

EFEITO DA LUBRIFICAÇÃO E DA VELOCIDADE TANGENCIAL NA RESPOSTA TRIBOLÓGICA DO VEIO DE HEMATITA DO JASPILITO AVALIADA VIA ENSAIO DE ESCLEROMETRIA RETILÍNEA

Renan Valter Magnol, renanvmagnol@gmail.com¹

Marciano Quites Macedo, marcionaomacedo@geosol.com.br²

Letícia Morbach Dixini, leticiamorbach@hotmail.com¹

Marcelo Camargo Severo de Macêdo, mcamargo@npd.ufes.br¹

Cherlio Scandian, cherlio@hotmail.com¹

¹Universidade Federal do Espírito Santo, Departamento de Engenharia Mecânica, Av. Fernando Ferrari, 514 - Goiabeiras, Vitória - ES, Brasil.

²Geosol – Geologia e Sondagens S.A., R. São Vicente, 255 - Olhos D'Água, Belo Horizonte - MG, Brasil.

Resumo: Os efeitos da lubrificação e da velocidade tangencial na resposta tribológica da hematita presente no jaspilito, uma formação geológica proveniente da Serra dos Carajás – PA, Brasil foram avaliados. Ensaios de riscamento foram realizados com indentador de diamante Vickers na configuração aresta paralela ao risco. Aparentemente, a lubrificação influenciou tanto no atrito quanto no desgaste. O aumento da velocidade induziu uma mudança de mecanismos de desgaste (de trincamento para sulcamento).

Palavras-chave: esclerometria linear, jaspilito, velocidade tangencial, lubrificação, desgaste abrasivo.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil possui enorme tradição em extração mineral, tendo atualmente grande participação na produção de alguns minérios como: minério de ferro, tantalita, bauxita, amianto, grafita, dentre outros. Em 2015, o Valor da Produção Mineral (VPM) brasileira foi estimado em R\$ 78,7 bilhões. (Farias et al., 2002; Tottola, 2007).

Antes das etapas que caracterizam a lavragem da mina, ou seja, a extração das riquezas minerais do subsolo, é necessária a realização da prospecção geológica que consiste na averiguação dos tipos e do teor de minério presentes. Uma maneira comumente utilizada para efetuar essa etapa é chamada de sondagem amostradora ou testemunhada, que é concebida através de perfuratrizes que retiram a amostra ou testemunho do solo para a posterior análise em laboratório. A parte da perfuratriz responsável pelo corte da rocha é chamada broca ou coroa diamantada (Tottola, 2007). A coroa é constituída basicamente de uma matriz metálica com diamantes dispersos. A matriz metálica tem por finalidade dar sustentação aos diamantes ao mesmo tempo em que é moderadamente desgastada para expor novos diamantes que são responsáveis pelo corte da rocha (Menegáz, 2008).

Durante a sondagem, é necessária a existência de certa velocidade relativa entre a coroa e a rocha para que o processo de corte aconteça e o testemunho seja extraído, interveniente a esse processo, deverá existir um lubrificante para fins de refrigeração da ferramenta e remoção dos debris oriundos do processo de desgaste.

Beste et al. (2004), utilizou o ensaio de riscamento com método de caracterização de diversas rochas a fim de aprimorar a performance de ferramentas sinterizadas.

Em seus trabalhos, Li et al. (1998) e Enomoto (1981), observaram o aumento do coeficiente de atrito e a redução da carga crítica para a propagação de trincas durante ensaios com lubrificantes quimicamente ativos com a superfície.

Também foi observado por Li et al. (1998) a redução da densidade linear de trincas e invariabilidade do coeficiente de atrito com o aumento da velocidade tangencial.

Segundo Magnol et al. (2017), o veio de hematita é composto por dois microconstituintes, um claro e um escuro, os quais apresentam comportamentos distintos, sendo o segundo mais frágil que o primeiro, como mostra a fig. 1.

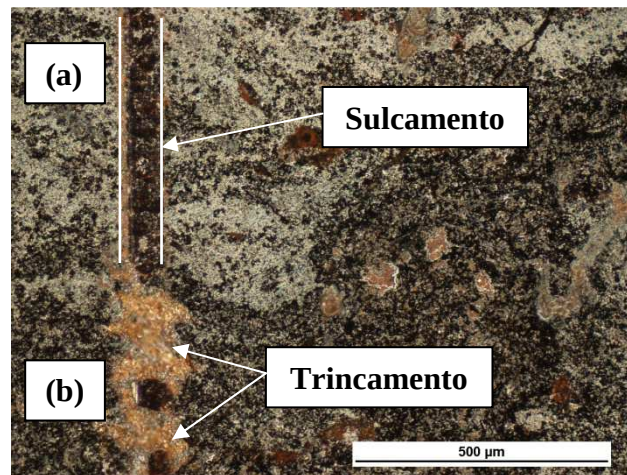


Figura 1 – Diferenças no comportamento tribológico dos microconstituintes do veio de hematita do jaspilito. Adaptado de Magnol et al. (2017).

Nesse trabalho, o efeito da lubrificação e da velocidade tangencial nos veios de hematita e, quando possível em seus microconstituintes, do jaspilito originário da Serra de Carajás, no estado do Pará, Brasil, foi estudado. O jaspilito é uma formação ferrífera bandada, constituída comumente de bandas de jaspe e hematita além de veios de quartzo. Essa rocha foi selecionada devido ao baixo desempenho da coroa diamantada quando em contato com esse tipo de litologia, além da escassez literária acerca de seu comportamento tribológico.

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Amostras de jaspilito, medindo aproximadamente 60 mm X 50 mm X 20 mm, foram lixadas com lixas d'água de carboneto de silício com granulometria de 80 a 1200 grit e polidas com diamantes em suspensão de 6 a 1 µm. A Figura 2 apresenta a amostra depois do polimento na qual podemos observar a estrutura bandada característica do jaspilito.

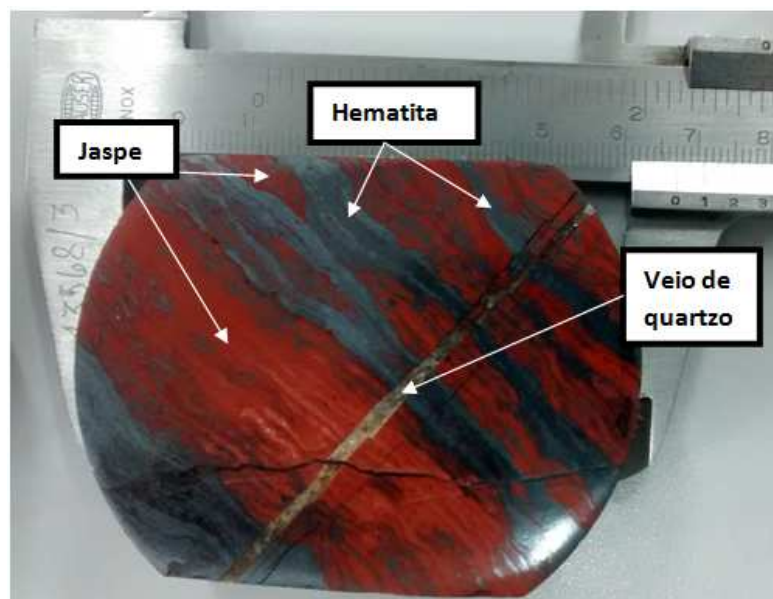


Figura 2 – Amostra de jaspilito após o polimento.

Após o polimento, riscos retilíneos foram realizados à temperatura e pressão ambientes no microtribômetro universal CETR Apex (Fig. 3) do Laboratório de Caracterização de Superfície e Materiais (LCSM) da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) sob o veio de hematita. Em todos os ensaios, o comprimento dos riscos foi de 10 mm.

Todos os ensaios foram realizados com uma distância entre riscos equivalente a dez vezes a sua largura.

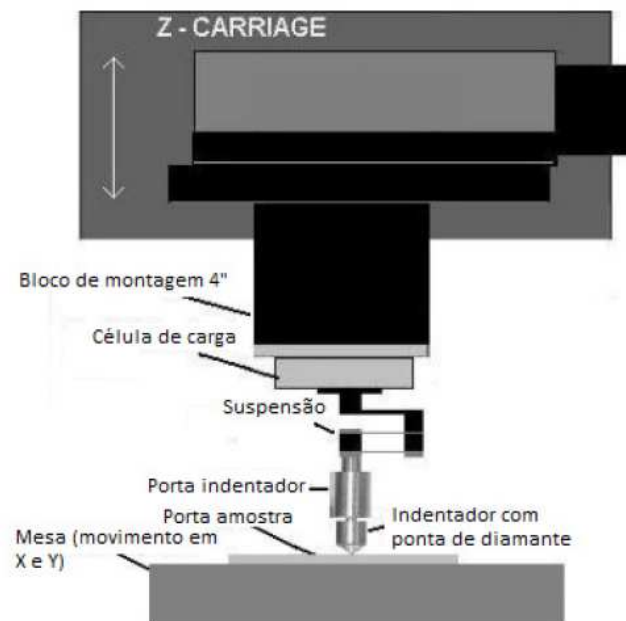


Figura 3 – Desenho esquemático do microtribômetro universal CERT modelo APEX na configurado para realização de ensaios de riscamento.

2.1. Largura dos Riscos

A amostra passou por um processo de limpeza ultrassônica com acetona e secagem para eliminação dos debrís (partículas oriundas do processo de desgaste) e foi então levada ao microscópio metalográfico invertido. Foi selecionado um aumento de 50 vezes e o modo de visualização de imagem denominado “campo claro” foi escolhido, de maneira em que o risco se apresente escuro e a superfície da amostra colorida, facilitando desta maneira a percepção da fronteira entre risco e superfície.

Foi utilizado um procedimento em que duas barras paralelas de 190 micrometros eram ajustadas ao perfil do risco e a distância entre as mesmas era medida de maneira análoga à da norma ASTM-G171, como mostram Fig. 4 e Fig. 5 (não foram utilizadas barras contínuas devido à heterogeneidade da amostra).

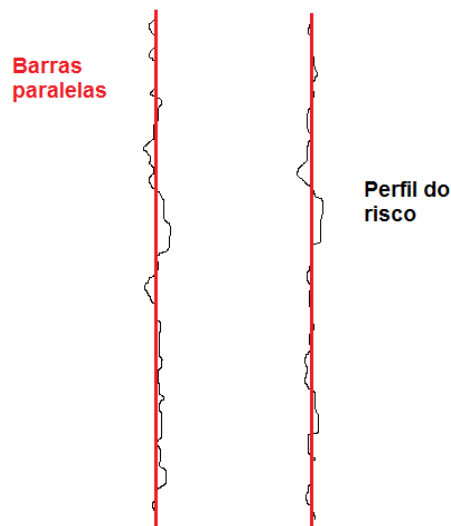


Figura 4 - Esquema de obtenção das larguras através do método de barras paralelas (perfil do risco em preto e barras paralelas em vermelho).

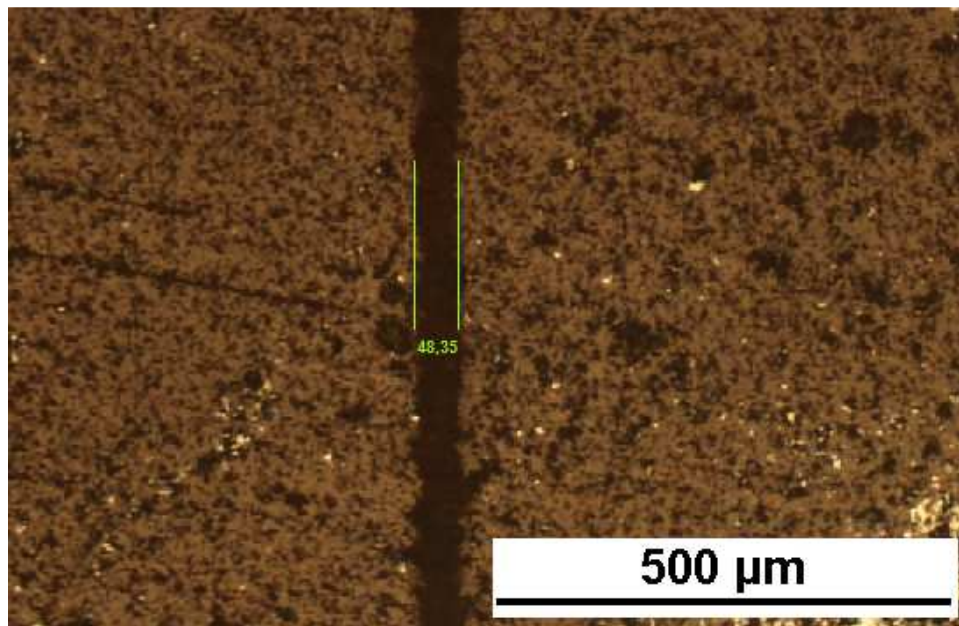


Figura 5 - Exemplo de medição de largura para o risco com carga de 2 N (campo claro).

2.2. Ensaios Variando o Tipo de Lubrificante

Ensaio variando o tipo de lubrificante foram realizados com indentador Vickers, sobre o veio de hematita, sob duas cargas normais distintas, 0,2 e 1 N e com velocidade constante de 0,05 mm/s.

Os lubrificantes utilizados nos testes foram água destilada e uma solução de água destilada + 4% em peso de bentonita.

A metodologia dos ensaios constituiu-se da realização de três riscos sem lubrificação seguindo-se de três riscos com um dos dois tipos de lubrificante sob a mesma carga normal que os ensaios sem lubrificação anteriores, o processo foi repetido até que todas as condições fossem satisfeitas. Cada condição foi repetida três vezes, totalizando nove riscos e cento e oitenta medições de largura para cada condição (noventa no microconstituente claro e noventa no escuro).

2.3. Ensaio Variando a Velocidade Tangencial

Ensaio variando a velocidade tangencial foram realizados a seco, com indentador Vickers, sobre o veio de hematita e sob três cargas normais distintas, 0,2, 0,25 e 1 N.

As velocidades estudadas foram de 0,01, 0,1 e 1 mm/s.

A metodologia dos ensaios constituiu-se da realização de três riscos em cada uma das velocidades para cada carga normal. Assim, como nos ensaios anteriores, o procedimento foi repetido por três vezes, totalizando noventa medições de largura para cada condição, pois, dessa vez, apenas o microconstituente claro foi analisado.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Ensaio Variando a Velocidade Tangencial

Ao analisar as imagens resultantes dos ensaios variando a velocidade com carga normal de 0,2 N (Fig. 6) e 0,25 N (Fig. 8), foi possível perceber o aumento de regiões brilhantes nos riscos com o aumento da velocidade tangencial. Essas regiões brilhantes são caracterizadas pelo mecanismo de sulcamento, já nas outras, trincamento. A Figura 7 exibe os mecanismos supracitados de forma ampliada.

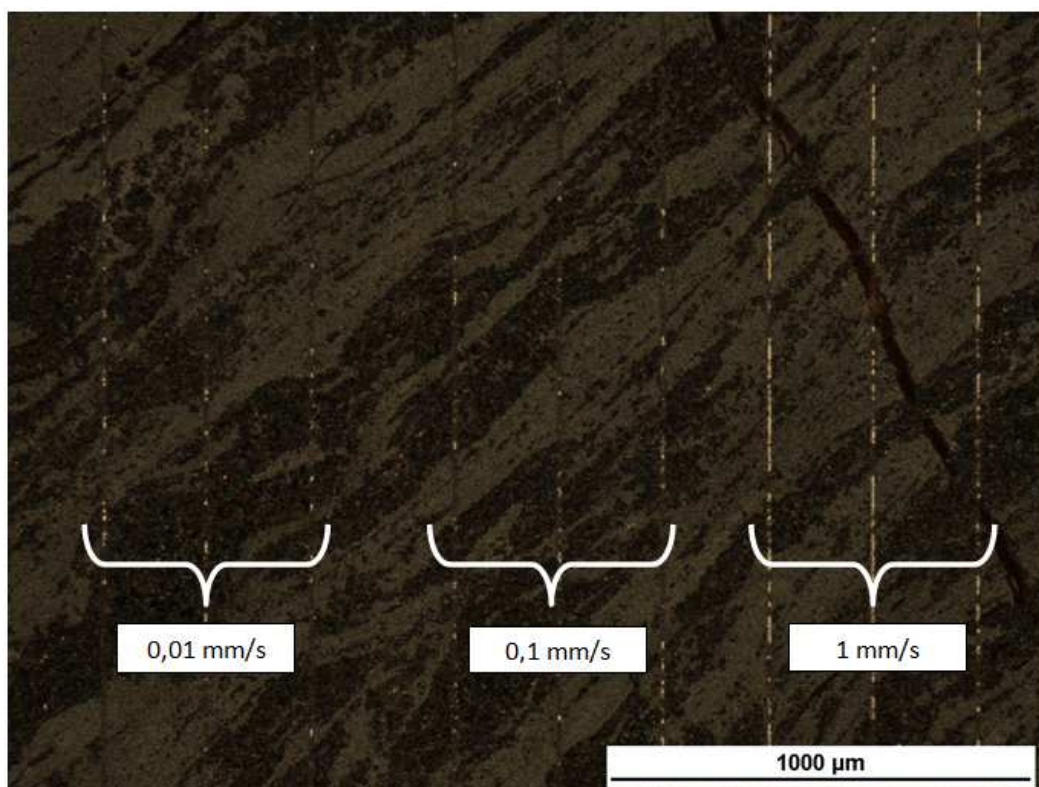


Figura 6 – Micrografia dos ensaios variando a velocidade tangencial para carga normal de 0,2 N.

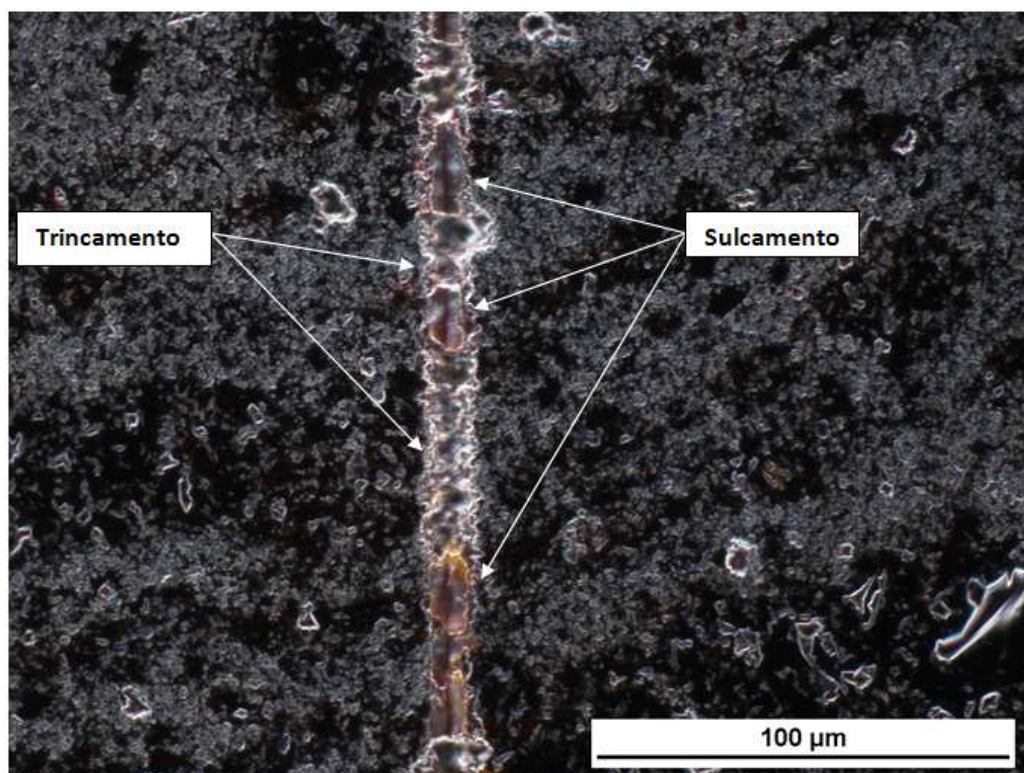


Figura 7 – Micrografia apontando a presença do mecanismo de sulcamento no risco sob carga normal de 0,2N e 1 mm/s de velocidade tangencial.

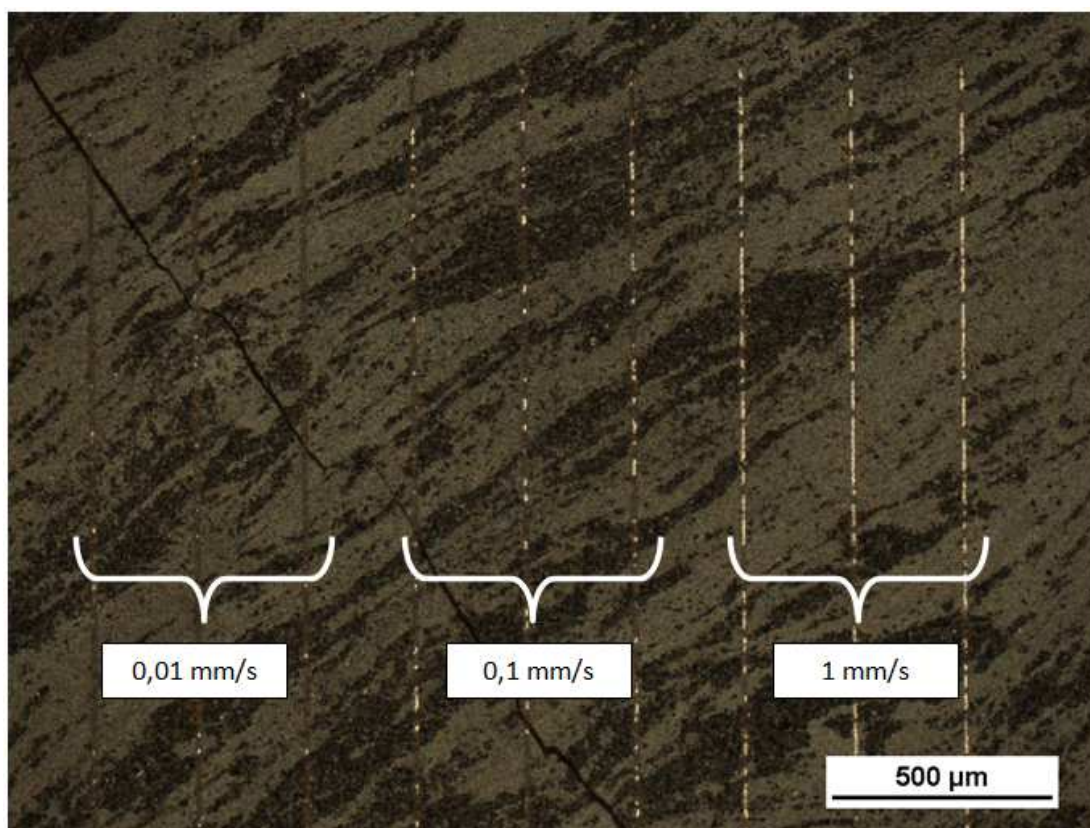


Figura 8 - Micrografia dos ensaios variando a velocidade tangencial para carga normal de 0,25 N.

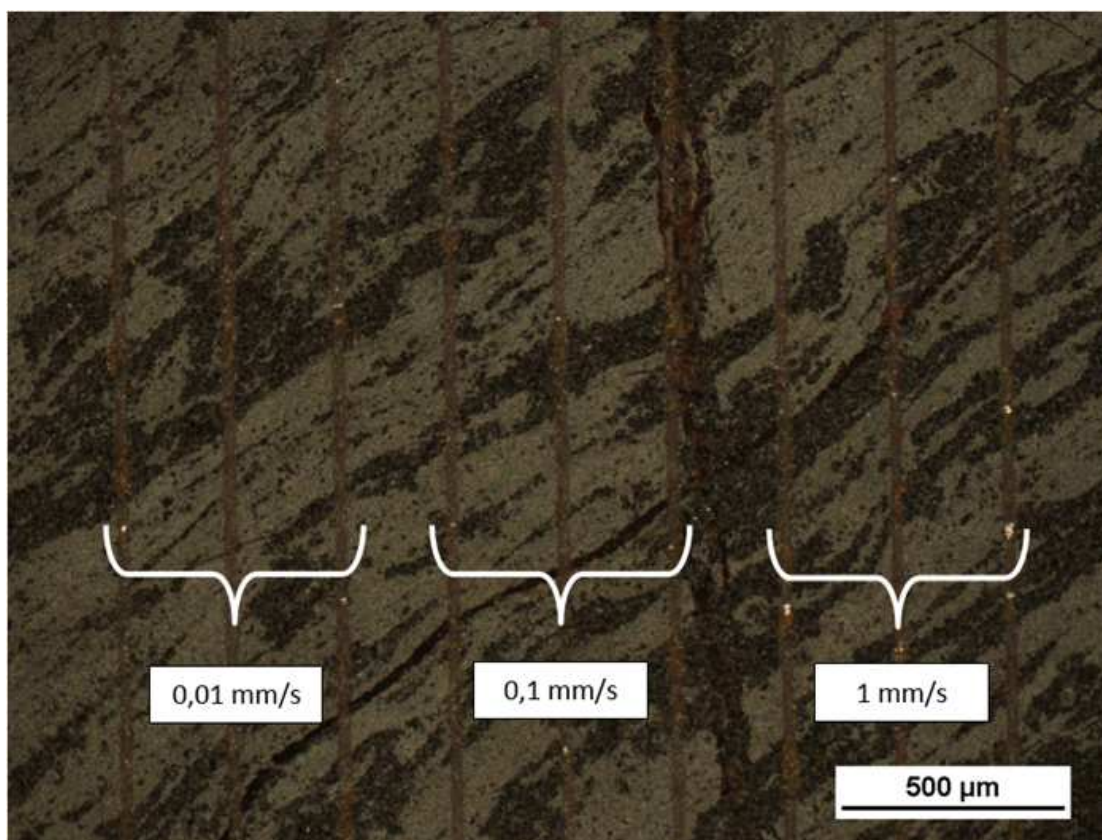


Figura 9 - Micrografia dos ensaios variando a velocidade tangencial para carga normal de 1 N.

Já nos ensaios sob carga normal de 1 N, não foi observado a transição frágil-dúctil.

3.1.1. Largura dos Riscos

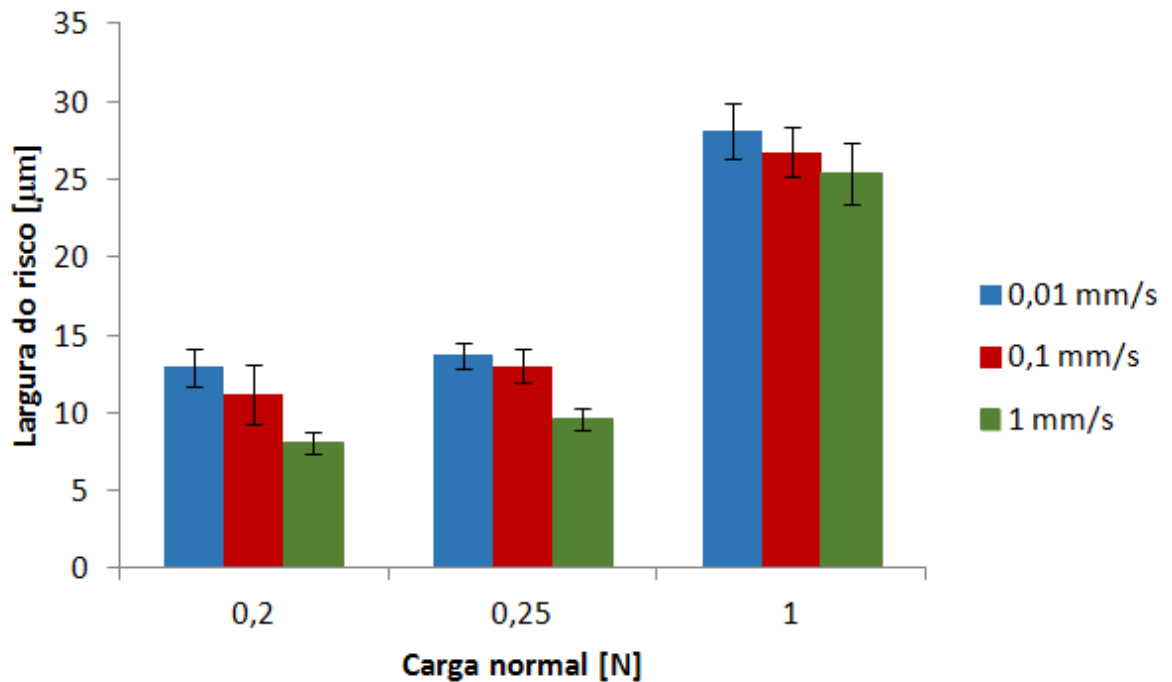


Figura 10 - Variação da largura do risco com a velocidade para diferentes cargas normais.

Aparentemente, a largura do risco é reduzida com o aumento da velocidade tangencial para todas as cargas.

Segundo Li et al. (1998), como a trinca tem que ser nucleada a partir do risco, esse procedimento deve levar algum tempo, o qual, depende da concentração de tensões no local. Após a nucleação e propagação da trinca, a concentração de tensões é reduzida, logo, a próxima trinca só se propagará quando a concentração de tensões aumentar novamente. Consequentemente, se a velocidade é alta, a probabilidade de trincamento é reduzida.

3.1.2. Atrito

Os dados referentes ao coeficiente de atrito foram analisados e podem ser vistos na Fig. 11, o coeficiente de atrito não sofreu influência da velocidade tangencial. O que corrobora com os resultados de Li et al. (1998).

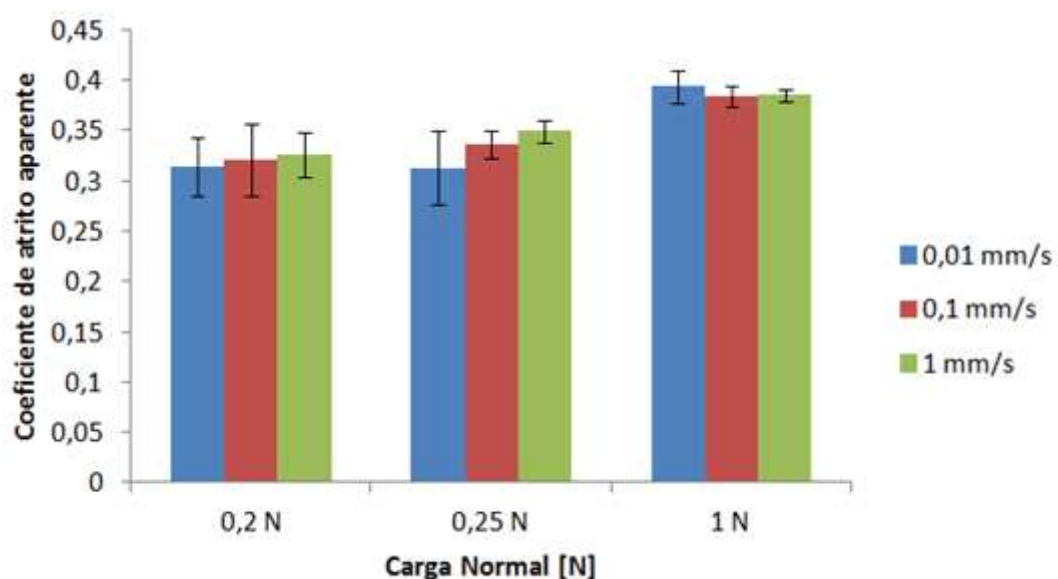


Figura 11 - Variação do coeficiente de atrito aparente com a velocidade para diferentes cargas normais.

3.2. Ensaio Variando a Lubrificação

3.2.1. Largura dos Riscos

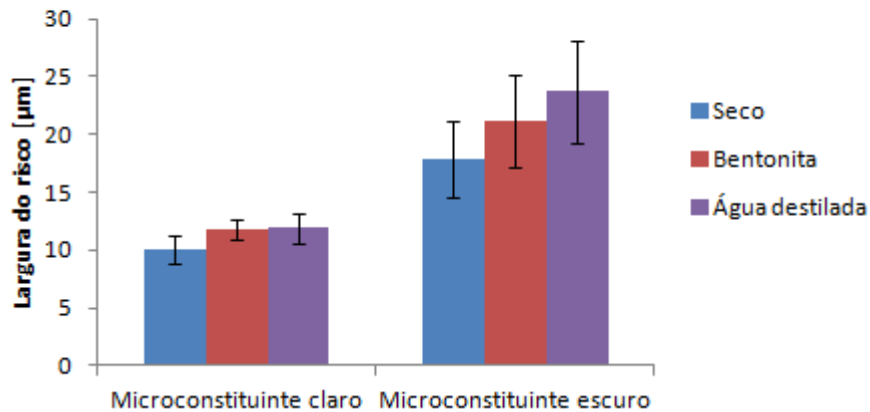


Figura 12 – Gráfico apresentando a diferença na largura do risco entre o microconstituente claro e escuro da hematita no ensaio com carga normal de 0,2 N para diferentes condições de lubrificação. Velocidade constante de 0,05 mm/s.

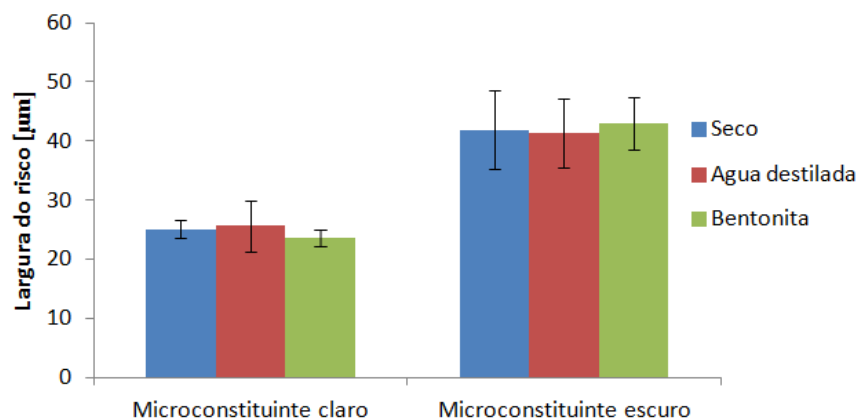


Figura 13 – Gráfico apresentando a diferença na largura do risco entre o microconstituente claro e escuro da hematita no ensaio com carga normal de 1N para diferentes condições de lubrificação. Velocidade constante de 0,05 mm/s.

Após a análise das Fig. 12 e Fig. 13 pode-se perceber uma tendência ao aumento da largura do risco quando em condições lubrificadas apenas para a carga de 0,2 N. Além disto, tal tendência é mais evidente no microconstituente escuro, sendo as maiores larguras observadas quando o lubrificante é água destilada.

3.2.2. Atrito

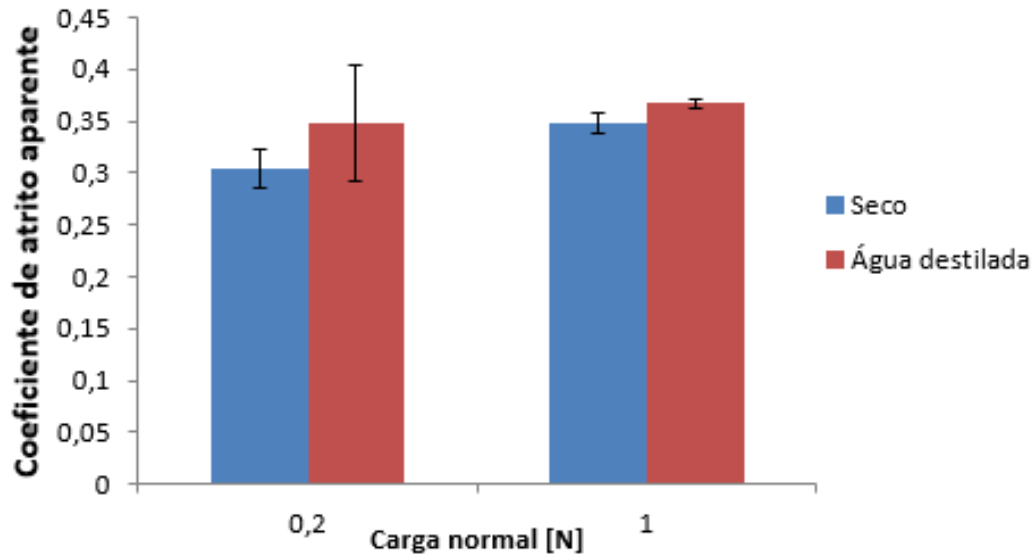


Figura 14 – Variação do coeficiente de atrito aparente para diferentes cargas normais e condições de lubrificação.

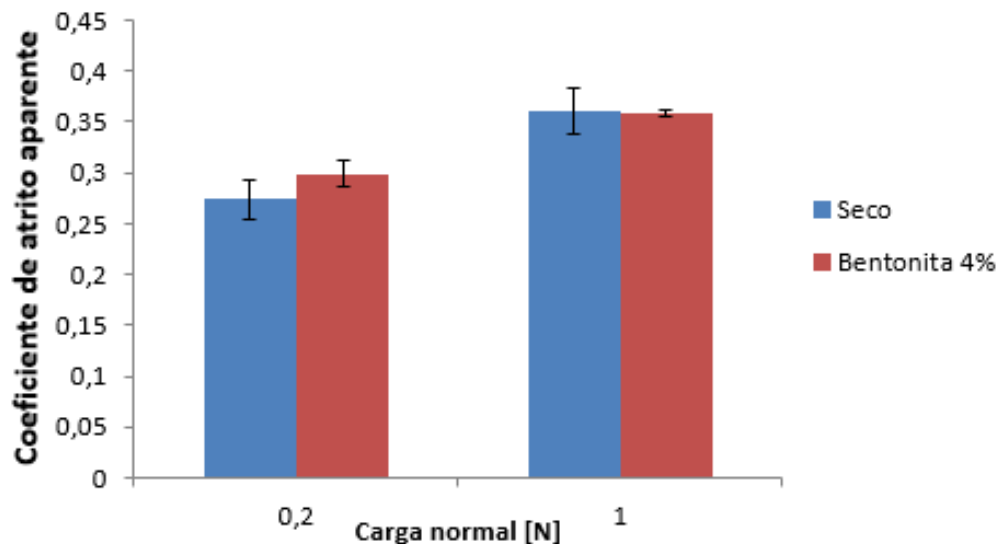


Figura 15 – Variação do coeficiente de atrito aparente para diferentes cargas normais e condições de lubrificação.

Já quanto ao comportamento do coeficiente de atrito aparente, podemos perceber, por Fig. 14 e Fig. 15, que praticamente não há mudança quando a carga normal aplicada é de 1 N e quando se trata da carga normal de 0,2 N, um aumento do coeficiente de atrito é notado.

Segundo Enomoto (1981) a presença de um lubrificante, quimicamente ativo com a superfície, aumenta o atrito e reduz a carga crítica para propagação de trincas e, por conseguinte, aumenta a largura dos riscos.

3.3. Conclusão

A velocidade tangencial influenciou no comportamento tribológico, alterando os mecanismos de desgaste e reduzindo a largura dos riscos.

Aparentemente a lubrificação aumenta tanto o coeficiente de atrito aparente quanto a largura do risco de ambos microconstituintes do veio de hematita para a carga de 0,2 N.

4. AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi apoiado por financeiramente pela GEOSOL – Geologia e Sondagens S.A. Além disso, agradecemos ao Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Espírito Santo pela disponibilidade de utilização dos Laboratórios TRICORRMAT e LCSM.

5. REFERÊNCIAS

- Beste, U., Lundvall, A. E Jacobson, S., 2004, “Micro-Scratch Evaluation of rock types - a means to comprehend rock drill wear”, Tribology Internacional, Vol. 37, pp. 203-210.
- Enomoto, Y., 1981, “Sliding fracture of soda-lime glass in liquid environments”, Journal of Materials Science, Vol 16, pp. 3365-3370.
- Farias, C. E. G. e Coelho, J.M., 2002, “Mineração e Meio Ambiente no Brasil” Relatório Preparado para o CGEE PNUD - Contrato 2002/001604.
- Li, K., Shapiro, Y. E Li, J. C. M., 1998, “Scratch Test of Soda-Lime Glass”, Acta mater, Vol. 46, n. 15, pp. 5569-5578.
- Magnol, R. V., Macedo, M. Q., Macêdo, M. C. S., Scandian, C., 2017, “Tribological Behavior of Jaspilite Evaluated by Micro-Scratch Test”, Proceedings of the 24th ABCM International Congress of Mechanical Engineering, December 3-8, 2017, Curitiba, PR, Brazil
- Menegáz, A., 2008, “Microabrasão de Compósitos de Matriz Metálica a Base de Tungstênio Empregados em Coroas de Perfuração Utilizadas em Sondagem Mineral”, Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, Brasil.
- Tottola, R.M., 2007, “Estudo Comparativo de Propriedades Mecânicas e Tribológicas de compósitos de Matriz Metálica a Base de Tungstênio Utilizados em Coroas de Sondagem Geológica e seu Desempenho em Campo”, Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, Brasil.

6. RESPONSABILIDADE AUTURAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

LUBRICATION AND TANGENCIAL SPEED EFFECT ON TRIBOLOGICAL RESPONSE OF THE HEMATITE VEIN OF JASPILITE EVALUATED BY LINEAR SCRATCH TEST

Renan Valter Magnol, renanvmagnol@gmail.com¹

Marciano Q Macedo, marcionaomacedo@geosol.com.br²

Letícia Morbach Dixini, leticiamorbach@hotmail.com³

Marcelo Camargo Severo de Macêdo, mcamargo@npd.ufes.br⁴

Cherlio Scandian, cherlio@hotmail.com⁵

¹Federal University of Espirito Santo, Mechanical Engineering Departament, Av. Fernando Ferrari, 514 - Goiabeiras, Vitoria - ES, Brazil.

²Geosol – Geologia e Sondagens S.A., R. São Vicente, 255 - Olhos D'Agua, Belo Horizonte - MG, Brazil.

Abstract. *The effect of lubrication and tangential speed on the tribological response of the hematite present on jaspilite, a geological formation founded in Serra dos Carajas – PA, Brazil, were evaluated. Scratch tests were done with Vickers diamond indenter (edge parallel to scratch). Apparently, the lubrication affected both friction and wear behavior. The increase in speed induced a transformation of wear mechanisms (cracking to ploughing).*

Keywords: *linear scratch test, jaspilite, tangential speed, lubrication, abrasive wear.*