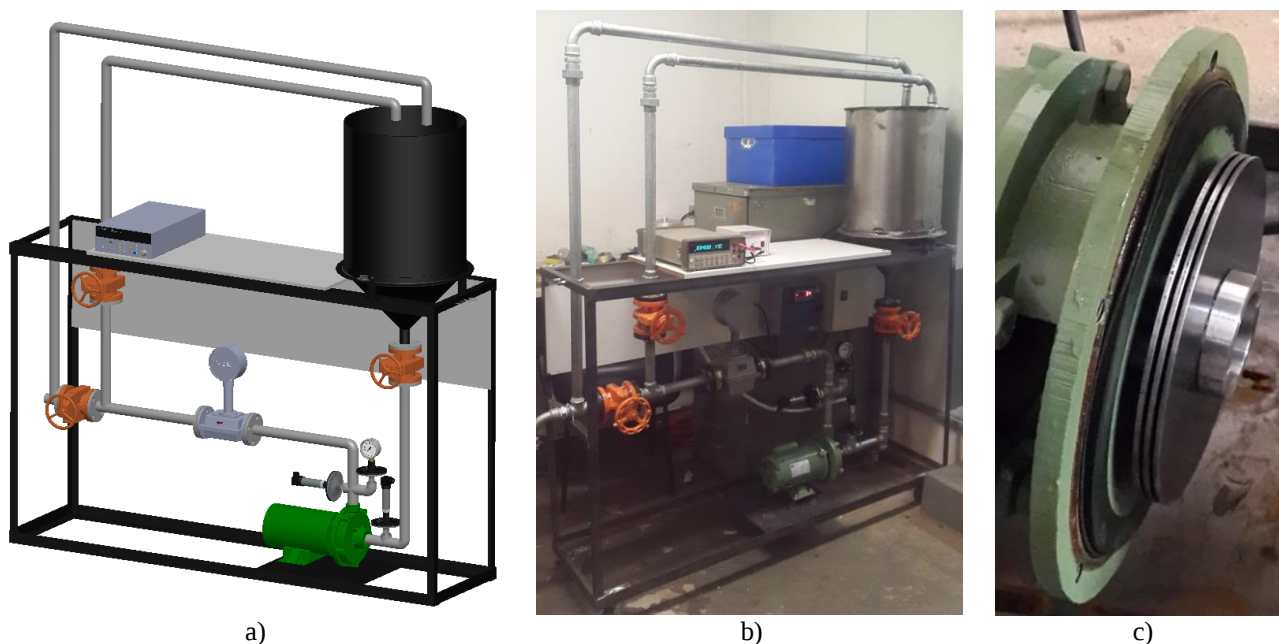


Figura 7. a) Bancada de teste projetada no LTCM. b) Foto real da bancada. c) Rotor de múltiplos discos projetado no LTCM para bomba BC-92T1.

A Figura 7c mostra o rotor projetado para substituir o rotor original da bomba BC-92T1, o rotor possui múltiplos discos, visando melhorar o desempenho do mesmo. Neste trabalho será estudado as curvas características dos rotores originais e de alguns protótipos que apresentaram melhor desempenho, também será analisado a influência da distancias entre os discos, quantidade de discos e a variação da distancia variável entre discos em função do raio Fig (3c).

Posteriormente serão selecionados alguns modelos para os testes de desgaste. O teste será realizado com uma mistura de água e carvão de silício (10%) O fluido abrasivo será substituído em todos os testes.

Os testes utilizando o rotor original terão o critério de parada em função da redução do desempenho, para os rotores de disco, espera-se que não ocorra a redução do desempenho, sendo assim o critério de parada destes testes será a quantidade de fluido.

A Figura 6 mostra as curvas característica do rotor original e dos rotores de disco (os rotores denominados disco 4 saídas e 2 saídas Fig. (5f) possuem diâmetro externo de 104mm e espaçamento de 6mm entre os discos, o rotor original que foi retirado as pás possui diâmetro externo de 123mm e uma distância de 3,6mm; o rotor aberto possui diâmetro externo de 104mm e os rotores de 3 discos com diâmetro externo de 123mm Fig. (7c)), observa-se que o comportamento a relação entre a vazão e a altura manométrica é linear para os rotores de disco.

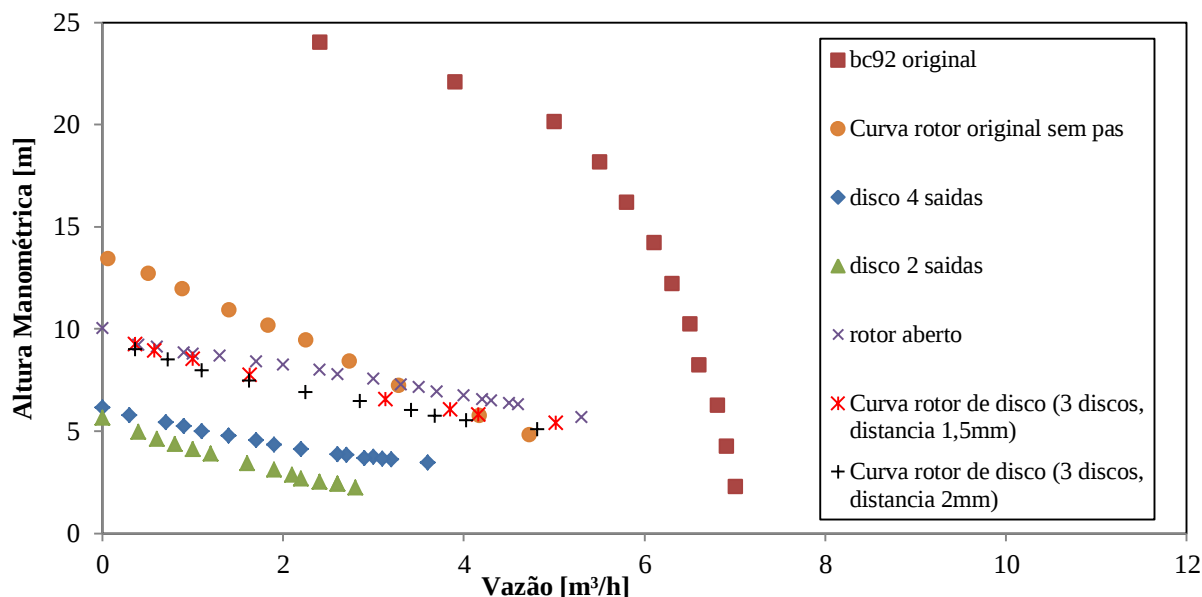


Figura 8. Curva característica dos rotores estudados.

3. REFERÊNCIAS

- Discflo, Discflo – A Revolution in Pump Technology. Disponível em: <http://www.discflo.com>. Acesso em: Fev. 2013.
- BLACKSTONE, R. W. Bladeless fluid propulsion pump. Patente US2011/0038707 15 Mai. 2008. 17 Fev. 2011.
- DNPM, Departamento Nacional de Produção Mineral. Sumário Mineral / Coordenadores Thiers Muniz Lima, Carlos Augusto Ramos Neves Brasília: DNPM, 2012. 136p. ISSN 0101 2053
- MAX I. Gurth. Method and Apparatus for Pumping Large Solid Articles. US4335994, 07 Jul. 1980, 22 Jun. 1982.
- PEREIRA, R. L. Efeitos da Adição de Níobio no Desempenho de Ferros Fundidos Brancos de Alto Cromo Utilizados no Bombeamento de Polpa na Mineração, 2012, 80f. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG. 2012.
- POSSEL, C.R. Bladeless pump and method of using same Patente US4403911, 27 Mai. 1980, 13 Set. 1983
- TESLA, N. Turbine. Patente US1061206, 1 Out. 1909, 6 Mai. 1913

4. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem as agências governamentais (CNPq, CAPES e FAPEMIG) pelo apoio financeiro para desenvolvimento do trabalho.

5. ABSTRACT

The mining process, as well as others that need to transport abrasive material in aqueous medium, causes the wear inside centrifugal pumps, mainly in the impellers. This problem is observed in mineral mining and processing industries. Due to its large territory, Brazil has a great diversity of mineral resources. According to the DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral), mineral production covered over 70 materials in 2011, highlighting niobium and tantalum, which represent 97% and 18.4% of the global production, respectively. In Brazil, extraction of Magnetite, chrysotile, bauxite, iron ore and graphite are among the three largest in the world (DNPM, 2012). Therefore, mining companies spend much of their financial resources in the mechanical maintenance of their equipment, especially in conserving and replacing centrifugal pumps, casing and impellers. The aim of this work is to design and develop wear-resistant impellers. Those prototypes will be compatible to commercial pumps to facilitate the replacement. Preliminary tests demonstrated that the bladeless impellers designed so far have 10 times greater durability than the standard ones. However, important parameters such as pressure and flow have not been quantified yet. It is expected that this study will contribute towards the mining industries providing new information and impellers that efficiently replace the standard ones, beyond reducing the maintenance and the costs in the ore pulp pumping.

6. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

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