

1. INTRODUÇÃO

A erosão causada por partículas sólidas em condições extremas (alta dureza e velocidade do corrosivo, carga cíclica e as altas temperaturas) é problemática para equipamentos industriais, como por exemplo para a geração de energia, mineração e transporte pneumático de sólidos. A fim de minimizar os danos causados pelo desgaste erosivo, muitos autores propõem o uso de revestimentos de superfície.

Alguns estudos, mostram que a taxa de erosão do material pode ser alterada por incrustação de partículas erodentes na superfície do revestimento como o acréscimo mássico nas amostras pós-erosão e mudanças no mecanismo de erosão.

2. OBJETIVO

Este trabalho visa avaliar a influência da velocidade na incrustação de partículas erodentes em uma superfície revestida por uma liga metálica (Ferro, Cromo e Boro), através de ensaios de erosão a temperatura ambiente e em diferentes ângulos.

3. MATERIAIS E MÉTODO

3.1 – Revestimento:

Foi investigado um revestimento a base de Ferro, Cromo e Boro, vendido em forma de arame com o nome de EutronicArc 593 T, aspergidos sobre um substrato de aço inoxidável AISI 310, através da técnica de arco elétrico.

Antes de ser realizados os ensaios, as superfícies dos corpos de prova foram retificadas, a fim de se eliminar irregularidades para uma padronização dos mesmos. A tabela 1 apresenta a composição química do arame antes da aspersão.

Tabela 1: Composição química do arame antes da aspersão.

| Elementos | Cr | B | C | Mn | S | Fe | Al |
|-----------|-------|------|------|------|------|------|----|
| % | 21.29 | 1.45 | 0.04 | 0.74 | 0.02 | Bal. | - |

Então os corpos-de-prova foram colocados em ultrassom por 12 minutos, após foram limpos e colocados em estufa por 20 min. A seguir, imediatamente antes do ensaio, o corpo-de-prova foi pesado em uma balança analítica. O mesmo procedimento foi realizado após os ensaios.

3.2 – Erodente

No processo de desgaste erosivo utilizou-se como erodente uma alumina eletrofundida marrom. Esta foi caracterizada segundo a distribuição granulométrica, via granulômetro a laser (Cilas – 1180), morfológica e composição química, que foram feitas utilizando Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e Espectroscopia por Dispersão em Energia (EDS).

3.3 – Erosão:

O teste de erosão foi realizado em um equipamento de erosão, desenvolvido de acordo com a norma ASTM G76, conforme figura 1. Antes do ensaio, os corpos-de-prova foram limpos, colocados em estufa e pesados em balança analítica. O mesmo foi feito imediatamente após o ensaio.

A taxa de erosão foi determinada pela perda de volume, considerando a densidade aparente dos revestimentos e descontando o ganho de massa devido à incrustação de erodente.

Os parâmetros utilizados nos ensaios de erosão se encontram na tabela 2.

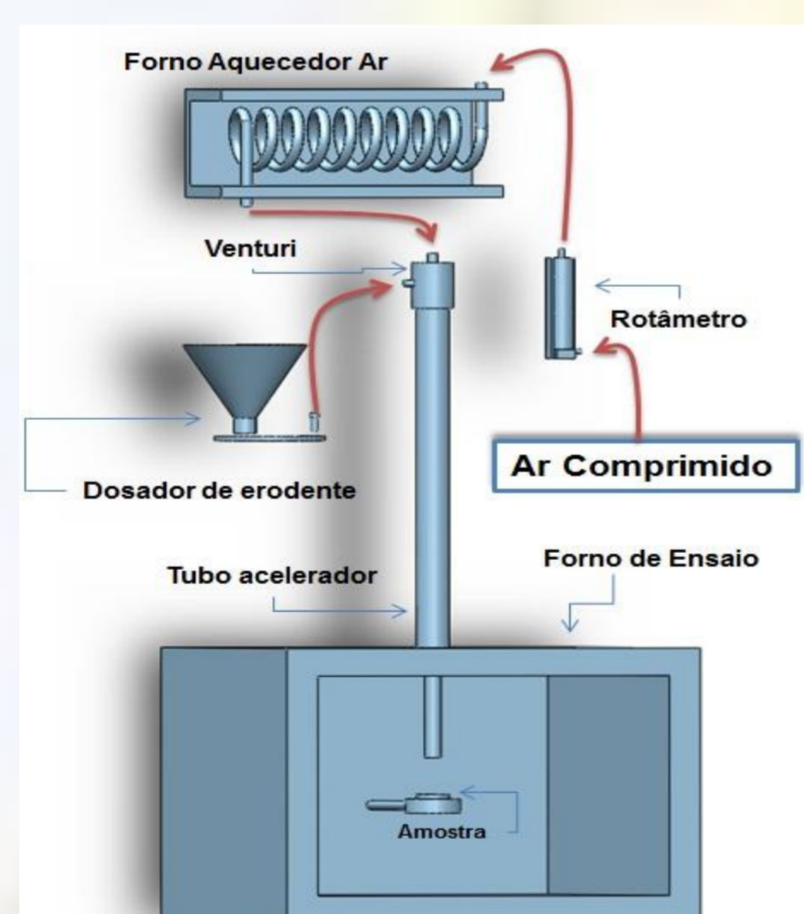


Figura 1: Equipamento utilizado para o teste de erosão (ASTM G76)

Tabela 2: Parâmetros do ensaio de erosão a temperatura ambiente.

| | |
|------------------------|----------------------|
| Tempo de ensaio | 1 h |
| Velocidade do erodente | 50 e 25 m/s |
| Ângulo de ataque | 30° e 90° |
| Fluxo de erodente | 8,667 g/min |
| Vazão do ar | 20 m ³ /h |

3.4 – Incrustação:

Para a avaliação da incrustação de partículas erodentes foi utilizada a técnica de mapeamento de elementos por imagem com microsonda EDS acoplada à microscopia eletrônica de varredura.

4. RESULTADOS

Após os ensaios de erosão as amostras foram analisadas com microsonda EDS acoplada ao MEV para que se pudesse ver e quantificar a distribuição da alumina eletrofundida no revestimento (figura 2), a fim de se avaliar a incrustação.

Através da varredura realizada na área erodida pode-se ver uma maior concentração de alumínio, elemento particular do incrustado, para a amostra atacada a 25 m/s e 90°, figura 2(d), em relação as amostras atacadas a baixo ângulo, figura 2(c), e as atacadas a 50 m/s, conforme as figuras 2(a) e 2(b).

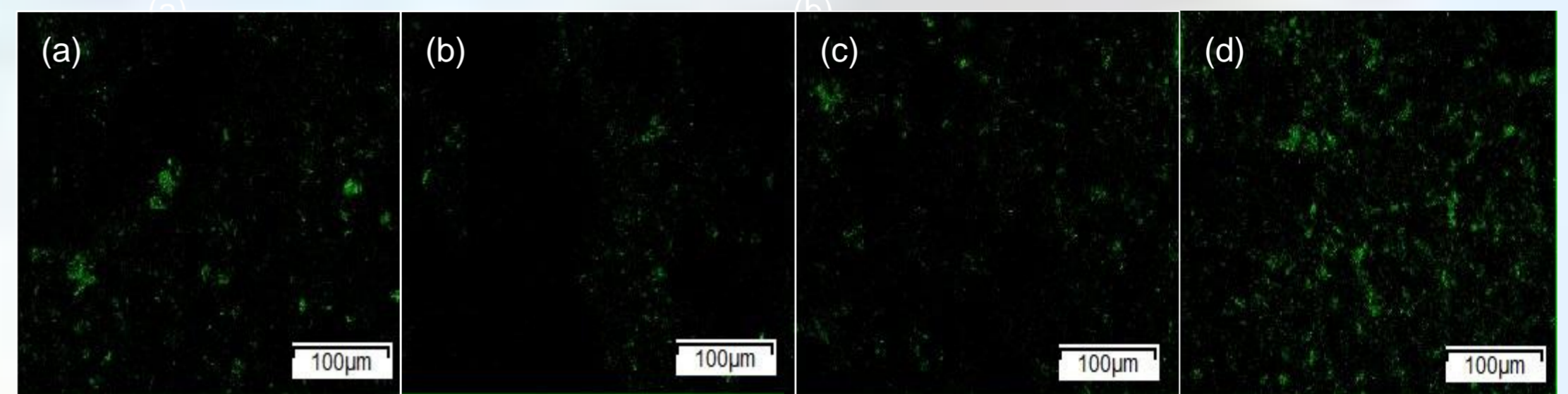


Figura 2: Imagens do mapeamento do alumínio após erosão obtido por EDS; à 50 m/s: (a) 30°, (b) 90°; à 25 m/s: (c) 30°, (d) 90°.

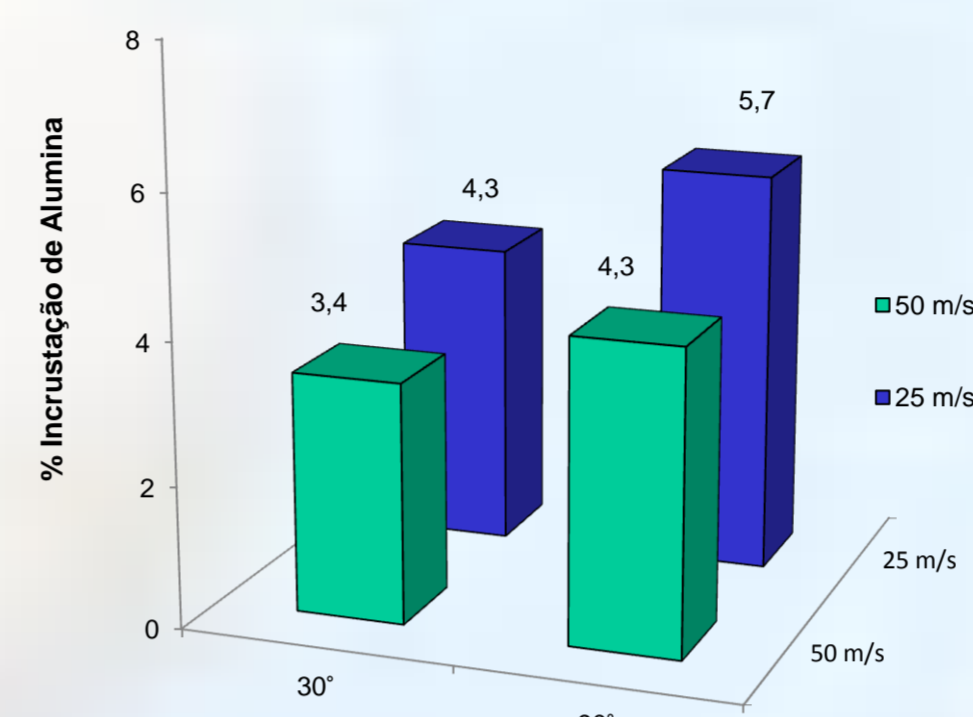


Fig.3: Gráfico do percentual de alumina incrustada após erosão.

Pela figura 5, onde é apresentado a taxa de erosão corrigida (descontados os valores de incrustação) observa-se que em alta velocidade a taxa de erosão decresce com o aumento do ângulo de incidência das partículas erodentes em relação a normal, indicando comportamento típico de materiais e ligas metálicas.

No caso do desgaste em baixa velocidade ocorreu aumento da taxa de erosão volumétrica em relação ao aumento do ângulo de ataque.

Uma mudança no mecanismo de erosão pode ser a causa de tal resultado, no qual o revestimento metálico passa a ter um comportamento de mais dúctil a menos dúctil (ou até mesmo frágil), provavelmente provenientes da incrustação de partículas erodentes. Estas sem energia cinética suficiente para o arrancamento de material da superfície, se quebram (vide figura 6 que apresenta o decréscimo da sua granulometria inicial de 302 µm) e se acumulam, encruando o revestimento e originando fissuras, denominadas “cracks”, que promovem a retirada de revestimento através de lascamento, que é uma forma mais severa de arrancamento de material comparado aos mecanismos típicos de metais e ligas.

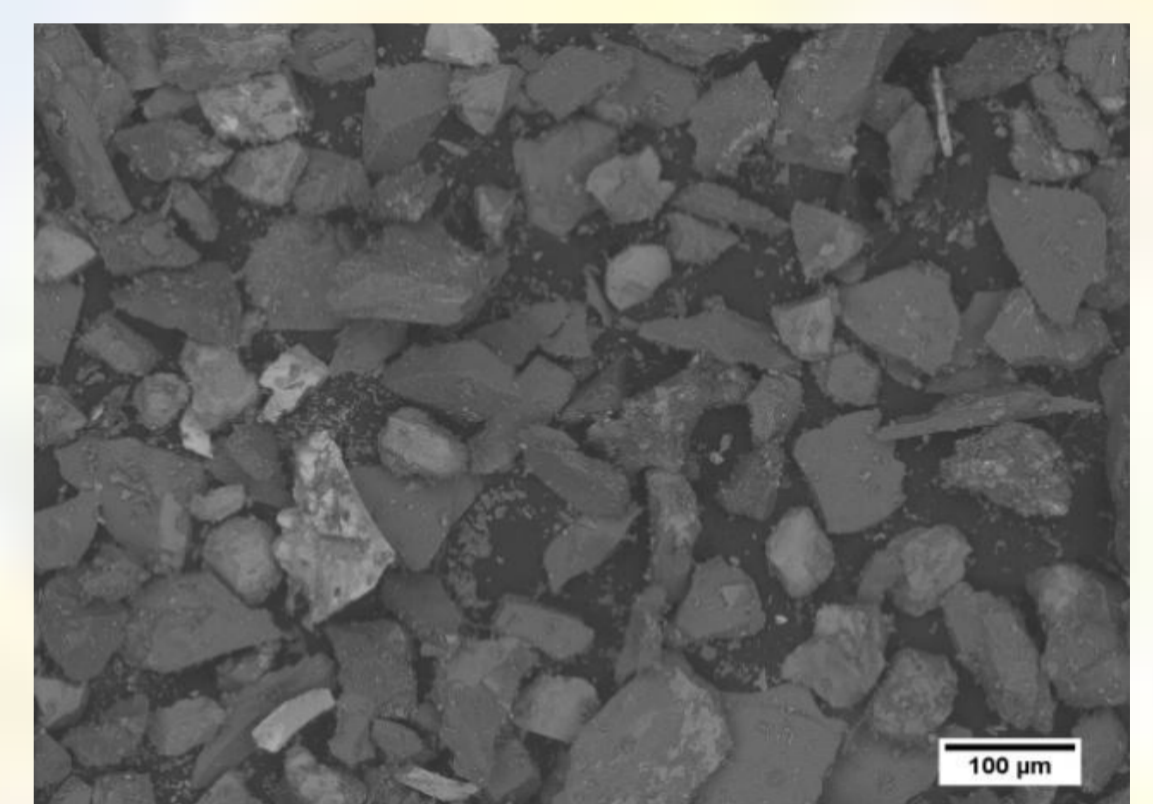


Fig. 4: Morfologia da alumina eletrofundida. (200 X)

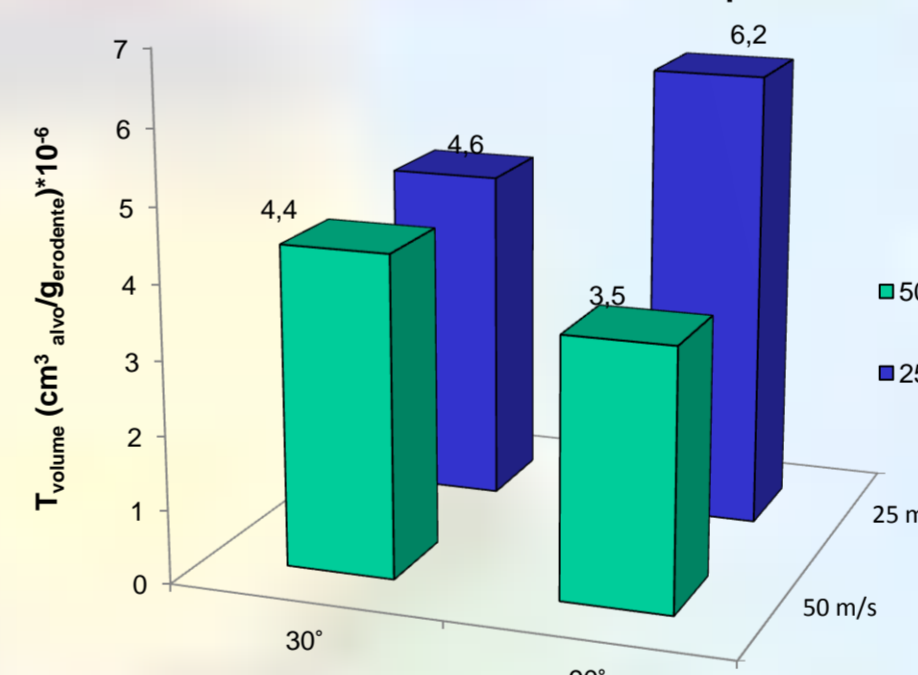


Fig.5: Gráfico da taxa de erosão corrigida.

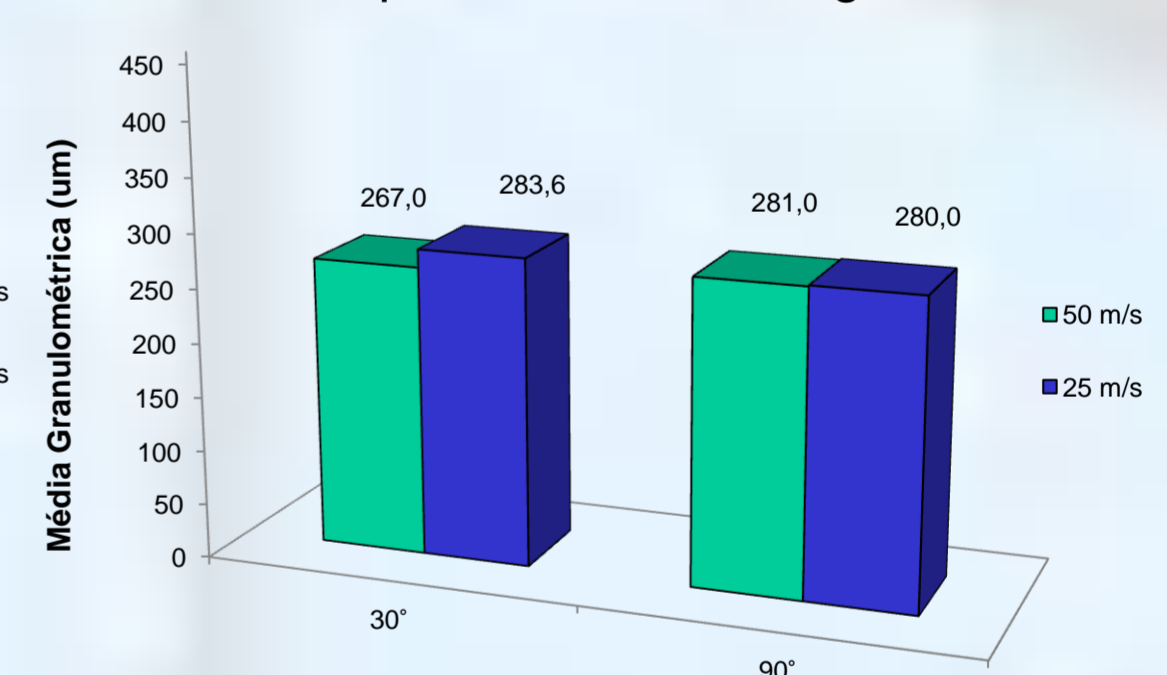


Fig.6: Gráfico da variação da granulometria.

Pela análise da rugosidade média Ra (µm) do revestimento antes e depois do ensaio de erosão, indica que para alto ângulo e baixa velocidade a variação da rugosidade superficial foi maior comparado a baixo ângulo e alta velocidade, sendo este mais uma indicação da mudança do comportamento de desgaste desencadeado pela incrustação de erodentes, uma vez que concordam com os resultados apresentados pela análise de incrustação. A figura 7 mostra os dados referentes ao ensaio de rugosidade superficial.

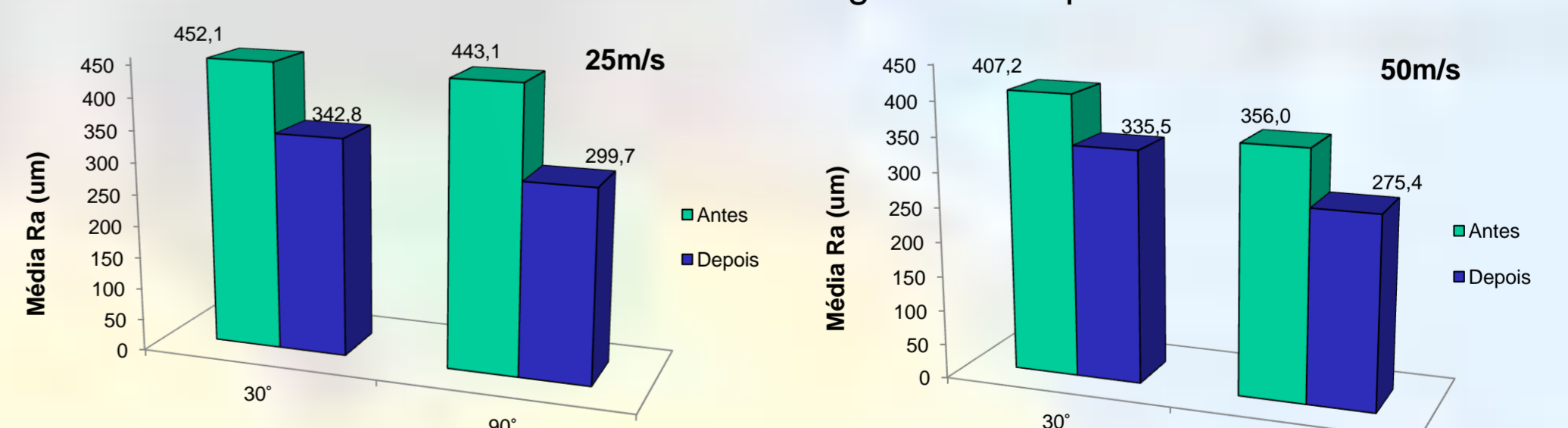


Fig.7: Gráfico das rugosidades médias Ra para 25 e 50 m/s.

5. CONCLUSÕES

As seguintes conclusões podem ser tiradas a partir do presente trabalho:

- A incrustação de partículas erodentes é maior em 25 m/s de velocidade e 90° de ângulo de ataque;
- Em baixa velocidade possivelmente há uma troca no mecanismo de erosão provocado pela falta de energia cinética do erodente no momento da erosão, aumentando a taxa de erosão em ângulo igual a 90°;
- Em alta velocidade (50 m/s) a incrustação não interfere o suficiente para a alteração dos mecanismos de desgaste, sendo estes ainda típicos de revestimento metálicos.
- Os resultados da variação rugosidade média (Ra) foram condizentes com a medida da incrustação das amostras.