

FRICTORQ, Tribómetro para Avaliação Objectiva de Superfícies Têxteis

M. Lima ⁽¹⁾, L. F. Silva ⁽¹⁾, R. Vasconcelos ⁽²⁾, J. Martins ⁽¹⁾, L. Hes ⁽³⁾

mlima@dem.uminho.pt, lffsilva@dem.uminho.pt, rosa@det.uminho.pt, jcmartins@dem.uminho.pt, lubos.hes@vslib.cz

⁽¹⁾ Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade do Minho, Portugal

⁽²⁾ Departamento de Engenharia Têxtil, Universidade do Minho, Portugal

⁽³⁾ Departamento de Engenharia Têxtil, Technical University of Liberec, Czech Republic

Resumo

Muitos materiais têxteis, senão mesmo a sua grande maioria, são usados ou estão em contacto com o ser humano. São inúmeras as aplicações em que estes materiais estão em contacto com o corpo e as mãos, como é o caso do vestuário e dos têxteis lar, e mesmo os têxteis técnicos em algumas aplicações especiais, entre outras.

O conceito de vestuário, assim visto como a nossa segunda pele, está intimamente relacionado com uma enorme variedade de tecidos, que surgem, naturalmente, em função das exigências e das evoluções da moda. Neste sentido, e com especial ênfase no vestuário, existem vários parâmetros que permitem avaliar a qualidade e a aplicabilidade de tecidos. O coeficiente de atrito é um desses parâmetros, sendo um dos principais indicadores para a avaliação objectiva de um conceito vulgarmente conhecido por *toque*.

Este artigo pretende rever os principais desenvolvimentos que conduziram à concepção, construção e aperfeiçoamento de um aparelho para a medição do coeficiente de atrito de tecidos, que fosse de utilização simples, preciso e com um custo aceitável. De acordo com os últimos desenvolvimentos, também aqui analisados e discutidos, é possível concluir que o protótipo concebido é preciso e fiável, mostrando os resultados obtidos um comportamento comparável com outro instrumento com reconhecimento mundial, o sistema japonês KES (*Kawabata Evaluation System*).

1. Introdução

Uma importante característica dos tecidos, especialmente em aplicações de vestuário mas também para utilizações técnicas, é o seu coeficiente de atrito. Este é um dos parâmetros mais importantes na avaliação objectiva de um factor usualmente conhecido por *toque*, de difícil definição e medição, mas que está associado a uma quantificação do nível de conforto proporcionado no contacto entre o vestuário e a pele do corpo humano. É até prática corrente deslizar as pontas dos dedos sobre um tecido para fazer essa avaliação. Este parâmetro reveste também particular importância em alguns processos da indústria do vestuário, nomeadamente nas operações de costura, contribuindo para a estabilidade das diferentes camadas de tecido, que se devem manter juntas e sem movimento relativo durante o processo.

Várias contribuições foram dadas no passado ao estudo deste assunto e algumas resultaram mesmo em equipamentos laboratoriais, nem sempre de fácil utilização ou então com resultados pouco fiáveis ou custos demasiado elevados. Com o projecto que aqui se apresenta desenvolveu-se um novo conceito que resultou num protótipo de um equipamento laboratorial para a medição do coeficiente de atrito de tecidos que possa ser utilizado para a sua caracterização objectiva, nomeadamente em termos de acabamento superficial e, associado a este, uma medida do seu grau de conforto. Pretendeu-se também que este fosse de utilização simples, preciso e com um custo aceitável. Este protótipo, desenvolvido na Universidade do Minho, e que foi apelidado de FRICTORQ (acrónimo do inglês **FR**iction + **TOR**que), está protegido pela Patente Portuguesa N.º 102790, com o título: “*Método e Aparelho para a Determinação do Coeficiente de Atrito de Materiais Sólidos Planos*”, desde 12 de Junho de 2002.

Ao contrário de outros métodos, este equipamento tem um princípio de funcionamento baseado numa actuação rotativa e, conseqüentemente, na medição de um momento de torção reactivo gerado pelo movimento de arrasto entre dois corpos. O aparelho é composto, essencialmente, por:

- 1- Um sensor de binário de precisão reactivo com o respectivo sistema de aquisição de dados,
- 2- Um motor de Corrente Contínua (a 12 Volts) com um redutor de engrenagens e uma correia dentada para accionar o prato de suporte da amostra inferior, e

- 3- Uma aplicação informática que faz a gestão e o controlo de todo o sistema, permitindo a visualização e a recolha dos dados obtidos para posterior tratamento gráfico e estatístico.

Neste artigo serão abordados o estado da arte, a fundamentação teórica conducente ao desenvolvimento do protótipo inicial (FRICTORQ I) e a sua posterior evolução para um novo protótipo (FRICTORQ II), baseado num modelo consideravelmente diferente. Nos pontos seguintes será ainda feita referência a algumas fases de trabalho experimental com análise e discussão dos resultados obtidos com diferentes ensaios de tecidos.

2. O Estado da Arte

O coeficiente de atrito não é uma característica intrínseca de um material ou de uma superfície, mas antes resulta do contacto entre duas superfícies [1]. Um método simples para medir o coeficiente de atrito estático consiste em colocar um tecido sobre uma superfície plana horizontal e sobre este, um corpo de prova normalizado com uma superfície de contacto plana. Levantando uma extremidade da superfície obtém-se um plano inclinado. Quando o corpo de prova começa a deslizar, o que pode ser detectado por um sensor apropriado, o *coeficiente de atrito estático* é dado pela tangente do ângulo da plataforma com o plano horizontal.

Um método para determinar o coeficiente de atrito cinético consiste em colocar uma amostra rectangular de tecido, presa por dois lados opostos, sobre uma superfície plana, à qual é aplicada uma pequena tensão preestabelecida. Um corpo de prova normalizado é posto em contacto com o tecido sob a acção de uma força normal. A amostra é então movida numa determinada direcção e sentido a uma velocidade constante de aproximadamente 1 mm/s. Após um deslocamento de cerca de 3 cm, o movimento é invertido no sentido contrário. O coeficiente de atrito cinético é obtido pela razão entre a força tangencial, medida com um transdutor apropriado, e a força normal. Este é o princípio usado no sistema Japonês KES, Kawabata Evaluation System [2], baseado nos trabalhos de investigação do Professor Suet Kawabata na Universidade de Quioto, Japão, e mais tarde desenvolvido pela empresa Japonesa, Kato Tech. Todavia, o sistema KES ainda não se conseguiu impor completamente, em especial na indústria, principalmente devido ao seu elevado custo.

Outra contribuição foi proposta pela Universidade da Alta Alsácia, Mulhouse, França [3]. O princípio consiste também em arrastar um corpo de prova apropriado sobre uma amostra de tecido e medir a força de atrito. Alternativamente, embora com alcance diferente, propõe-se o uso de um sensor sem contacto para medir a rugosidade superficial do tecido.

Todos os sistemas anteriormente descritos têm dois aspectos em comum: há um corpo de prova que é necessário definir e normalizar a arrastar contra o tecido e, quando aplicável, o resultado final é baseado na medição de uma força de atrito.

3. Primeiros Desenvolvimentos: FRICTORQ I

3.1. Abordagem Teórica

O primeiro desenvolvimento conduziu a um equipamento de ensaio cujo princípio de funcionamento se baseia no de uma embraiagem de disco seca, onde um corpo plano com uma configuração anelar, como o representado na figura 1, é arrastado sobre uma outra superfície plana, com movimento de rotação em torno de um eixo perpendicular ao plano de contacto, sob a acção de uma determinada força normal, P , de onde resulta uma pressão de contacto uniformemente distribuída.

Há assim dois provetes: um superior, que é anelar, é colocado sobre o inferior, plano e horizontal. Um dos provetes é colocado em movimento de rotação relativamente ao outro, com uma velocidade angular muito baixa e constante, em relação a um eixo vertical que passa pelo centro geométrico da forma anelar. O coeficiente de atrito é então proporcional ao valor do binário medido pelo sensor de alta sensibilidade.

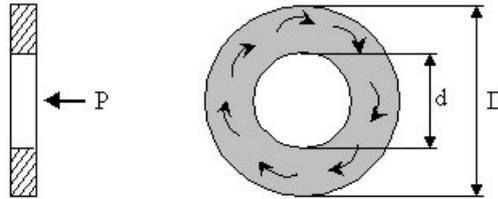


Figura 1 – Geometria do modelo teórico adoptado para o primeiro protótipo (FRICTORQ I)

A pressão de contacto entre os dois provetes é constante, sendo dada pelo peso próprio do bloco metálico de ao qual o provete superior é fixado mais o próprio provete. Neste modelo, o binário T , é dado por:

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \mu \cdot \int_{d/2}^{D/2} p \cdot r^2 \cdot dr \quad (1)$$

onde μ é o coeficiente de atrito, D e d são os diâmetros (exterior e interior) do anel da amostra superior, r é o raio e p é a pressão de contacto. Integrando e substituindo p pelo seu valor dado por:

$$p = \frac{P}{A} = \frac{4 \cdot P}{\pi \cdot (D^2 - d^2)} \quad (2)$$

a equação para o coeficiente de atrito resulta:

$$\mu = \frac{3 \cdot T}{P} \cdot \frac{D^2 - d^2}{D^3 - d^3} \quad (3)$$

3.2. O Equipamento

Como foi referido anteriormente, este equipamento é constituído por um sensor de binário, com o respectivo sistema de aquisição de dados, por um motor DC com redutor de engrenagens para accionar o suporte da amostra inferior, e, finalmente, uma aplicação informática que faz a gestão e controlo de todo o sistema. O sensor de binário utilizado para esta aplicação permite medir valores de binário até 10 cNm, sendo o controlo do equipamento realizado por intermédio de um computador pessoal (PC) que faz a leitura e a gestão dos sinais de entrada e saída, através de um programa desenvolvido em Visual Basic (ambiente Windows). A figura 2 mostra o painel frontal do programa inicialmente concebido, após a realização de um conjunto de ensaios ainda durante as fases iniciais de desenvolvimento do primeiro protótipo.

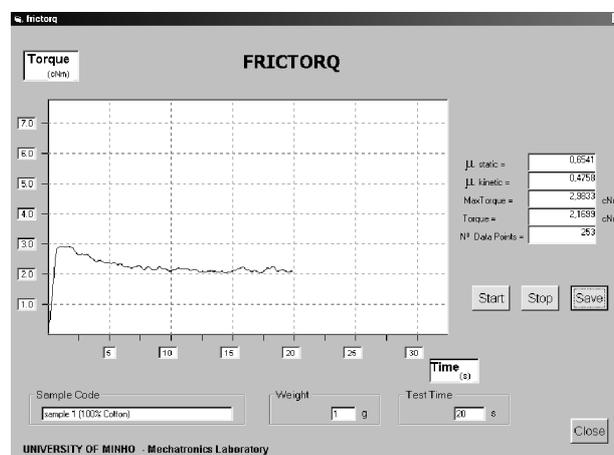


Figura 2 – Resultado característico obtido com o FRICTORQ I para um provete de tecido 100% algodão

Um conjunto de experiências e de ensaios sistemáticos permitiram avaliar o modelo inicialmente proposto e reformular/redesenhar o sistema de aperto e de acondicionamento dos provetes, bem como a localização e a fixação do sensor de binário sem perturbar, contudo, a área/zona reservada ao teste dos tecidos. Toda esta aprendizagem inicial permitiu projectar o equipamento FRICTORQ I, com a montagem do sensor de binário na parte superior da estrutura fixa do equipamento e alinhado, coaxialmente, com o eixo de simetria do corpo superior para a fixação do provete (superior) do tecido a ensaiar. Este corpo foi dimensionado, posteriormente, para funcionar como um corpo padrão, garantindo uma pressão de contacto de 2.9 kPa (ou de 3.5, 10 kPa ou mesmo superior) e uma velocidade linear (medida sobre o raio médio da superfície de contacto) de 1.77 mm/s. A figura 3 mostra uma vista geral do equipamento FRICTORQ I na sua versão tecido-contra-tecido e um pormenor do sistema de fixação dos tecidos (superior e inferior) dos tecidos, enquanto que na figura 4 se mostram dois corpos padrão desenvolvidos para substituir o provete superior. As diferentes fases de desenvolvimento deste equipamento, aqui resumidas, foram já objecto de publicação noutros encontros científicos [4, 5], onde estes aspectos foram detalhadamente descritos, analisados e discutidos.

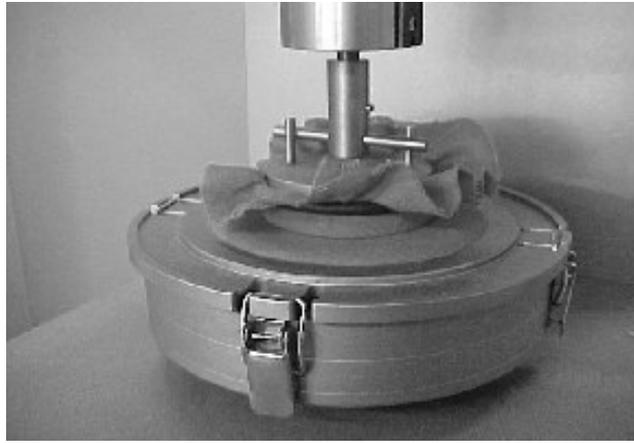


Figura 3 – FRICTORQ I, na modalidade tecido-contra-tecido

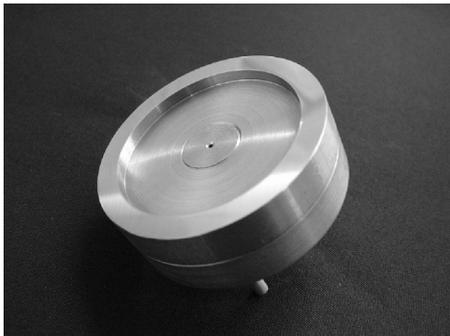


Figura 4 – Corpos padrão **SMB** com 0,1 µm para Ra (esquerda) e **TMB** (direita) adoptados para o equipamento FRICTORQ I

3.3. Procedimento para a Realização de Ensaios

Uma vez colocados os provetes, tendo em conta diversos tipos de precauções (a não existência de rugas nos provetes e que a sua superfície se encontra livre de quaisquer impurezas, depois de colocadas em repouso durante 24 h em atmosfera padronizada [6]), o operador deverá introduzir um código de referência dos provetes dos tecidos a ensaiar, o peso do provete superior, previamente determinado numa balança de precisão (e que vai ser adicionado ao valor de P, citado anteriormente), e, finalmente, o tempo desejado para a duração do ensaio no programa desenvolvido para este efeito. Seguidamente é dada a

ordem para a activação do motor, através da porta paralela do PC. Os valores de binário são recebidos, sob a forma de uma “string”, pela porta série e são representados em tempo real num gráfico como o apresentado na figura 2. Durante o tempo de ensaio, os valores obtidos pelo sensor de binário são enviados para o PC. No fim do ensaio, é determinado o valor do binário de atrito, calculando a média dos valores recebidos e o coeficiente de atrito através da equação 3. Os resultados são de seguida guardados numa folha de cálculo para posterior tratamento estatístico e gráfico.

No seu modelo original (figura 3), este equipamento baseava a determinação do coeficiente de atrito na utilização de um corpo de contacto de forma anelar onde era montado um provete de tecido (dito superior) e que era arrastado sobre uma superfície plana definida pelo outro provete de tecido (designado por inferior), com uma velocidade angular constante. Podia-se usar o mesmo tecido ou tecidos diferentes ou ainda, numa fase mais avançada, um tecido padrão que também é utilizado na têxtil para outro tipo de ensaios, chamados de desgaste ou abrasão. Mais tarde optou-se por investigar uma superfície metálica de referência, a que se chamou Corpo Padrão, tendo-se trabalhado com dois tipos: um liso, a que se chamou SMB (*Smooth Metallic Body*) com $0,1 \mu\text{m}$ para Ra e um rugoso, a que se chamou TMB (*Textured Metallic Body*), que se encontram representados na figura 4.

4. Análise e Discussão dos Resultados Obtidos

O ensaio de um provete de tecido com o FRICTORQ I foi experimentalmente ajustado para uma duração de 20 segundos. A figura 2 mostra o resultado de um ensaio efectuado com um tecido 100% algodão, onde se mostram, inclusivamente, outros parâmetros relevantes à análise da determinação do coeficiente de atrito.

Por observação desta figura, e sendo este um resultado característico e facilmente reproduzível para este tecido, é possível constatar que, quando o motor arranca, dando-se início ao ensaio, o binário cresce mas a amostra mantém-se momentaneamente estática; assim, no gráfico obtém-se uma linha aproximadamente recta com grande declive. Quando o binário de atrito estático é vencido, inicia-se o movimento ao mesmo tempo que o valor do binário cai rapidamente. O valor máximo do pico que assim se obtém pode ser extraído para fornecer o valor do coeficiente de atrito estático μ_{sta} . Assiste-se então a uma progressiva estabilização do valor do binário resistente, mas sempre com uma tendência para ir diminuindo, eventualmente com algumas pequenas flutuações. A tendência para a contínua diminuição pode explicar-se pela acção abrasiva do movimento relativo das duas superfícies, que provocam uma progressiva orientação das fibras superficiais, contribuindo para a diminuição da resistência ao movimento. O programa elimina os valores do registo correspondente à fase inicial, tipicamente ultrapassada nos primeiros 5 segundos do ensaio, e calcula a média para os restantes valores. Introduzindo esse binário médio na equação 3, determina-se o valor do coeficiente de atrito dinâmico ou cinético, designado por μ_{kin} .

Outros resultados para o coeficiente de atrito cinético encontram-se assinalados nas figuras 5 e 6. Estes foram obtidos com 10 provetes de tecido *sarja* de algodão, com uma massa por unidade de superfície de 260.1 g/m^2 , e que resultaram de diferentes fases do processo têxtil (cru, tingido e acabado).

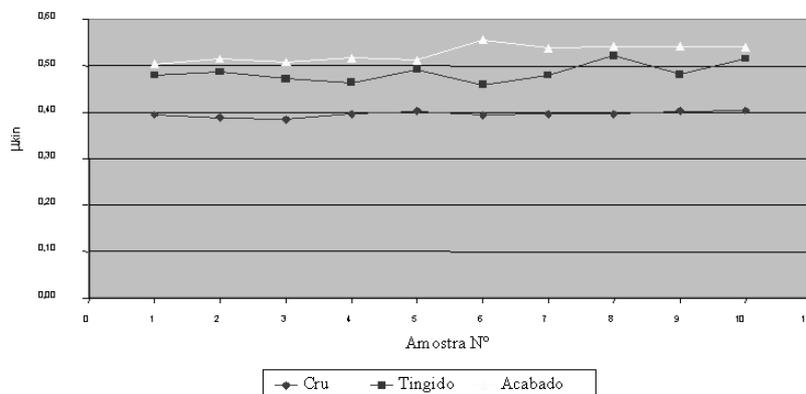


Figura 5 – Comparação dos valores do μ_{kin} obtidos para um tecido de algodão em diferentes fases do processo (FRICTORQ I), tecido-contra-tecido

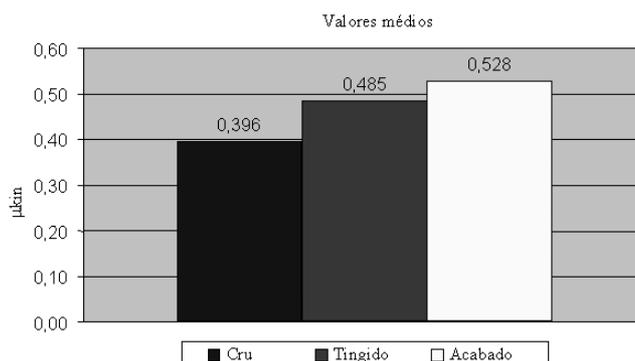


Figura 6 – Comparação dos valores médios do μ_{kin} para os ensaios que se mostram na figura 5

Outros resultados obtidos, agora na situação metal-tecido, com o corpo padrão SMB e TMB (figura 4) encontram-se representados seguidamente para os dois tecidos 100% algodão referidos anteriormente (*sarja*, figura 7: tecido 1 – não acabado e tecido 2 – acabado), mostrando ainda a figura 8 mais alguns resultados para o coeficiente de atrito cinético obtidos com outro tecido de algodão *tafetá* (3 – tecido não acabado e 4 – acabado).

Depois de estatisticamente analisados os resultados, verifica-se que, para qualquer uma das situações apresentadas, este equipamento permite distinguir diferentes tecidos, bem como tecidos com diferentes acabamentos (ver figuras 5 e 6) [5].

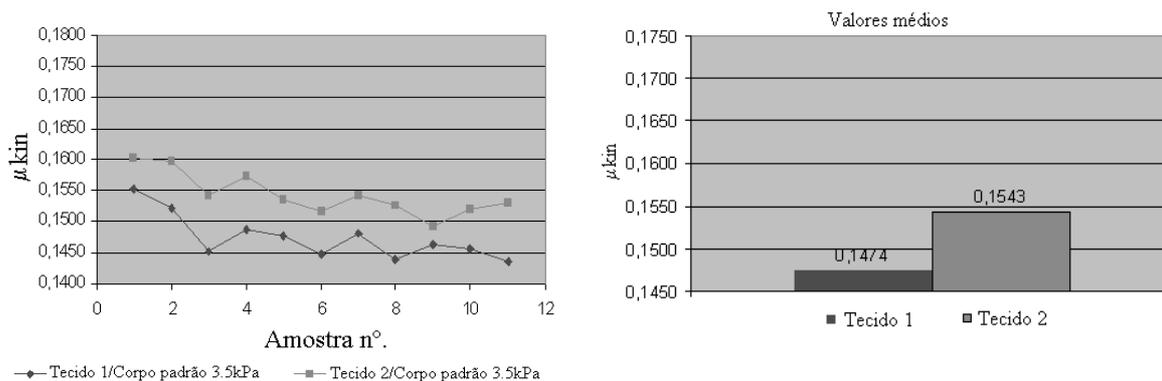


Figura 7 – Resultados para um tecido *sarja* de algodão (1 – não acabado e 2 – acabado)

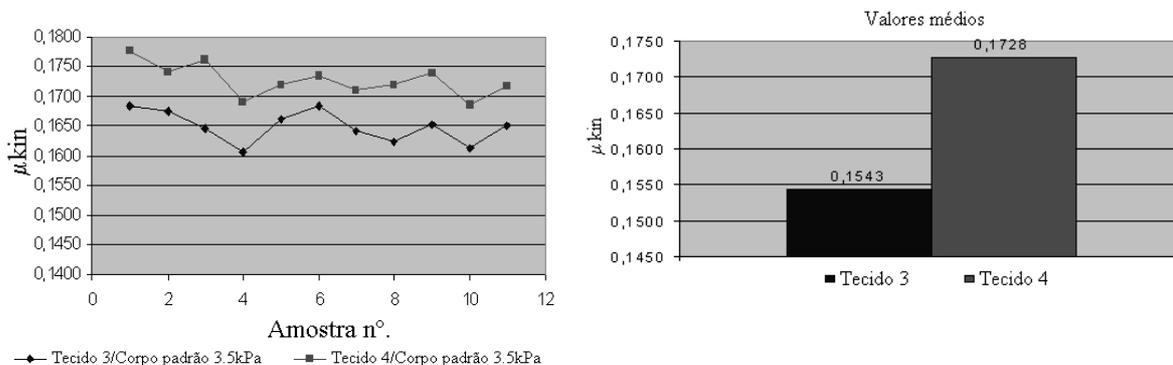


Figura 8 – Resultados para um tecido *tafetá* de algodão (3 – não acabado e 4 – acabado)

Uma análise comparativa entre os resultados obtidos para o coeficiente de atrito μ_{kin} com o sistema japonês KES-FB4 e com o FRICTORQ utilizando os dois corpos padrão SMB e TMB da figura 4 (com uma gama de diâmetros de 50 mm exterior e 40 mm interior, para uma pressão de contacto de 3.5 kPa) está representada na figura 9, para uma série (limitada) de ensaios utilizando um tecido de algodão com uma massa por unidade de superfície de 164 g/m², estrutura *sarja*, acabado.

Estes resultados mostram que, para um mesmo tecido, os valores de μ_{kin} obtidos a partir da análise KES caem, consistentemente, dentro da gama de valores obtidos para os ensaios efectuados com os dois corpos padrão, mostrando a análise estatística que o coeficiente de variação é de 5.2% para o KES e de 1.7% e 1.2% para os corpos padrão 1-SMB e 2-TMB, respectivamente [7]. Em conclusão, com a superfície SMB obtiveram-se valores de μ_{kin} bastante inferiores aos dados pelo KES enquanto que com a TMB os valores foram algo superiores.

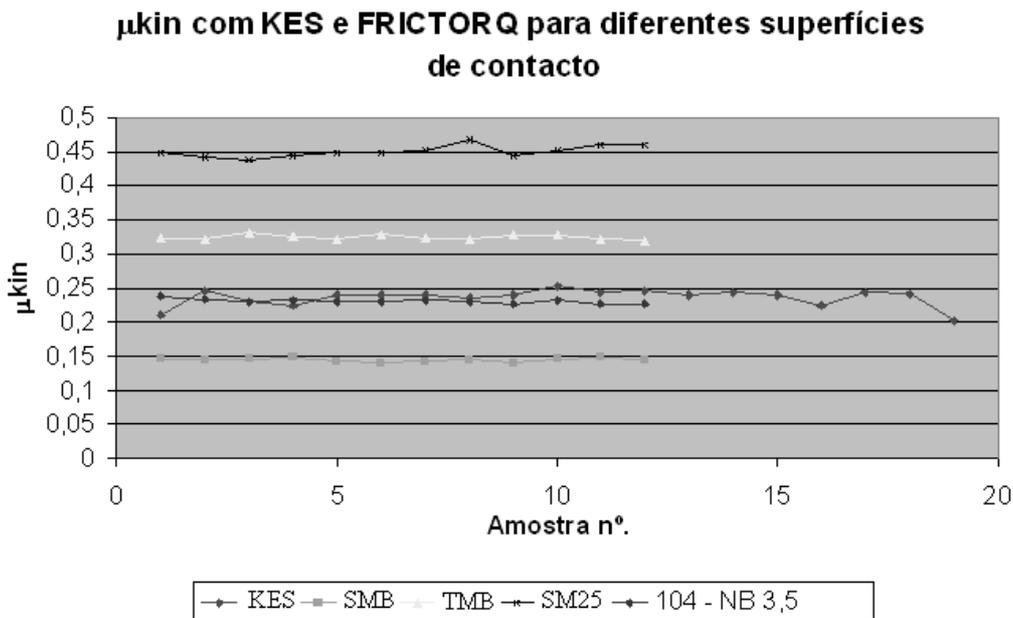


Figura 9 – Comparação dos valores para coeficiente de atrito μ_{kin} obtidos com o sistema KES-FB4 e com quatro corpos padrão (SMB, TMB, SM25 e NB3,5); estando os dois primeiros apresentados na figura 4

5. Desenvolvimentos Posteriores: FRICTORQ II

Diversas fases de desenvolvimento posteriores levaram a alterações que permitiram corrigir e aperfeiçoar a abordagem e o equipamento anteriormente concebido [8]. De facto, o FRICTORQ I tinha 2 pontos fracos: por um lado a superfície SMB, que era fácil de replicar, era muito lisa e dava por isso valores de atrito muito baixos; a superfície TMB, construída por um processo químico, fornecia valores de atrito altos demais e a sua replicação era duvidosa. Por outro lado, era evidente que o corpo superior, fosse tecido ou metal, estava sempre em completo contacto com toda a área de ensaio do provete de tecido inferior, sendo de esperar que isso produzisse uma alteração nas características da superfície a ensaiar. Esta alteração era evidente na situação tecido-contra-tecido, mas era pouco perceptível na situação metal-tecido, especialmente com o padrão SMB.

Foi então desenvolvido um novo modelo, que se encontra esquematicamente representado na figura 10 para um novo sensor de contacto superior com uma configuração substancialmente diferente da usada anteriormente. Em vez de uma superfície de contacto contínua, de forma anelar, este novo sensor possui três pequenas superfícies ou pés de contacto com o provete de tecido a ensaiar, dispostos radialmente e espaçados a 120°. Durante o ensaio este sensor de contacto terá um deslocamento angular relativo com o provete de tecido de aproximadamente 90°, o que terá como vantagem imediata o garantir que haverá sempre uma nova porção do tecido a ensaiar a ser arrastada para debaixo de cada uma das três superfícies de contacto.

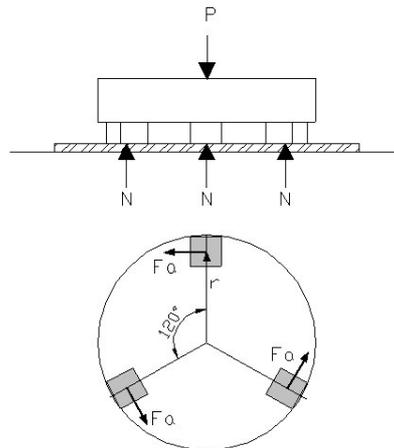


Figura 10 – Modelo do novo sensor de contacto desenvolvido para o FRICTORQ II

Para este novo modelo, o binário é dado pela equação:

$$T = 3 \cdot F_a \cdot r \quad (4)$$

Sendo, por definição, $F_a = \mu \cdot N$ e, a partir da figura 10, $N = P/3$, em que P é a força vertical dada pelo peso próprio, o coeficiente de atrito vem dado por:

$$\mu = \frac{T}{P \cdot r} \quad (5)$$

De acordo com o referido nas secções anteriores, outros trabalhos permitiram estabelecer alguns parâmetros de projecto para esta nova geometria, nomeadamente a pressão de contacto e a velocidade linear definida para o centro geométrico de cada um dos pés que, para esta nova situação, foi fixada em 1.57 mm/s. Experiências posteriores utilizando desta vez o equipamento FRICTORQ II, para os três tecidos indicados na tabela 1, e cujos resultados estão presentes na figura 11, permitiram concluir que:

- 1- Os resultados obtidos com o FRICTORQ II para as duas pressões de contacto (3.5 kPa – FT3.5 – e 10 kPa – FT10) são estatisticamente diferentes, o que é um indicador de como este parâmetro influencia a determinação de μ_{kin} .
- 2- Para os três tecidos ensaiados, o comportamento é similar para o FRICTORQ II, para 3.5 e 10 kPa, e para o sistema KES, e
- 3- Os valores mais elevados de μ_{kin} são obtidos sempre com o FRICTORQ II para uma pressão de contacto de 3.5 kPa.

Característica	Amostras		
	J	Q	R
Massa linear (Tex)	5.9×2	16.4	11.8
Estrutura do tecido	Tafetá	Tafetá	Tafetá
Massa por unidade de superfície (g/m ²)	106.6	127.0	114,1
Acabamento	No iron	No iron	No iron
Densidade (fios/cm)	53.0	40.5	53.1
Densidade (passagens/cm)	29.9	29.0	29.7

Tabela 1 – Resumo das principais características dos tecidos ensaiados

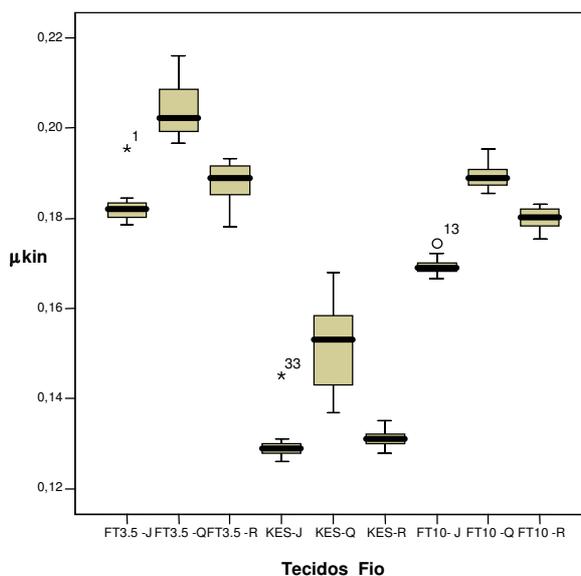


Figura 11 – Box-plot dos valores de coeficiente de atrito (μ_{kin}) obtidos com o sistema KES-FB4 e com o FRICTORQ II para os três tecidos presentes na tabela 1

	N	Média	Desvio padrão	Erro padrão	Intervalo de confiança 95% para cálculo da média			
					Limite inferior	Limite superior	Mín.	Max.
FT3.5 -J	12	0,1828	0,00439	0,00127	0,1800	0,1855	0,18	0,20
FT3.5 -Q	12	0,2040	0,00653	0,00188	0,1999	0,2081	0,20	0,22
FT3.5 -R	12	0,1877	0,00512	0,00148	0,1844	0,1909	0,18	0,19
KES-J	20	0,1296	0,00387	0,00087	0,1278	0,1314	0,13	0,14
KES-Q	20	0,1512	0,00949	0,00212	0,1468	0,1557	0,14	0,17
KES-R	20	0,1311	0,00182	0,00041	0,1302	0,1319	0,13	0,14
FT10- J	12	0,1695	0,00215	0,00062	0,1681	0,1708	0,17	0,17
FT10 -Q	12	0,1893	0,00290	0,00084	0,1875	0,1911	0,19	0,20
FT10 -R	12	0,1799	0,00257	0,00074	0,1782	0,1815	0,18	0,18
Total	132	0,1636	0,02665	0,00232	0,1590	0,1682	0,13	0,22

Tabela 2 – Resumo da análise estatística relativa aos resultados que se mostram na figura 11

5. Novas Aplicações

Sendo, hoje em dia, cada vez mais importante o aspecto físico e acima de tudo, a maciez e agradabilidade ao toque de certos produtos de papel de consumo generalizado e corrente, foi realizada uma outra série de ensaios, em laboratório, utilizando desta vez uma estrutura de material diferente dos até aqui utilizados. Estes dizem respeito a 3 tipos diferentes de papéis de utilização humana com íntimo contacto com a pele, a saber, Papel de Guardanapo, Papel de Mãos e Papel Higiénico, cujos resultados permitiram verificar a apetência do equipamento de ensaio desenvolvido para este efeito.

Os resultados, que se condensam no box-plot da figura 12, permitem concluir que os provetes utilizados são diferentes, já que o coeficiente de atrito medido é claramente distinto, após análise estatística efectuada aos dados obtidos.

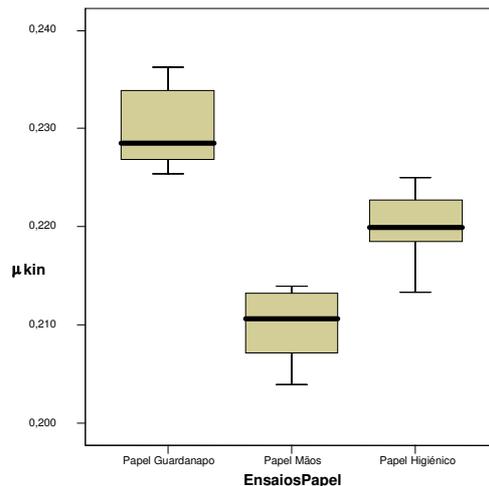


Figura 12 – Estudo comparativo do coeficiente de atrito (box-plot dos valores μ_{kin}) obtidos com 3 tipos de papel distintos (FRICTORQ II)

6. Conclusões

O trabalho aqui apresentado sistematiza as diversas etapas para o desenvolvimento de um equipamento laboratorial para a caracterização objectiva de superfícies, nomeadamente no que respeita à determinação do seu coeficiente de atrito, com vista ao estabelecimento de critérios de qualidade precisos e objectivos, como uma mais valia face à crescente competição proveniente de economias suportadas em mão-de-obra barata. Neste artigo foram apresentadas as diferentes etapas que conduziram ao desenvolvimento, em duas fases, de um equipamento destinado a laboratórios de empresas têxteis de fabricação e processamento de tecidos, e também aos seus utilizadores da indústria do vestuário, cujos resultados permitem verificar a influência de alguns parâmetros construtivos na determinação do coeficiente de atrito. Estes resultados mostram, inclusivamente, que é possível medir o atrito tecido-contra-tecido e entre tecido-corpo padrão, bem como distinguir diferentes tecidos e caracterizar diferentes fases de processamento. Este equipamento poderá também ser de grande importância na determinação do coeficiente de atrito de diferentes tipos de papel de uso em contacto íntimo com a pele humana, uma vez que os primeiros ensaios realizados foram bastantes satisfatórios. Assim sendo, irão ser futuramente realizados mais ensaios com superfícies de papel, de modo a definir parâmetros de qualidade e conforto ao nível da sua utilização.

Referências

- [1] Nosek, S., “*Problems of Friction in Textile Processes*”, International Conference TEXTILE SCIENCE 93, TU Liberec, Czech Republic, 1993.
- [2] Kawabata, S., “*The Standardisation and Analysis of Hand Evaluation*”, 2nd. Ed., Textile Machine Society of Japan, 1980.
- [3] Bueno, M. A., Renner, M., Durand, B., “*Tribological Measurement of the State of Surface Fabrics by a Contact and a Non contact Method*”, Proceedings of the Mechatronics’98 International Conference, Sweden, pp 703-708, 1998.
- [4] Lima, M., Hes, L., Martins, J., “*FRICTORQ, a Novel Fabric-to-Fabric Friction Tester: From Concept to Prototype*”, Proceedings of the Third International Conference on Advanced Engineering Design – AED’2003 (CD-ROM), Prague, Czech Republic, 1-4 June, 2003.
- [5] Lima, M., Hes, L., Vasconcelos, R., Martins, J., “*FRICTORQ, Accessing Fabric Friction with a Novel Fabric Surface Tester*”, 4th AUTEX World Textile Conference Proceedings (CD ROM), Roubaix, France, June 22-24, 2004.
- [6] Lima, M., Vasconcelos, R., Hes, L., Martins, J., “*FRICTORQ, uma Contribuição Inovadora para a Caracterização Superficial Objectiva de Tecidos*”, Textilia, 2003.
- [7] Lima, M., Hes, L., Vasconcelos, R., Martins, J., “*FRICTORQ, a Novel Fabric Surface Tester: A*

- Progress Report*", 33rd Textile Research Symposium at Mt. Fuji, Suzono City, Japan, August 22-24, 2004.
- [8] Lima, M., Hes, L., Vasconcelos, R., Cunha, J., Martins, J., "*FRICTORQ, Fabric Friction Tester: A Comparative Study with KES*" (Submitted to the 5th Autex Textile Conf., 2005).