

Estudo da influência do solado do calçado na resistência ao escorregamento de diferentes superfícies cerâmicas

Aline Demarch¹, Laura Savi Rosso ^{1*}, Juliana de Oliveira Menegon ¹, Angela Waterkemper Vieira ¹, Elidio Angioletto ²

¹Eliane Revestimentos Cerâmicos, Rua Maximiliano Gaidzinski 245, 88845-000, Cocal do Sul, Santa Catarina

²Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Av Universitária 1105, 88806-000, Criciúma, Santa Catarina

*e-mail: laurasavirrosso@hotmail.com

Resumo:

Um dos maiores índices de acidentes tanto em ambientes laborais quanto em ambientes residenciais e comerciais está relacionado a quedas por escorregamento. Para evitar esse tipo de acidente é necessário que se tenha uma superfície com elevado coeficiente de atrito. O trabalho buscou avaliar a influência de diferentes solados de calçados em diferentes superfícies cerâmicas, a fim de verificar se somente o revestimento cerâmico é capaz de assegurar a resistência ao escorregamento e evitar acidentes. Foram testadas 7 superfícies cerâmicas e 4 diferentes solados de calçados pelos métodos NBR 16919 e ANSI A137.1 e outro desenvolvido pelos autores em superfície seca e úmida. Pôde-se verificar que diferentes metodologias testadas conduzem a resultados diferentes, e que o coeficiente de atrito das superfícies não está relacionado apenas às suas características, mas também a variáveis de medição. Observou-se que com a presença de um fluido o coeficiente de atrito diminui muito nas superfícies com índice de rugosidade baixo. Assim é necessário que a superfície do revestimento cerâmico seja muito áspera para garantir que não se tenha problemas de escorregamento em virtude da grande variedade de solados utilizados pelos pedestres. Verificou-se ainda que quanto maior a rugosidade de uma superfície, representada pelos parâmetros Ra, Ry, Rz e Rq, maior será a resistência ao escorregamento. Dessa forma, a medição da rugosidade se mostrou uma característica bastante conveniente para aferição da resistência ao escorregamento de uma superfície.

Palavras-chave: Coeficiente de atrito; resistência ao escorregamento; rugosidade das superfícies.

1. INTRODUÇÃO:

Um dos maiores índices de acidentes em ambientes laborais e até mesmo em residências está relacionado a quedas por escorregamento. A escolha do tipo de revestimento a ser utilizado tanto em áreas de passeio comum como calçadas, halls de entrada, escadas, como em ambientes laborais deve levar em consideração a resistência ao escorregamento requerida, bem como a presença de agentes que podem reduzir a resistência ao escorregamento, como sujidades, areias, óleos e água, que tendem a reduzir consideravelmente a resistência ao escorregamento da superfície.

O coeficiente de atrito entre duas superfícies é uma medida indireta da resistência ao escorregamento, entretanto é necessário lembrar que o coeficiente de atrito é uma característica dependente tanto da superfície fixa, o revestimento do chão, e da superfície deslizante, o solado dos calçados.

O deslizamento de um pedestre é definido como a perda de controle de uma pessoa andando devido à redução de contato do apoio do pé, com ou sem sapatos, em um piso, e como resultado pode-se ter a queda [1]. Não é possível classificar todos os incidentes de quedas por escorregamento utilizando uma descrição simples e única [2]. Muitos fatores podem estar na origem de um acidente relacionado a escorregamento, o que torna cada situação única e complexa [3]. O piso escorregadio é um dos parâmetros mais influentes que afetam a segurança dos usuários, no entanto, coeficientes de resistência ao escorregamento são determinados por meio de alguns métodos que não correspondem bem à percepção real de escorregamento pelos usuários [4].

Os fatores ambientais tendem a influenciar mais do que fatores individuais nas quedas por escorregamento, esses fatores ambientais incluem aspectos de superfícies ao caminhar, contaminação, calçado, obstáculos e iluminação, entre outros [5][6][7]. As causas de queda são multifatoriais e podem ser devido às limitações individuais, condições ambientais ou à interação de ambos os efeitos [8][9][12][13].

O coeficiente de atrito entre chão e sapato tem sido tradicionalmente considerado como o mecanismo mais importante para o acúmulo de forças de deslizamento resistivas que podem prevenir quedas por escorregamento [5][6]. A rugosidade das superfícies do sapato e pavimentos afetam significativamente a resistência ao escorregamento [10][11]. Sapatos de passeio reproduzem situações práticas muito mais críticas quando comparados aos calçados de segurança utilizados em ambientes laborais [1]. Outros fatores como revestimento, idade e sexo do usuário têm relevância de média a alta para a ocorrência de escorregamento [13].

As principais medidas para evitar acidentes relacionados ao escorregamento estão relacionadas a evitar que sujeiras e substâncias lubrificantes se depositem sobre o chão e, caso não seja possível evitar, realizar a limpeza da superfície. Entretanto, em determinadas áreas não é possível manter o chão completamente livre desses contaminantes e, assim, uma das formas para reduzir a incidência de acidentes envolvendo escorregamento é optar por uma escolha criteriosa de revestimento do piso e pelo uso de sapatos antiderrapantes [2].

A prevenção de deslizamentos é uma importante questão de saúde pública e ocupacional. Avaliar o potencial de deslizamento de diferentes interfaces de sapatos e dos pisos é uma ferramenta utilizada para criar sapatos e pisos que são mais resistentes a deslizamentos e quedas [14].

O desgaste mecânico, a presença de líquidos e de materiais particulados bem como a falta de manutenção afetam fortemente o coeficiente de atrito e conseqüentemente a resistência ao deslizamento [10]. Quando os revestimentos cerâmicos estão assentados em áreas externas estão susceptíveis à ação da umidade, materiais particulados e de óleo entre outros, tornando a superfície ainda mais lisa. Essas superfícies lisas induzem ao escorregamento com inúmeros acidentes [15].

Existem equipamentos para a medição da resistência ao escorregamento ou coeficiente de atrito que variam de pequenos dispositivos portáteis para utilização no campo [16] para grandes dispositivos de laboratório que são capazes de realizar testes sobre uma vasta gama de parâmetros [14]. Para revestimentos cerâmicos existem diferentes normas para a determinação do coeficiente de atrito da superfície, como exemplos têm-se a NBR 16919, ANSI A137.1, DIN 51130, UNE-ENV 12633 [17][18][19][20].

Todos os métodos utilizam como meio deslizante, fazendo o papel do solado do sapato, uma borracha padrão, dessa forma somente a superfície do revestimento cerâmico é a variável do teste. A maioria das medidas de resistência ao deslizamento é realizada com materiais de teste padrão, como neolite, couro ou borracha. No entanto, esses materiais raramente são usados como material de solado de calçados e suas características de fricção podem ser muito diferentes daquelas dos materiais de calçados atuais. Logo, as conclusões baseadas nestes materiais de teste podem conduzir a erros [16].

Para fabricantes de revestimentos e para especificadores, o coeficiente de atrito da superfície é tido como uma das principais preocupações [21]. O risco de escorregamento está relacionado tanto aos calçados como às superfícies do piso, mas já que o primeiro não pode ser definido, a resistência ao deslizamento deve ser fornecida pelo revestimento do piso [22][23].

Texturas extremamente lisas (de baixa rugosidade) reduzem o coeficiente de atrito superficial, em função da menor área de contato existente entre a superfície do revestimento cerâmico e a sola dos calçados, portanto a rugosidade das superfícies é que confere a maior ou menor resistência ao

escorregamento [24]. A rugosidade da superfície afeta o atrito, mas não está claro qual característica de rugosidade é mais bem correlacionada com o coeficiente de fricção [25].

A aspereza, tanto da superfície do piso quanto da sola de sapato, oferece o espaço de drenagem necessário. Este pode ser concebido para o calçado, mas como alguns tipos são inadequados, particularmente após o desgaste, é essencial que a rugosidade seja fornecida pelo revestimento do piso [22].

Desta forma, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a influência de diferentes tipos de solado de calçados no coeficiente de atrito de diferentes superfícies cerâmicas testadas por 3 metodologias, duas delas normatizadas (NBR 16919 e ANSI A137.1), e outra desenvolvida pelos autores. Dessa forma, pode-se verificar se a superfície cerâmica pode assegurar a resistência ao escorregamento necessária para evitar quedas tanto em ambientes laborais quanto em áreas de uso comum em que requeira maior resistência ao escorregamento.

2. MATERIAIS E MÉTODOS:

Para a realização dos testes foram utilizados revestimentos cerâmicos com diferentes tipos de acabamentos superficiais. As superfícies foram: acabamento polido, brilhante, acetinado, natural, com coríndon, com granilha, e com perfil de relevo. Foram avaliados 4 diferentes solados de calçados: solado de calçado de segurança, calçado de passeio, calçado de atividades físicas (tênis) e de chinelo. Os acabamentos das superfícies cerâmicas e solados são mostrados na Tab.1.

Tabela 1. Superfície e solados em teste

Acabamento	Borrachas de teste
Superfície polida	Solado de calçado de segurança
Superfície brilhante	Solado de calçado de passeio
Superfície acetinada	Solado de tênis
Superfície natural	Solado de chinelo
Superfície com aplicação de coríndon	Borracha padrão Tortus
Superfície com aplicação de granilha	Borracha padrão BOT
Superfície com relevo	

O perfil de cada solado testado está representado na Fig.1.



Figura 1. Perfis dos solados utilizados

Os testes foram realizados seguindo três procedimentos diferentes, dois deles normatizados de acordo com a ANSI A137.1, norma americana, e de acordo com a NBR 16919, norma brasileira. O outro procedimento utilizado é uma metodologia proposta pelos autores, descrita nesta seção. A Tab.2 descreve o equipamento utilizado em cada teste bem como a norma seguida.

Tabela 2. Características dos equipamentos utilizados

Equipamento	Modelo	Marca	Norma	Medição
BOT	BOT 3000-E	Regan Scientific	ANSI A137.1	Atrito dinâmico
Desenvolvido	-	-	-	Atrito dinâmico
Tortus	Tortus 3	Wessex	NBR 16919	Atrito dinâmico

A partir do solado de cada calçado foi preparada a superfície deslizante de acordo com a necessidade de cada equipamento. O Tortus requer uma superfície deslizante em formato cilíndrico, enquanto o BOT e o equipamento desenvolvido requerem formato plano. As superfícies deslizantes utilizadas para cada caso são mostradas na Figura 2, onde podem ser observadas as superfícies de teste já acopladas no dispositivo de cada equipamento, em vista superior e lateral.

	Vista	Tortus	BOT	Calçado Segurança	Calçado Passeio	Calçado Esportivo	Calçado Chinelo
Equipamento Tortus	Superior						
	Lateral						
Equipamento BOT	Superior	X					
	Lateral	X					
Equipamento desenvolvido	Superior	X					
	Lateral	X					

Figura 2. Superfícies deslizantes

Como já descrito, o Tortus e o BOT já possuem uma borracha padrão de teste, portanto os testes foram realizados com a borracha padrão e com os solados selecionados e descritos na Tab.1. O teste desenvolvido pelos autores não possui uma borracha padrão e, portanto, foram testados apenas os solados selecionados. Em um primeiro momento o teste foi realizado em superfície limpa, isenta de sujidades e umidade, e em um segundo momento em superfície úmida com uma lâmina de água cobrindo o revestimento.

O coeficiente de atrito medido pode ser o dinâmico ou estático, porém praticamente todos os autores da Europa, bem como os da América do Norte que têm estudado a relação entre coeficiente de atrito e escorregamento concordam que o coeficiente de atrito dinâmico é mais relevante que o estático [26]. Portanto, optou-se em considerar apenas o atrito dinâmico que é o mais relevante para as análises nesse trabalho.

Com exceção do método desenvolvido nesse trabalho, os demais são detalhadamente descritos na literatura, portanto será dada ênfase na descrição do novo método.

No método elaborada para a determinação do coeficiente de atrito dinâmico (μ_d), o corpo de prova, que possui uma massa (m), é constituído por um bloco acoplado a um solado de borracha. Importante notar que o tipo de borracha utilizada será uma variável explorada neste estudo, com a análise de diferentes tipos de borracha. O conjunto formado pelo bloco e pela borracha é conectado a um fio que passa por uma roldana. Na extremidade oposta desse fio há um bloco suspenso com uma massa conhecida. A força gerada pelo peso do bloco suspenso é responsável por deslocar o conjunto composto pelo bloco e pela borracha sobre a superfície do revestimento cerâmico, conforme ilustrado na Fig.3.

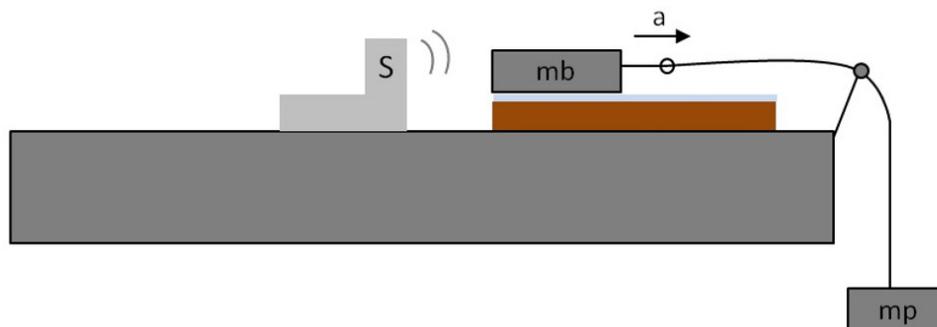


Figura 3. Aparato experimental para determinação do coeficiente de atrito dinâmico pelo método elaborada pelos autores

Uma das etapas para a determinação do coeficiente de atrito dinâmico foi realizada ajustando-se uma curva quadrática a um conjunto de dados obtidos com um sensor de movimento (Vernier® Go Motion) (S, na Fig.3). Para o ajuste de curva, utilizou-se o software Logger Pro, que fornece o valor do parâmetro $\frac{1}{2} a$, do qual obtém-se o valor da aceleração do bloco.

O coeficiente de atrito dinâmico foi calculado com base na eq.1:

$$\mu_d = \frac{(mp \cdot g) - (mb \cdot a) - (mp \cdot a)}{mp \cdot g} \quad (01)$$

Onde, μ_d é o coeficiente de atrito dinâmico, mp a massa do pêndulo (kg), mb a massa do conjunto composto pelo bloco + borracha (kg), a é a aceleração do bloco (m/s^2), e g a aceleração da gravidade (m/s^2). Assim, utilizando o valor da aceleração medida pelo sensor de movimento, e as massas dos objetos, é possível encontrar o coeficiente de atrito do material dinâmico no plano inclinado. É importante destacar que foram realizados ensaios em apenas uma amostra de placa cerâmica, uma vez que o foco estava na avaliação da borracha. Portanto, fixou-se uma amostra para cada tipo de superfície cerâmica. Com relação à análise estatística, foi feito o cálculo dos desvios padrão das medições, que estão representados de forma gráfica nos resultados.

Além do coeficiente de atrito foram analisadas a dureza das borrachas/solados testados pelo método Shore (Westop Type). A avaliação da rugosidade das superfícies de revestimento cerâmico foi determinada por meio de perfilometria de contato mecânica, utilizando um perfilômetro (Mitutoyo SJ201-P).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO:

As figuras a seguir representam os resultados das medições de coeficiente de atrito nas condições secas e úmidas de cada uma das superfícies testadas. No decorrer dos testes houve grande dificuldade em se realizar os ensaios para medição do coeficiente de atrito nas duas superfícies mais lisas, a polida e a brilhante, e em poucos casos nas superfícies natural e acetinada. Nessas superfícies observou-se uma grande dificuldade na movimentação das borrachas/solados testados. A esse fenômeno dá-se o nome de 'soldagem a frio', também conhecido como stick-slip na área de Tribologia, em que ocorre a aderência entre duas superfícies com rugosidade reduzida que se deslocam lentamente em contato deslizante [27]. No contato, átomos de uma superfície interagem com átomos da outra superfície, o que faz com que a eletrosfera de um átomo seja atraída pelo núcleo de outro átomo devido às forças eletrostáticas. Esse fenômeno ocorre entre todos os tipos de superfícies. Porém, no caso de superfícies mais lisas há mais pontos de contato e, portanto, a força necessária para que ocorra a movimentação da superfície deslizante deve ser maior.

A Fig.4 mostra os resultados de coeficiente de atrito a seco e úmido na superfície do revestimento cerâmico acetinado. Percebe-se que o método utilizando o Tortus apresentou resultados de atrito na condição seca mais elevados para praticamente todas as superfícies deslizantes testadas, o que não se repete para a condição úmida. Também foi possível observar que para essa superfície de revestimento cerâmico (acetinada) houve uma diminuição nos valores de coeficiente de atrito a

úmido, quando comparada com a condição seca. Também se constatou que houve uma grande variação nos resultados das superfícies deslizantes (calçados), portanto não foi possível constatar qual tipo de calçado apresentou melhores resultados. Vale ressaltar que a borracha utilizada no Tortus é um cilindro de pequenas dimensões, diferindo das borrachas empregadas nos demais testes, que têm maiores dimensões. Devido a isso, não foi possível adaptar a borracha do Tortus aos outros equipamentos, resultando na ausência de algumas medidas de coeficiente de atrito, como pode ser observado nos gráficos.

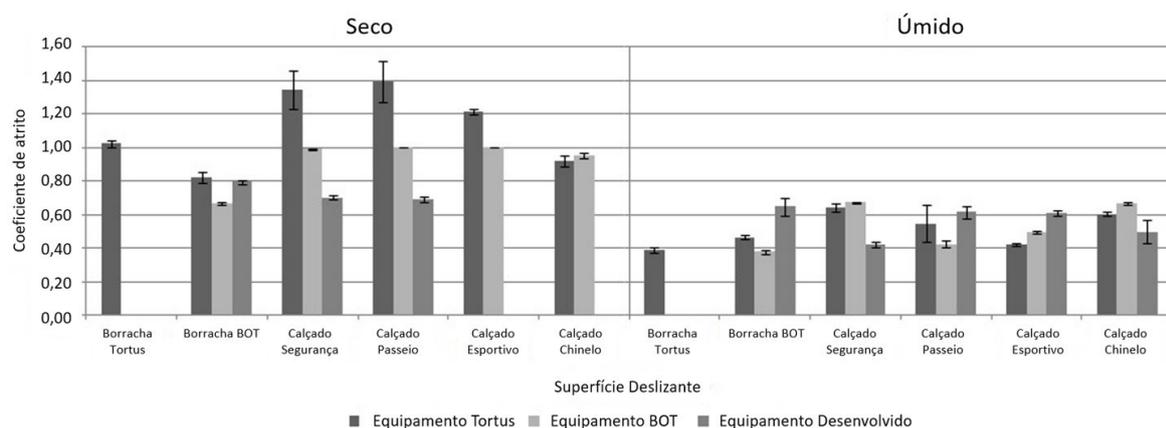


Figura 4. Coeficiente de atrito de superfície acetinada

A Fig.5 representa os resultados de coeficiente de atrito para a superfície polida. Como já citado, por se tratar de uma superfície extremamente lisa, comprovada pelas medições dos parâmetros de rugosidade posteriormente apresentados, ocorreu o fenômeno de soldagem a frio durante a realização dos testes. Portanto os resultados apresentados no gráfico devem ter sido influenciados por esse efeito, o que explica valores tão elevados de coeficiente de atrito, em alguns casos próximos a 2,0. Mais uma vez foi observada a redução dos valores de coeficiente de atrito na condição úmida. Entretanto, no equipamento desenvolvido para a condição úmida os testes realizados demonstraram resultados maiores com praticamente todas as superfícies de calçados testadas, exceto para o calçado de segurança.

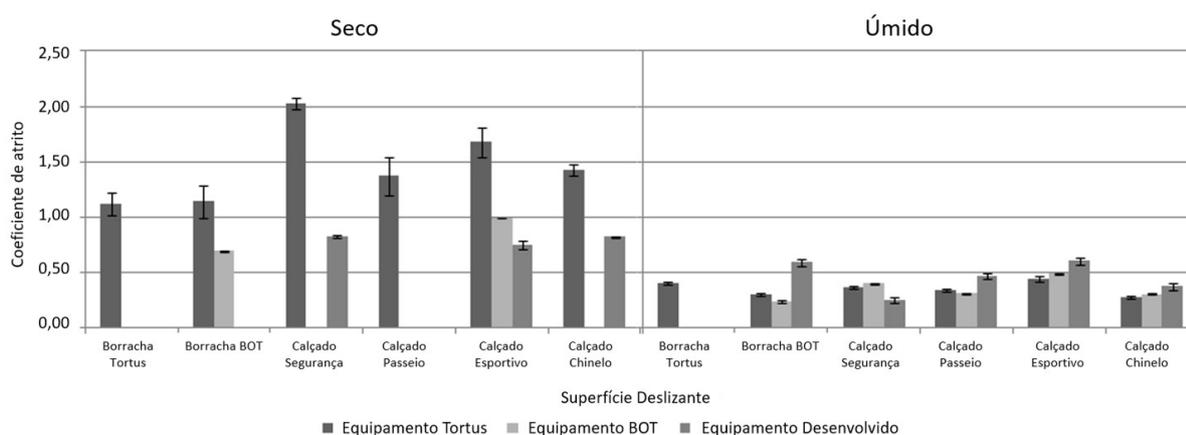


Figura 5. Coeficiente de atrito de superfície polida

A Fig.6 representa os resultados de coeficiente de atrito da superfície natural. Mais uma vez verificou-se que o equipamento desenvolvido mostra resultados maiores de coeficiente de atrito na condição úmida, enquanto o Tortus mostra os maiores resultados de coeficiente de atrito na condição seca.

Os calçados de passeio e esportivo foram os que apresentaram menores valores, o calçado de segurança e chinelo apresentaram maiores valores.

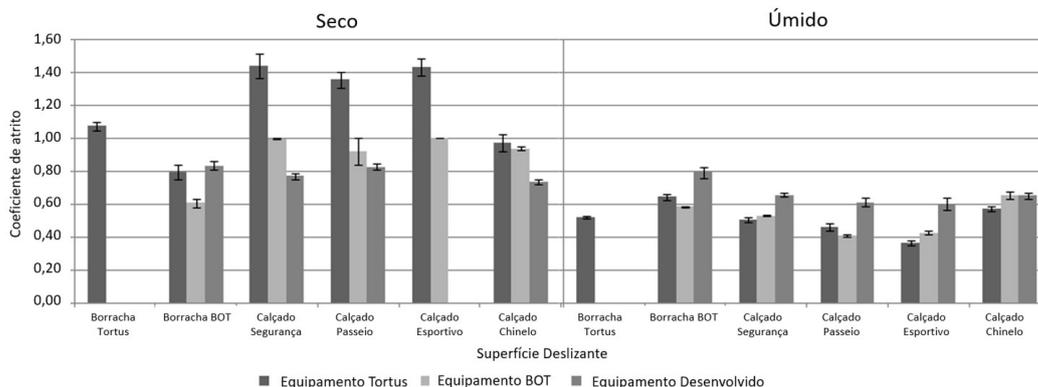


Figura 6. Coeficiente de atrito de superfície natural

A Fig.7 mostra os resultados de coeficiente de atrito na superfície brilhante. Mais uma vez o Tortus apresentou valores maiores na condição seca. Na condição úmida o equipamento desenvolvido apresentou os maiores valores de coeficiente de atrito, exceto para o calçado de segurança. Na superfície brilhante também foi notada uma redução do coeficiente de atrito na condição úmida.

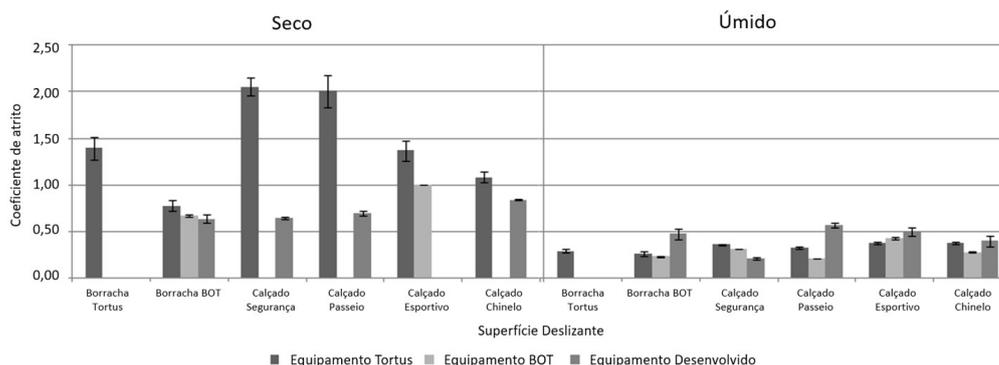


Figura 7. Coeficiente de atrito de superfície brilhante

A Fig.8 mostra os resultados de coeficiente de atrito para a superfície granilhada. Os resultados são muito variáveis tanto quando se avalia o equipamento como quando se avalia o calçado. Entretanto, é visível que nessa superfície não houve uma diferença expressiva entre o coeficiente de atrito a seco e a úmido, o que se deve à grande rugosidade da superfície do revestimento cerâmico, comprovada pelos parâmetros de rugosidade medidos. O calçado esportivo foi o que apresentou os menores valores de μ_d .

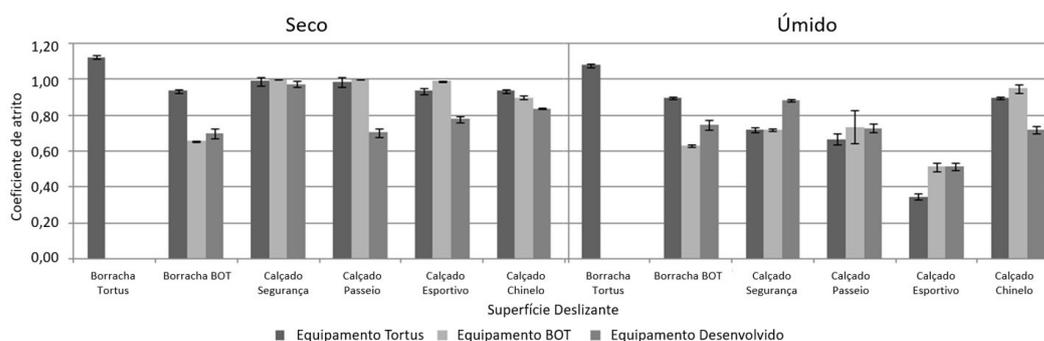


Figura 8. Coeficiente de atrito de superfície granilhada

A Fig.9 mostra os resultados de coeficiente de atrito da superfície com cobertura de coríndon. Novamente o calçado esportivo apresentou os menores valores de μ_d , seguido pelo calçado de passeio. Quanto as demais superfícies e equipamentos, novamente foi verificada uma grande variação dos resultados. Exceto para os testes realizados com o calçado esportivo, não houve uma redução tão grande do coeficiente de atrito a úmido quando comparado com a condição seca. Essa superfície também possui uma rugosidade superficial maior.

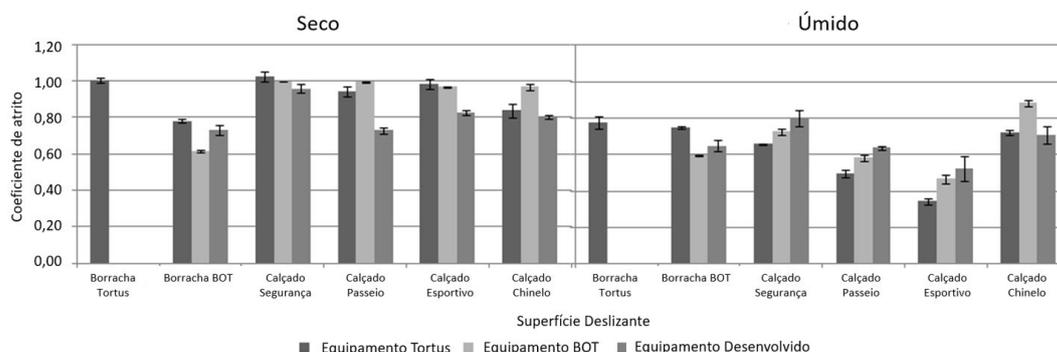


Figura 9. Coeficiente de atrito de superfície com coríndon

A Fig.10 representa os resultados dos testes na superfície de revestimento cerâmico com relevo acentuado e com cobertura de coríndon. Nessa superfície os resultados foram semelhantes aos da superfície com coríndon apresentada anteriormente, pois o calçado esportivo e de passeio apresentaram os piores resultados na condição úmida.

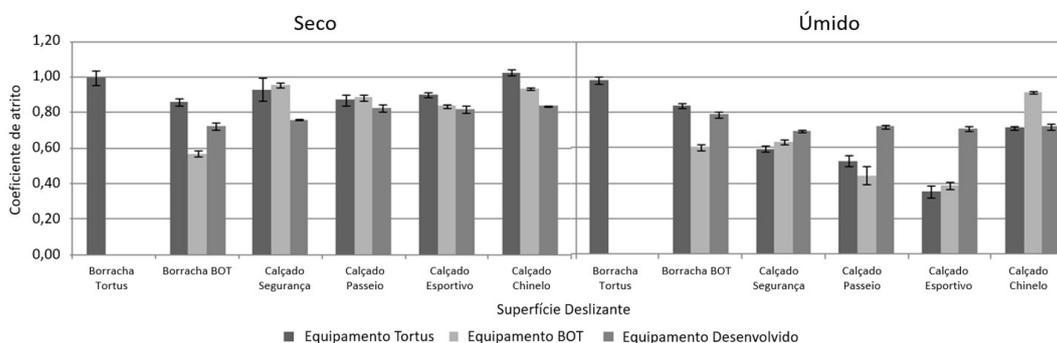


Figura 10. Coeficiente de atrito de superfície com coríndon e relevo

Em uma avaliação global de todos os resultados se percebeu que não houve uma tendência definida, de forma que não se pode afirmar qual equipamento tende a apresentar valores maiores ou menores, nem qual superfície deslizante de calçado é melhor para que se evitem escorregamentos. Esses resultados mostram que o coeficiente de atrito não deve ser tratado como uma característica física que depende apenas das superfícies em contato, da superfície do revestimento cerâmico e da superfície deslizante. O coeficiente de atrito também depende de outros fatores como por exemplo da condição do meio, seca e úmida, e da forma como ele é medido.

Tendo em vista que o movimento de deslizamento é o mesmo nos três equipamentos testados, é possível afirmar que outras variáveis como a área da superfície deslizante, e o peso aplicado sobre a mesma podem ter grande influência nos resultados.

Apesar disso, nos testes apresentados ficou claro que as superfícies apresentam diferentes desempenhos no teste de coeficiente de atrito. As superfícies granilhada, com coríndon e com coríndon e relevo foram as superfícies que apresentaram menor redução de coeficiente de atrito quando comparada a condição seca e úmida. Esses resultados podem ser explicados observando os parâmetros de rugosidade medidos e apresentados na Fig.11.

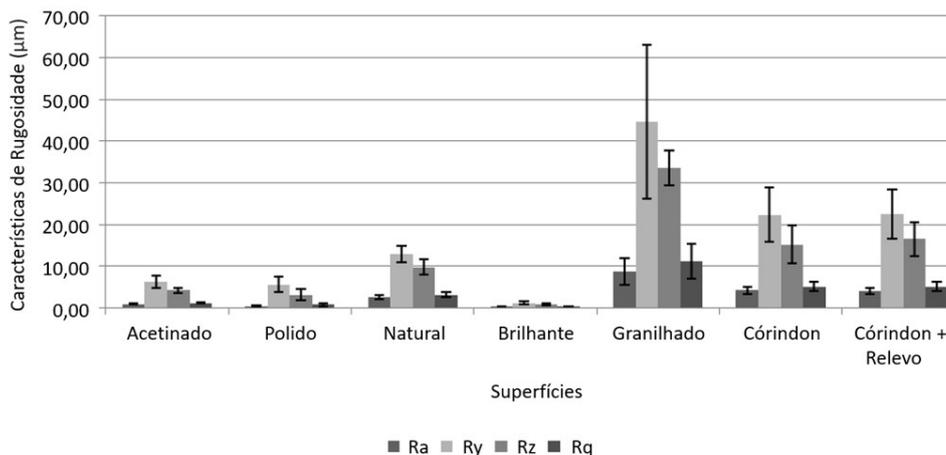


Figura 11. Parâmetros de rugosidade

O parâmetro Ra indica a média aritmética dos valores absolutos da altura do relevo, e são maiores nas superfícies mais ásperas, como as superfícies granilhadas e com coríndon. As superfícies acetinadas, polidas e brilhantes apresentaram valores muito próximos a 0 µm, o que explica os resultados de coeficiente de atrito tão baixos na condição úmida, e explica o fenômeno de solda a frio. Os parâmetros Ry e Rz estão relacionados à amplitude do perfil de rugosidade, indicam a altura dos vales e picos, ou seja, reentrâncias e saliências. As superfícies granilhadas e com coríndon apresentaram valores bastante elevados para esses parâmetros. O grande desvio das medidas pode ser explicado pela ocorrência de uma grande variação de alturas de vales e picos por toda a superfície, sendo difícil portanto obter-se valores parecidos em medições sucessivas. Já as superfícies menos rugosas possuem um perfil de rugosidade mais homogêneo por toda a sua superfície, por isso o desvio indicado é muito menor que nas superfícies citadas anteriormente. Por fim, o parâmetro Rq representa a raiz quadrada média das alturas de pico em relação à linha média e de vale até linha média.

A Fig.12 mostra a dureza Shore das borrachas testadas. O calçado esportivo apresentou um maior desvio dos valores medidos, pois seu solado é composto por diferentes tipos de borracha, e nos testes foram avaliadas apenas as borrachas que compõem a maior extensão do solado do calçado. Com exceção do calçado do tipo chinelo, todos os calçados apresentaram dureza muito próximas, estatisticamente podem ser consideradas iguais, enquanto a borracha do equipamento BOT apresentou dureza consideravelmente maior que as demais. Não é possível estabelecer uma correlação direta entre a dureza da superfície deslizante e o coeficiente de atrito medido, o que reforça que outras variáveis influenciam nos valores medidos de coeficiente de atrito, conforme já citado anteriormente.

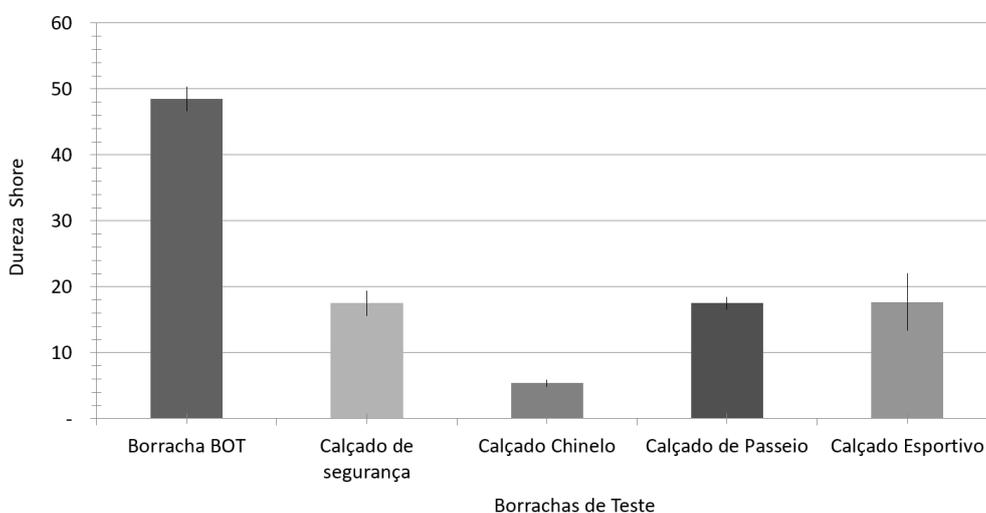


Figura 12. Dureza Shore das borrachas de teste

4. CONCLUSÕES:

Após a análise dos resultados, ficou claro que o coeficiente de atrito não é uma característica dependente apenas da interação entre a superfície fixa e a superfície deslizante, outros fatores devem ser considerados como variáveis do teste para determinação do seu valor. Não foi possível determinar um tipo de calçado que tenha um ótimo comportamento anti escorregamento em todos os tipos de superfície na qual um pedestre irá caminhar, pois um calçado pode contribuir com uma boa resistência ao escorregamento em uma determinada superfície, porém não ser tão eficiente em outra superfície com outro perfil de rugosidade.

Pode-se dizer que, em geral, quanto maior a rugosidade de uma superfície, representada pelos parâmetros Ra, Ry, Rz e Rq, maior será sua resistência ao escorregamento. Portanto, diante de tantas variáveis que envolvem a medição do coeficiente de atrito, a medição da rugosidade é uma característica bastante conveniente para aferição da resistência ao escorregamento de uma superfície. Verificou-se também que com a presença de um fluido o coeficiente de atrito diminui consideravelmente nas superfícies com índice de rugosidade baixo.

Por fim, os métodos de medição de coeficiente de atrito apresentam valores diferentes para as diversas situações. Apesar de apresentarem uma boa repetibilidade, indicada por um baixo desvio padrão entre as medidas em uma mesma condição, elas não apresentam correlações que possibilitem assegurar que um método é superior ao outro ou que um determinado tipo de calçado se sobressai a outro com relação à segurança para evitar escorregamentos.

AGRADECIMENTOS:

Os autores agradecem ao departamento de garantia da qualidade da empresa Mohawk Brasil e seus colaboradores pela disponibilização dos equipamentos, colaboração e orientação, e ao professor Elcio Angioletto pelo auxílio na execução do trabalho.

REFERÊNCIAS:

- [1] Wetzel C, 2012. Rutschhemmungsmatrix. Wuppertal: Curso de Tecnologia de Segurança, Departamento de Tecnologia de Segurança, Bergische Universität Wuppertal.
- [2] Leclercq S, Tisserand M, Saulnier H, 1994. Assessment of the slip-resistance of floors in the laboratory and in the field. Two complementary methods for two applications. *International Journal of Industrial Ergonomics* 13, 297-305.
- [3] Tisserand M, 1977. Adherence des semelles des chaussures d'atelier. *Travail et Sécurité* 180-185.
- [4] Choi S-K, Kudoh R, Koga J, Mikami T, Yokoyama Y, Takahashi H, Ono H, 2015. A comparative evaluation of floor slip resistance test methods. *Construction and Building Materials* 94, 737-745. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.07.152>
- [5] Matz S, Gronqvist R, 2004. Comparing two methods of data collection for walkway friction measurements with a portable slip meter and a force platform. *Safety Science* 42, 483-492.
- [6] Grönqvist R, Chang W R, Courtney T K, Leamon T B, Redfern M S, Strandberg L, 2001. Measurement of slipperiness. *Fundamental concepts and definitions. Ergonomics* 44, 13, 1102–1117.
- [7] Redfern M, Cham R, Gielo-Perczak K, Grönqvist R, Hirvonen M, Lansnammar H, Marpet M, Pai Y-C, Powers C, 2001. Biomechanics of slips. *Ergonomics* 44, 13, 1138–1166.
- [8] Salzman M D, 2010. Gait and balance disorders in older adults. *Am. Fam. Physician* 82, 61e68.
- [9] Silva-Smith A L, Kluge M A, LeCompte M, Snook A, 2013. Improving staff reports of false in assisted living. *Clin. Nut. Res.* 22, 448e460.
- [10] Kim I-J, Hsiao H, Simeonov P, 2013. Functional levels of floor surface roughness for the prevention of slips and falls: clean-and-dry and soapsuds-covered wet surfaces. *Applied Ergonomics* 44, 1, 58-64. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apergo.2012.04.010>
- [11] Kim I, Nagata H, 2008. Research on slip resistance measurement. A new challenge. *Ind. Health* 46, 66e76.
- [12] Lockhart T, Woldstad J, Smith J, 2003. Effects of age-related gait changes on the biomechanics of slips and falls. *Ergonomics* 46, 1136e1160.
- [13] Kleiner A F R, Galli M, Carmo A A, Barros R M L, 2015. Effects of flooring on required coefficient of friction: elderly adult vs. middle-aged adult barefoot gait. *Applied Ergonomics* 50, 147-152. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apergo.2015.02.010>
- [14] Beschorner K E, Redfern M S, Porter W L, Debski R E, 2007. Effects of slip testing parameters on measured coefficient of friction. *Applied Ergonomics* 38, 6, 773-780. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apergo.2006.10.005>
- [15] Derler S, Huber R, Kausch F, Meyer V R, 2015. Effectiveness, durability, and wear of anti-slip treatments for resilient floor coverings. *Safety Science* 76, 2-20. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ssci.2015.02.002>
- [16] Chang W R, Matz S, 2001. The slip resistance of common footwear materials measured with two slipmeters. *Appl. Ergon.* 32, 549–558.
- [17] NBR 16919, 2020. Placas cerâmicas. Determinação do coeficiente de atrito. Rio de Janeiro, Associação Brasileira de Normas Técnicas.

-
- [18] A137.1, 2012. American national standard specifications for ceramic tile. Clemson: American National Standards Institute.
- [19] DIN 51130, 2004. Testing of floor coverings. Determination of the anti-slip properties. Berlin: Deutsches Institut für Normung.
- [20] UNE-ENV 12633, 2003. Método de determinação do valor da resistência ao deslizamento/escorregamento de pavimentos polidos e não polidos. Norma Européia.
- [21] Zamora T, Alcántara E, Artacho M Á, Valero M, 2011. Existence of an optimum dynamic coefficient of friction and the influence on human gait variability. *International Journal of Industrial Ergonomics* 41, 5, 410-417. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ergon.2011.05.004>
- [22] Harris G W, Shaw S R, 1988. Slip resistance of floors. Users' opinions. Tortus instrument readings and roughness measurement. *Journal of Occupational Accidents* 9, 287-298.
- [23] Kim I-J, 2016. Identifying shoe wear mechanisms and associated tribological characteristics: Importance for slip resistance evaluation. *Wear* 360-361, 77-86. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wear.2016.04.020>
- [24] Parra B S, Gennar R C, Melchiades F G, Boschi A O, 2006. Rugosidade superficial de revestimentos cerâmicos. *Cerâmica Industrial* 2, 11, 15-18.
- [25] Chang W, 2002. The effects of surface roughness and contaminants on the dynamic friction between porcelain tile and vulcanized rubber. *Safety Science* 40, 577-591.
- [26] Skiba R, Kuschefski A, Cziuk N, 1987. *Entwicklungeinesnormgerechten prfifverfahrenszur ermittlung der gleitsicherheit von schuhsohlen*. Dortmund: Schriftenreihe der Bundesanstaltffir Arbeitsschutz 197.
- [27] Franceschini J, 2014. Avaliação do fenômeno stick-slip em materiais de fricção com utilização de um tribômetro. Porto Alegre: Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.