



**Universidade do Minho**  
Escola de Engenharia

Célia Maria Gomes Pereira da Silva

Revestimentos têxteis com poliuretano hot-melt para uso  
hospitalar

Dissertação de Mestrado

Mestrado Integrado em Engenharia de Polímeros

Trabalho efetuado sob a orientação de:

Professor Doutor Fernando Moura Duarte

Professor Doutor António Pedro Garcia Valadares Souto

Mestre Francisco José Fernandes

Outubro de 2015







## AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus Orientadores, Professor Doutor Fernando Moura Duarte e Professor Doutor António Pedro Souto, pela orientação, coordenação e contributo essencial, em especial na componente crítica, que ao longo deste trabalho sempre incentivaram na procura de novos conceitos e de enriquecimento do conhecimento pessoal.

Um agradecimento à Coltec - Neves e C<sup>a</sup>, Lda., em especial agradeço ao Sr. Paulo Neves pelo apoio oportunidade e motivação assim como o partilhar do seu conhecimento para realizar a minha dissertação. Ao meu colega Mestre Francisco Fernandes pelo acompanhamento e sentido crítico.

Agradeço toda a disponibilidade, atenção e dedicação ao Eng.º Joaquim Jorge do laboratório de Física Têxtil pelo acompanhamento ao longo da realização e conclusão dos testes de validação deste trabalho.

Finalmente agradeço á minha família em especial filhos, marido e pais que sempre me apoiaram, incentivaram e ajudaram como só eles sabem fazer.

A todos os que referi, mas muitos outros que estão na sombra, muito obrigado!





## RESUMO

No âmbito dos artigos de revestimentos para área hospitalar, verifica-se que o consumidor está cada vez mais exigente no que diz respeito ao bem-estar, conforto, funcionalidade e segurança. Ao longo dos últimos anos, o sector dos revestimentos tem procurado encontrar novos materiais que vão ao encontro das necessidades dos consumidores. Para além das questões de proteção e competitividade, as recentes exigências estão relacionadas com materiais que sejam amigos do ambiente, redução de energia e redução de desperdício.

Desta forma, neste trabalho foi estudada a possibilidade de desenvolver um Coatinghot-melt adesivo Poliuretano reativo (PUR), com a finalidade de se obter um revestimento para colchões de uso hospitalar em substituição dos coating tradicionais à base de solvente, cuja aplicação industrial está associada a problemas ambientais. Criou-se assim um novo produto, revolucionário e com características específicas, nomeadamente: baixa densidade, impermeabilidade, estabilidade dimensional e elevada resistência mecânica. Após uma exaustiva pesquisa bibliográfica e um breve estudo do mercado, com o intuito de parametrizar as propriedades do produto final, realizaram-se diversos ensaios, com os diferentes materiais até obter um coating inovador, com características superiores a Coating tradicionais. No âmbito deste trabalho, foi elaborado um Coating impermeável, higienizável e colorido. Este tipo de protectores irão adaptar-se mais facilmente ao colchão, após uso tem uma recuperação de dimensão aproximando-se bastante da dimensão inicial, sendo um revestimento de poliuretano reativo (PUR), é um termoplástico daí reúne as suas vantagens; após de processado tem estabilidade dimensional, não se deforma com a temperatura, não liberta gases tóxicos entre outras. Aplicou-se cor no revestimento através de um foil, por este processo, o foil e o poliuretano reativo (PUR) transformam-se num só produto “híbrido”, a coloração e o Poliuretano reativo “misturam-se”, obtendo-se um revestimento colorido com elevada solidez de cor. Sendo possível amaciar, com acabamento em calandra.

Os resultados obtidos confirmam que o revestimento de Poliuretano Reativo (PUR) hot-melt adesivo pelo processo multi-rola pode ser substituído pelo Sistema de coating “tradicional” com base em solventes, permitindo responder à dualidade que a sociedade requer: o aumento de lucros e, simultaneamente, a preservação ambiental.

Palavras-chave: Poliuretano Reativo; Hot-melt; Adesivo; Coating; Revestimento





## ABSTRACT

Under the scope of Coating articles for hospital area, it appears that consumers are increasingly demanding in regard to the welfare, comfort, functionality and safety. Over the last few years, the sector of coatings has sought to find new materials that will meet the needs of consumers. In addition to the protection issues and competitiveness, recent demands are related to materials that are environmentally friendly, energy and waste reduction

Thus, in this investigation we studied the possibility of developing a hot-melt Coating adhesive reactive polyurethane (PUR), with the purpose to obtain a coating mattresses for medical use in substitution of the conventional coating solvent based, whose industrial application is associated with environmental problems. This has created a new product, revolutionary and with specific characteristics such as: low density, breathability, waterproof, dimensional stability and high mechanical strength.

After an extensive literature search and a brief market study, in order to parameterize the properties of the final product, several assays, with different materials, were performed until an innovative coating, with features superior to traditional Coating appear. In this work, we designed a waterproof, washable and colourful Coating with pre-defined colour for hospital use, for this example, the case of mattresses coating for hospital use. Such coating will adapt more easily to the mattress after use has a dimension recovery is quite close to the initial dimension, as the reactive polyurethane coating (PUR) is a thermoplastic gathers its advantages, after processing it maintains dimensional stability, does not deform with temperature, does not release toxic gases among others advantages. Colour was applied on through coating a foil, by this process the foil and the reactive polyurethane (PUR) are transformed into a single "hybrid" product, the colour and the reactive polyurethane "blend", obtaining a coloured high strength coating. Being possible to soften, finishing with a calendar.

The results confirm that the coating of hot-melt reactive polyurethane adhesive (PUR), by the multi-roll process may replace the "traditional" solvent-based coating system, allowing it to respond to the duality society requires: increased profits and simultaneously environmental preservation.

Keywords: Polyurethane Reactive; Hot-melt; adhesive; coating; coating





## ÍNDICE GERAL

Agradecimentos.....	v
Resumo .....	vii
Abstract.....	ix
Lista de Figuras .....	xv
Lista de Tabelas.....	xvii
Índice de Equações:.....	xix
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos.....	xxi
1. Capítulo I – Introdução.....	1
1.1 Enquadramento e motivação.....	2
1.2 Objectivos do trabalho.....	3
1.3 Estrutura da dissertação .....	4
2. Capítulo II – Revisão bibliográfica .....	5
2.1 Desenvolvimento teórico .....	6
2.1.1 Multi-rola (piloto coltec).....	6
2.2 Estado de arte.....	10
2.2.1 Têxteis impermeáveis e respiráveis.....	10
2.2.2 Revestimento Hot-Melt .....	17
2.3 Estado da arte do coating multi-rola .....	18
2.3.1 Tecnologias de revestimento Hot-Melt .....	18
2.3.2 Polímeros adesivos Hot-melt .....	20
3. Capítulo III – Desenvolvimento.....	21
3.1 Materiais .....	22
3.1.1 Poliuretano reativo Hot-melt (PUR) .....	22
3.1.2 Poliéster (PES).....	23



3.1.3	Malha Interlock .....	24
3.1.4	Foil .....	25
3.2	Procedimento experimental .....	25
	Procedimento de revestimento:.....	25
3.2.1	Testes preliminares do processo de revestimento .....	26
3.2.2	Testes preliminares dos produtos de revestimento.....	27
3.2.3	Procedimento de revestimento .....	31
3.3	Testes realizados .....	41
3.3.1	Massa por unidade de superfície ( $\text{g}/\text{m}^2$ ) .....	41
3.3.2	Penetração de água EN 20811 .....	41
3.3.3	Recuperação Elástica (alongamentos cíclicos) .....	42
3.3.4	Propriedades de Tração .....	45
3.3.5	Resistência ao Rasgo EN ISO 13937-2 2001 .....	45
3.3.6	Frictorq .....	46
3.3.7	Flexómetro (Cair).....	47
3.3.8	Higienização .....	49
3.3.9	Permeabilidade ao Vapor de Água.....	49
3.3.10	Adesão do coating, longitudinal e transversal, EN ISO 2411 .....	51
4.	Capítulo IV – Análise e discussão de resultados .....	53
4.1.1	Massa por unidade de superfície ( $\text{g}/\text{m}^2$ ) .....	54
4.1.2	Determinação da Resistência da penetração da água. ....	54
4.1.3	Recuperação Elástica (Alongamentos cíclicos). ....	55
4.1.4	Resistência de Tração.....	58
4.1.5	Resistência ao Rasgo EN ISO 13937-2 2001 .....	60
4.1.6	Frictorq .....	62



4.1.7	Flexómetro (Cair).....	64
4.1.8	Higienização .....	68
4.1.9	Permeabilidade ao Vapor de Água.....	68
4.1.10	Adesão do coating, longitudinal e transversal, EN ISO 2411 .....	70
4.2	Resultados dos ensaios de caracterização dos materiais - Síntese .....	71
4.3	Constrangimentos e soluções do processo Coating.....	73
4.4	Inovação.....	74
5.	Capítulo V – Conclusões .....	75
5.1	Conclusão.....	76
5.2	Perspectivas futuras.....	77
6.	Bibliografia .....	79
	Apêndices.....	81
	Anexos: .....	83





## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Protótipo de revestimento multi-rolô

Figura 2: Protótipo tecnologia revestimento Hot-melt multi-rolô implementado- Calandra

Figura 3: Protótipo tecnologia revestimento Hot-melt multi-rolô implementado

Figura 4: Protótipo tecnologia revestimento Hot-melt multi-rolô implementado - Central

Figura 5: Esquema ilustrativo da respirabilidade de um têxtil

Figura 6: Esquema ilustrativo do que é e como funciona a respirabilidade

Figura 7: Esquema ilustrativo da impermeabilidade à água e ao vento

Figura 8: Pressão hidrostática de um substrato têxtil

Figura 9: Permeabilidade ao ar de um substrato têxtil

Figura 10: SkinModel: Resistência ao vapor de água

Figura 11: SkinModel: Resistência ao vapor de água - têxtil

Figura 12: Revestimento em forma de pontos – Rolo gravado

Figura 13: Revestimento em forma de pontos – Rolo perfurado

Figura 14: Revestimento irregular por aplicação de polímero em pó

Figura 15: Revestimento com cobertura 100% - Slot Die

Figura 16: Revestimento com cobertura 100% - Multi Rolo

Figura 17: Impermeável ( $\geq 3$  bar)

Figura 18: Permeável (visível gotas de água)

Figura 19: Equipamento multi-rolô Coltec



Figura 20: Cortador de amostras com 100 cm<sup>2</sup>

Figura 21: Balança analítica

Figura 22: Equipamento de medição de pressão hidrostática

Figura 23: Dinamómetro, Resistência ao teste de recuperação elástica

Figura 24: Dinamómetro, Resistência ao teste de Tração pelo método da tira.

Figura 25: Dinamómetro, Resistência ao teste de rasgo pelo método “ASA”

Figura 26: Frictorq, teste de coeficiente de atrito

Figura 27: Flexómetro teste de medição do Cair

Figura 28: Permeabilímetro, teste de medição da permeabilidade ao vapor de água

Figura 29: Gráfico Resistência ao rasgo Coltec

Figura 30: Gráfico Resistência ao rasgo Concorrência

Figura 31: Gráficos Frictorq (atrito)



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Valores de referência do SkinModel relativos à respirabilidade

Tabela 2: Empresas fabricantes de Hot-melt PUR

Tabela 3: Substratos têxteis

Tabela 4: Abertura de rolos/Quantidade de poliuretano revestido no substrato têxtil

Tabela 5: Critério de selecção de coating

Tabela 6: Revestimento com poliuretano reativo (PUR), a diferentes temperaturas em diferentes aberturas entre rolos

Tabela 7: Revestimentos aprovados

Tabela 8: Amostras de coating, nas diferentes fases do desenvolvimento

Tabela 9: Pressão hidroestática suportada por um tecido

Tabela 10: Recuperação elástica do Coating PUR da Coltec, registo dinamómetro

Tabela 11: Recuperação elástica do Coating PUR da Coltec; régua

Tabela 12: Recuperação elástica do Coating concorrência registo dinamómetro

Tabela 13: Recuperação elástica do Coating concorrência; régua

Tabela 14: Teste de tração revestimento Coltec

Tabela 15: Teste de tração revestimento Concorrência

Tabela 16: Força para rasgo, coating Coltec

Tabela 17: Força de rasgo, coating Concorrência

Tabela 18: Média do Coeficiente de atrito dos substratos têxteis

Tabela 19: Cair do coating da Coltec



Tabela 20: Cair do coating da Concorrência

Tabela 21: Permeabilidade ao vapor de água do material de referência

Tabela 22: Permeabilidade ao vapor de água do coating da Coltec

Tabela 23: Permeabilidade ao vapor de água do material de concorrência

Tabela 24: Síntese dos testes laboratório físicatêxtil



## ÍNDICE DE EQUAÇÕES:

Equação 1: Recuperação elástica

Equação 2: Coeficiente de rigidez

Equação 3: Permeabilidade ao Vapor de Água

Equação 4: Índice de Permeabilidade ao Vapor de Água





## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

PUR – Poliuretano reativo

TPU – Poliuretano termoplástico

UV – Ultra violeta

PET – Poliester





## 1. CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO



## 1.1 Enquadramento e motivação

Ao longo das últimas décadas, o sector dos têxteis técnicos aplicados aos têxteis lar, vestuário de trabalho, vestuário de desporto e têxteis publicitários, têm procurado encontrar soluções têxteis inovadoras que vão de encontro aos requisitos dos consumidores. Para além das questões à função a que se destinam e do design, as recentes exigências estão relacionadas com materiais que sejam amigos do ambiente e que permitam melhorar o conforto.

A principal motivação para a realização deste trabalho prende-se com a possibilidade de desenvolver uma alternativa ao método convencional de laminação de membranas e filmes em estruturas flexíveis, o qual obriga à utilização de um processo faseado em que se aplica numa primeira fase um polímero adesivo na membrana e numa fase posterior a sua laminação com a estrutura desejada, a redução dos custos industriais através de meios mais simplificados e a otimização de processos a redução de filmes e membranas em armazém.

Os novos materiais desenvolvidos no âmbito deste trabalho, serão têxteis revestidos onde poderá ser aplicada uma camada, ou várias camadas, de um lado do têxtil ou em ambos os lados. Com este revestimento serão criadas as condições ideais para incrementar a impermeabilidade do substrato têxtil, e aumentar a resistência mecânica.

A procura de novos desafios e conhecimentos, interesses tecnológicos, ambientais e profissionais levaram à realização desta dissertação. A criação de novos e melhores substratos têxteis que garantam a diferenciação dos artigos com revestimento in-situ pela tecnologia multi-rola no mercado é tarefa essencial para que as empresas consigam uma vantagem competitiva e só com uma forte aposta em áreas como: ambiente e ecologia, saúde, conforto, segurança e estética, é possível vencer esta batalha de forma a dar uma imagem inovadora à indústria têxtil.



## 1.2 Objectivos do trabalho

O objectivo consiste na investigação e desenvolvimento de soluções inovadoras revestidas por deposição polimérica in-situ, através de tecnologias Hot-melt Multi-roló. Pretende-se criar uma alternativa ao método convencional de laminação de membranas e filmes em estruturas flexíveis.

As estruturas revestidas são desenvolvidas por deposição polimérica diretamente sobre substratos flexíveis com 100% cobertura em resposta aos requisitos do mercado dos têxteis técnicos, nomeadamente: Protech, Sporttech, Medtech, Mobiltech, Clothtech e Indutech.

Este projeto visa o desenvolvimento de novas soluções têxteis com funções de impermeabilidade e respirabilidade semelhantes às das atuais membranas, e características adicionais, tais como, coloração, textura, brilho, relevo.



### 1.3 Estrutura da dissertação

Para além dos elementos pré-textuais que compõem o início desta dissertação, esta está dividida em 5 capítulos, pelo que se resumem sucintamente cada um deles.

#### Capítulo I – Introdução

Neste 1º capítulo é apresentado um enquadramento, a motivação e os objectivos deste trabalho. É também exposta a metodologia de trabalho e a estrutura adoptada.

#### Capítulo II – Revisão Bibliográfica

O 2º capítulo é dedicado ao estado da arte, que é o resultado das pesquisas bibliográficas onde foram abordadas as principais áreas temáticas com interesse para este projeto e os conceitos teóricos, nomeadamente: PUR, CO, PES, estruturas têxteis e tecnologias hot-melt multi-rola para o revestimento que se pretende executar.

#### Capítulo III – Desenvolvimento Experimental

No 3º capítulo faz-se uma introdução sobre o trabalho, descreve-se e justifica-se de forma técnica todos os materiais, produtos, métodos e equipamentos utilizados no desenvolvimento desta dissertação.

#### Capítulo IV – Análise e Discussão dos Resultados

No 4º capítulo faz-se uma apreciação e discussão global dos resultados de todo o trabalho desenvolvido. Também se realiza uma síntese para análise/comparação dos diferentes tipos de revestimentos hot-melt nos diferentes substratos têxteis. Propriedades/tarefas elaboradas e reflectindo sobre as dificuldades detectadas.

#### Capítulo V – Conclusões

Como finalização deste trabalho, são apresentadas todas as conclusões, partindo das expectativas que eram almejadas e os objectivos alcançados. Não esquecendo as perspectivas e desafios futuros.



## 2. CAPÍTULO II – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA



## 2.1 Desenvolvimento teórico

Neste capítulo é apresentada uma base teórica, fundamentada numa pesquisa bibliográfica, de forma a evidenciar os assuntos decisivos para uma boa compreensão do método de trabalho e desenvolvimento desta dissertação.

### 2.1.1 Multi-rola (piloto coltec)

O sistema Multi-Rola de revestimentos hot-melt in-situ é constituído por rolos sistema aplicador de polímeros previamente fundidos, neste caso à base de polímeros termoendurecíveis (poliuretanos reactivos), sobre substrato têxteis e não têxteis flexíveis. Este sistema permite obter revestimentos uniformes, finos, macios, flexíveis, impermeáveis, com a possibilidade de fácil personalização da cor e ecológicos. Este processo de acabamento de superfície, permite funcionalizar materiais têxteis e não têxteis, como, cortiça, filmes e membranas, entre outros.

Desta forma, consegue-se dotar os substratos revestidos de propriedades multifuncionais diversas através de uma tecnologia mais sustentável e de elevado desempenho técnico, funcional e estético.

Este novo processo de revestimento em linha é realizado em duas fases (aplicação do polímero num intermediário em papel – onde é produzido o filme, seguida da sua transferência para o substrato a revestir). Tratando-se de um processo in-situ e em linha, torna a aplicação produtiva mais versátil/ flexível e rápido. Permite a funcionalização dos materiais e personalização ao nível da cor através da sublimação com corantes dispersos.

Com este processo de revestimento consegue-se a eliminação no consumo de energia para secagem e cura, dado que não é necessário a realização destas duas operações, e consequentemente uma redução de consumo energético de uma maneira geral.

Assim, este novo processo revestimento integrado em linha é inovador na medida em que, pela primeira vez se desenvolvem revestimentos hot-melt in-situ, finos, leves, flexíveis, macios, com cor, etc. Associado a esta inovação, esta aplicação permitir obter produtos de elevado valor acrescentado e elevado desempenho, serem sustentáveis ao nível ambiental e social.



A empresa Coltec - Neves & Companhia, lda., desenvolveu um protótipo para a solução tecnológica Hot-Melt que consiste num módulo multi-roló com 90 cm de largura.



Figura 1 – Protótipo de revestimento multi-roló - Frontal

Nas figuras 1 a 4 apresentam-se imagens relativas ao protótipo final da solução tecnológica de revestimento polimérico hot-melt multi-roló desenvolvida.



Figura 2 – Protótipo tecnologia revestimento Hot-melt multi-roló implementado - Calandra



Figura 3 – Protótipo tecnologia revestimento Hot-Melt multi-rola implementado – Enrolamento do produto acabado

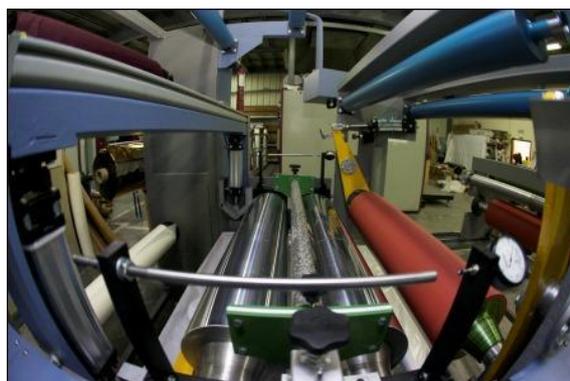


Figura 4 – Protótipo tecnologia revestimento Hot-Melt multi-rola implementado - Central

Para validação da nova solução tecnológica multi-rola, foram estudados e otimizados os seguintes aspectos:

- Processo de revestimento hot-melt;
- parâmetro da solução tecnológica;
- diferentes condições de aplicação;
- diversos substratos têxteis e não têxteis flexíveis;



Foi ainda estudado o potencial da valorização estética dos filmes hot-melt, através da sua coloração por transferência de foils coloridos e sublimação, a sua funcionalização ao nível das propriedades de impermeabilidade, respirabilidade, ignífuga, recorrendo a polímeros hot-melt funcionais indutores destas mesmas funcionalidades.

Ao nível dos processos um dos principais aspectos estudado foi a sequência de aplicação do polímero hot-melt, de forma a garantir o desenvolvimento de um filme uniforme in-situ. De seguida descrevem-se os processos de aplicação definidos e otimizados.

Processo de revestimento multi-rolo para poliuretanos reactivos (PUR)

O processo de revestimento hot-melt otimizado e adoptado nos principais desenvolvimentos consiste num processo em linha constituído por três fases distintas:

**1ª Fase:** Fusão do polímero no sistema multi-rolo através do aquecimento dos rolos;

**2ª Fase:** Aplicação do polímero fundido do sistema multi-rolo num papel de silicone;

**3ª Fase:** Transferência do filme polimérico do papel para o substrato têxtil.

Parâmetro do processo de revestimento estudados

Para optimização do processo de revestimento hot-melt estudaram-se os seguintes parâmetros de processo:

Massa por unidade de área do revestimento ( $\text{g/m}^2$ );

Temperatura dos rolos ( $^{\circ}\text{C}$ );

Velocidade ( $\text{m/min}$ );

Pressão (Pa);

Abertura dos rolos (mm);



## 2.2 Estado de arte

As novas soluções têxteis malha e tecido, revestidas por Hot-Melt, terão funções de impermeabilidade e respirabilidade semelhantes às atuais membranas, mas com características adicionais diversas, nomeadamente coloração, estampagem digital, filtração, toque, textura, brilho, relevo, ignífugas, isolamento térmico e o bem-estar em geral.

Foi efetuado o levantamento do estado da arte ao nível de:

Têxteis impermeáveis e respiráveis;

Revestimento Polimérico - Produção de filmes e membranas diretamente sobre substratos flexíveis (tecnologias e polímeros);

Produtos de funcionalização;

A vigilância tecnológica consiste numa atividade contínua sendo efectuada através, pesquisa e análise de informação técnica e científica de forma a sustentar os desenvolvimentos do projeto.

### 2.2.1 Têxteis impermeáveis e respiráveis

Devido ao crescimento populacional, e ao aumento de necessidades de proteção humana, ambiental, conforto, saúde e bem-estar, a penetração da indústria têxtil em novos mercados é crescente, principalmente ao nível dos têxteis técnicos, funcionais e inteligentes, sendo uma preocupação as tecnologias sustentáveis em termos ecológicos e económicos.

As funcionalidades de impermeabilidade e respirabilidade dos têxteis são duas características de primordial importância.

A respirabilidade (ver figura 5 e 6) consiste na capacidade que as estruturas têm de permitir a passagem de vapor de água através das mesmas.

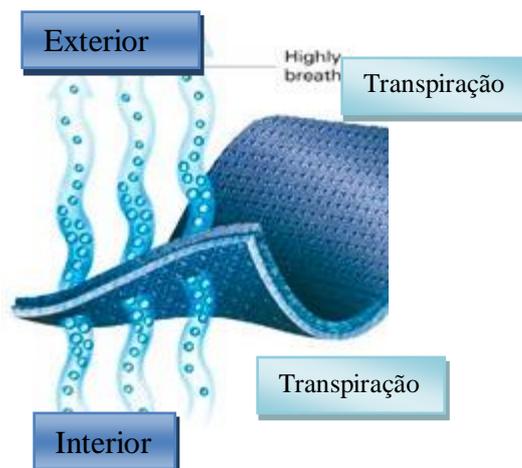


Figura 5 – Esquema ilustrativo da respirabilidade de um têxtil

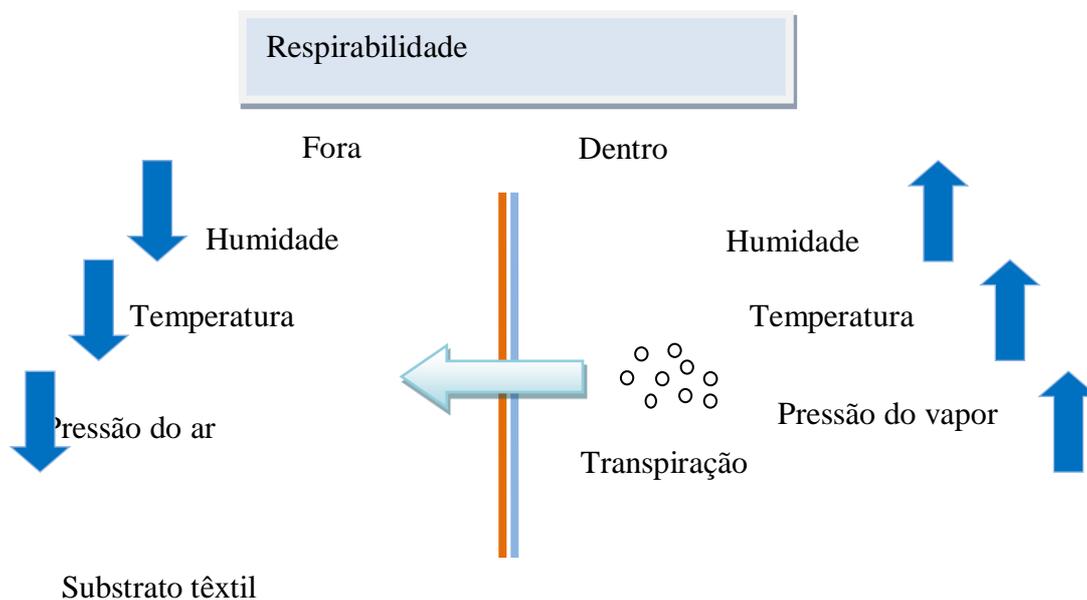


Figura 6 - Esquema ilustrativo do que é e como funciona a respirabilidade

A impermeabilidade (ver figura 7) à água das estruturas caracteriza-se pela sua resistência à passagem de água sobre pressão. A impermeabilidade ao vento pela resistência à passagem de vento.

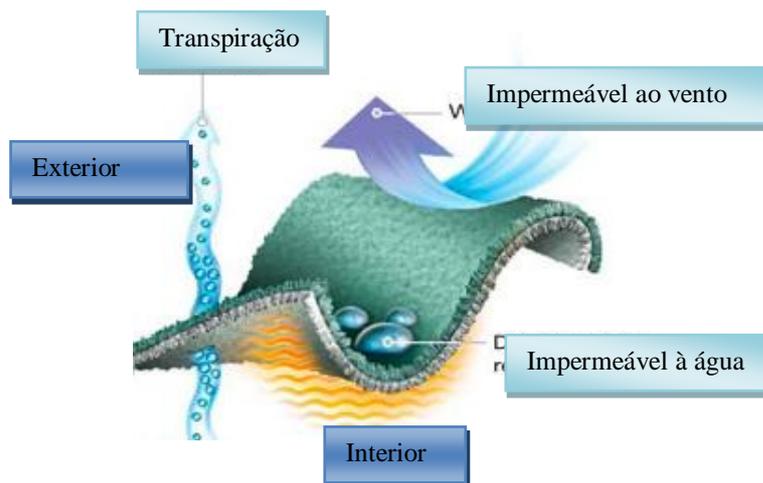
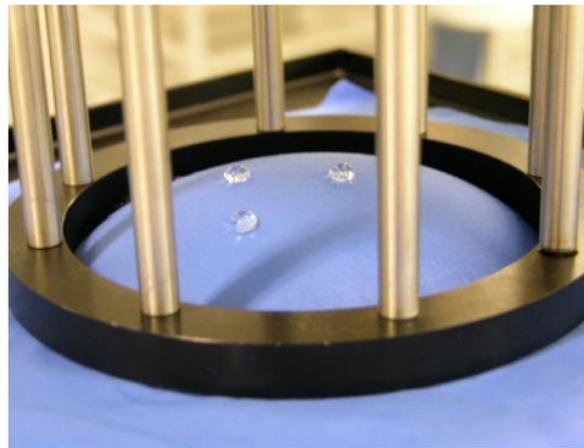


Figura 7 - Esquema ilustrativo da impermeabilidade à água e ao vento

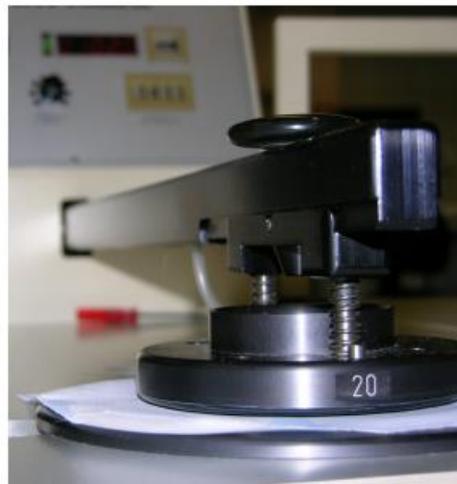
As soluções impermeáveis e respiráveis permitem reunir numa só estrutura diferentes substratos com diferentes características e funcionalidades e visam impedir a absorção e a penetração de água a partir do exterior para o interior, permitindo a transmissão do vapor de água do interior (corpo) para o exterior. Estas necessidades estão estritamente relacionadas com questões fisiológicas do corpo humano, e quando não tidas em consideração, pode resultar em limitadas condições de conforto e inclusive constituir um risco para a própria vida.

Quanto à impermeabilidade de um substrato, a AATCC 127-2008 define que para um material ser considerado como resistente à passagem de água deve impedir a penetração de água quando sujeita a uma pressão hidrostática de 1m. Esta norma é utilizada para substratos em geral, e a exigência poderá ser maior dependendo da aplicação do substrato.



**Pressão hidrostática**

Figura 8 – Pressão hidrostática de um substrato têxtil



**Permeabilidade ao ar**

Figura 9 – Permeabilidade ao ar de um substrato têxtil

Para determinar a respirabilidade de um substrato, a ASTM E96 refere a difusão do vapor de água como referência, e apresenta como medida o peso de água em gramas que passa num  $m^2$  durante um período de 24 horas ( $g/m^2 \cdot dia$ ) como referência. Para um substrato ser considerado respirável, deverá ter um valor mínimo de  $4000 g/m^2 \cdot dia$ .



Segundo referência do skinModel, a respirabilidade refere-se à resistência ao vapor de água de um substrato (Ret) e é expressa em  $m^2 \cdot Pa/W$ , caracterizando-se de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1 – Valores de referência do SkinModel relativos à respirabilidade

Categoria	Nível Ret
Extremamente respirável	$Ret \leq 6 m^2 Pa/W$
Muito respirável	$Ret \leq 13 m^2 Pa/W$
Respirável	$Ret \leq 20 m^2 Pa/W$
Não respirável	$Ret > 20 m^2 Pa/W$

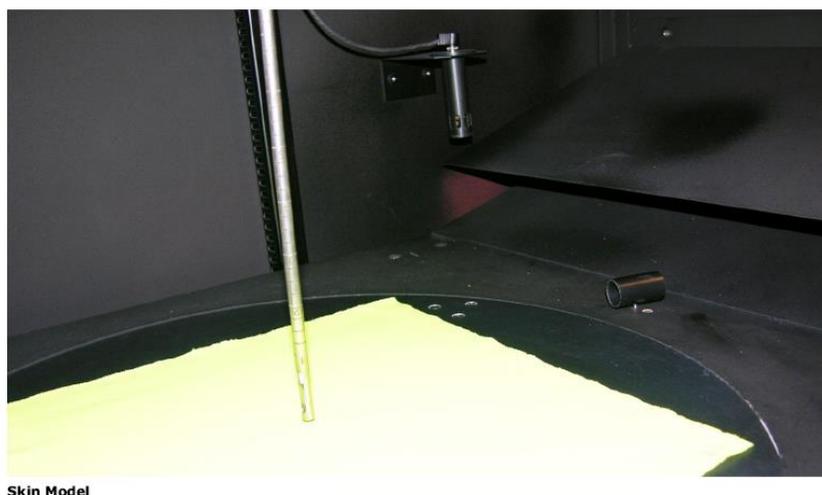


Figura 10 – SkinModel: Resistência ao vapor de água

O estado de arte no que se refere às soluções têxteis e não têxteis impermeáveis e respiráveis baseia-se em:

**Substratos flexíveis (têxteis e não têxteis) de elevada densidade:** a funcionalidade destes produtos deve-se à sua constituição compacta e densa, normalmente associada ao uso de microfibras, que não permite a passagem de gotas de água. No entanto, não são totalmente impermeáveis, e são necessários acabamentos adicionais para lhe conferir maior impermeabilidade. (ex. Trevira-Fineness da Hoechst).



**Revestimento de substratos têxteis e não têxteis:** consiste na deposição de uma camada polimérica de base aquosa ou solvente, na superfície de um substrato, resultando um filme de cobertura total. O suporte fornece a estabilidade mecânica, enquanto, que o revestimento modifica a porosidade ou confere propriedades adicionais. Trata-se de uma tecnologia que implica o recurso a sistemas de secagem e de fixação, com consumo energético elevado, poluente, principalmente em sistemas de base solvente. Tecnologia pouco adequada a pequenas séries, pouco flexível e pouco versátil. A tecnologia por raclagem é uma das mais usadas e consiste na deposição de pastas sobre um suporte flexível, com ajuda de uma racla, que permite obter uma camada fina e uniforme.



Figura 11 – SkinModel: Resistência ao vapor de água - têxtil

**Laminação de membranas e filmes em substratos têxteis e não têxteis:** o processo de coating e laminação de membranas focaliza-se na tecnologia Hot-Melt, que recorre à deposição de pontos de polímero adesivo previamente fundido, sobre a membrana, e posterior união com estruturas. Desta operação resultam materiais multicamada, laminadas ou trilaminadas. A aplicação do polímero adesivo por pontos permite manter as propriedades de respirabilidade dos materiais.

As membranas caracterizam-se pela sua estrutura leve e flexível e por aliarem diferentes propriedades como respirabilidade, impermeabilidade à água e ao vento, e ainda outras características funcionais. Apresentam diferentes espessuras (2-25 microns), resistência à



rutura e índices de impermeabilidade e respirabilidade. A sua constituição é à base de PTFE, PU, PES, Poliéter e PA. Os filmes podem ser impermeáveis e respiráveis ou impermeáveis e não respiráveis. Distinguem-se normalmente das membranas porque são mais espessos (50-300 microns) e mais resistentes, menos respiráveis e menos confortáveis. Os polímeros adesivos são principalmente de base PUR, TPU, CoPES, CoPA, EVA, PTFE e polietileno.

O estado da arte destes produtos divide-se nas seguintes opções de membranas: microporosas: (ex: GoreTex), hidrofílicas: (ex. Poliéster – Sympatex, FaitPlast; Poliuretano - Porelle, Epurex, Dinzing, Rescom, Evertex; Poliéter- Epurex) e bicomponentes: (ex. Gore-tex).

As membranas transparentes são as mais comuns, no entanto, existem membranas coloridas, mas a gama de cores é muito restrita e as quantidades mínimas impostas pelos fornecedores são muito elevadas e extremamente caras. Existem ainda membranas com propriedades funcionais adicionais, nomeadamente antibacterianas (Gore-Tex), ignífugas, anti-estáticas (Gore-Tex), promotoras de regulação térmica (PCMs), reflexão do calor do corpo humano (metalizadas da Sympatex e biocerâmicas da Rescom), membranas inspiradas na natureza (biónicas), por exemplo com características semelhantes a uma pinha (C\_Change da Schoeller).



### 2.2.2 Revestimento Hot-Melt

Filmes e membranas em substratos têxteis aplicados por Hot-melt:

O processo atual de aplicação de um filme/membrana num suporte flexível implica que numa primeira fase, se produza o referido filme ou a membrana recorrendo a tecnologias muito específicas, e numa operação posterior se efetue a laminação com um determinado suporte, através de tecnologias emergentes como o Hot-Melt por pontos de polímeros adesivos.

O Hot-Melt é uma tecnologia de revestimento eficiente do ponto de vista material, energético e ambiental, conferindo aos produtos um elevado valor acrescentado. Consiste na fusão de grânulos de um polímero adesivo e deposição do mesmo num substrato. A consolidação do revestimento é feita por simples arrefecimento, nos rolos que conduzem o substrato. Caracteriza-se por não existir processamento de fases líquidas pois o polímero de revestimento é alimentado sob a forma sólida. O revestimento é realizado num único equipamento, sem necessidade de passos adicionais (tais como remoção e recuperação de fases líquidas). São minimizados desperdícios, eliminadas operações de secagem, e reduzido o consumo de energia e menor impacto ambiental.

Outras vantagens incluem a possibilidade de revestir substratos termicamente sensíveis, o que é restritivo quando se utiliza uma râmula na fase de consolidação do revestimento e de realizar pequenas séries com maior versatilidade/ flexibilidade dos processos. Hot-Melt apresenta-se como uma mais-valia ecológica e económica comparativamente às tecnologias tradicionais (racla).

A produção de filmes e membranas diretamente sobre substratos flexíveis é possível através da tecnologia Hot-Melt com um módulo multi-rolo, no entanto, esta técnica está muito pouco explorada, e ainda não permite a obtenção de filmes finos e respiráveis. A sua aplicação atual destina-se essencialmente à realização de filmes de elevada espessura e não respiráveis. A Coltec identificou na tecnologia Hot-melt multi-rolo um enorme potencial, que pretende assim explorar para o desenvolvimento de filmes finos, coloridos, impermeáveis e respiráveis.

## 2.3 Estado da arte do coating multi-rolo

### 2.3.1 Tecnologias de revestimento Hot-Melt

As tecnologias emergentes de revestimento de substratos têxteis Hot-Melt caracterizam-se pelo facto de não estarem dependentes da utilização de solventes, ou seja, o material a depositar na superfície é considerado 100% sólido. Deste modo, são minimizados desperdícios, eliminadas operações/ tecnologias de secagem (não sendo necessário realizar a evaporação de solventes/ água), reduzido o consumo de energia, provocando menor impacto ambiental. Existe ainda a possibilidade de se realizarem pequenas produções/ séries com maior versatilidade e flexibilidade dos processos. Além disso, estas tecnologias permitem alcançar revestimentos à escala micro e nanométrica, induzindo novas funcionalidades e a preservação das propriedades intrínsecas do substrato.

O estado da arte das principais tecnologias de revestimento (coating) e laminagem (união) HotMelt consistem em: rolo gravado, rolo perfurado, scattering, slot-die e multi-rolo. Estes módulos permitem a aplicação de uma camada polimérica, na superfície de um substrato plano e flexível (têxtil ou não têxtil), que pode ter a configuração de multipontos, dispersão irregular ou revestimento a 100%.

**Rolo gravado** – Revestimento em forma de pontos de adesivo hot-melt.

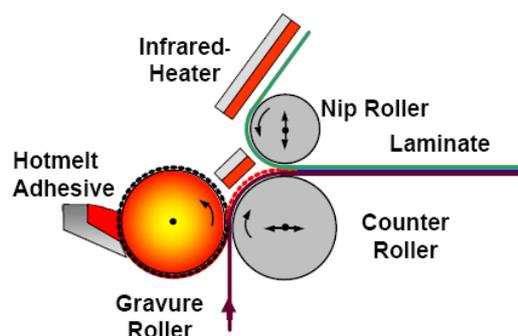


Figura 12 - Revestimento em forma de pontos – Rolo gravado



**Rolo perfurado** – Revestimento em forma de pontos de adesivo hot-melt.

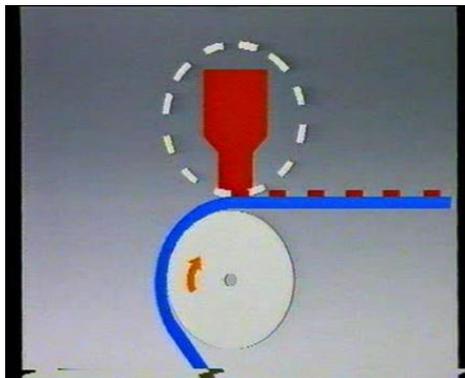


Figura 13 – Revestimento em forma de pontos – Rolo Perfurado

**Scattering** – Revestimento irregular por aplicação de adesivo em pó hot-melt.

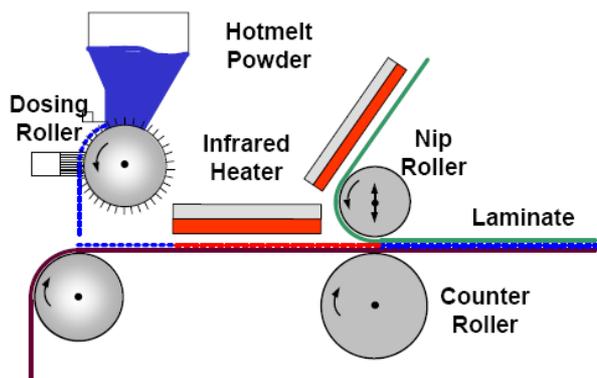


Figura 14 - Revestimento irregular por aplicação depolímero em pó

**Slot Die (faca)** – Revestimento com cobertura 100% uniforme com adesivo hot-melt.

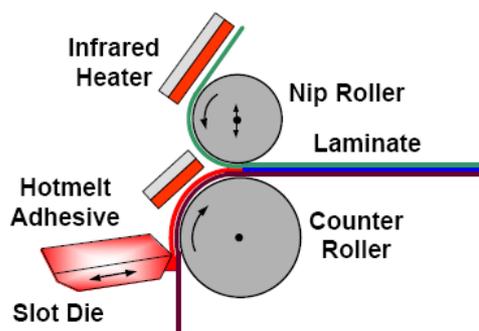


Figura 15 - Revestimento com cobertura 100% - Slot Die

**Multi-rolô** - Revestimento com cobertura 100% uniforme com adesivo hot-melt.

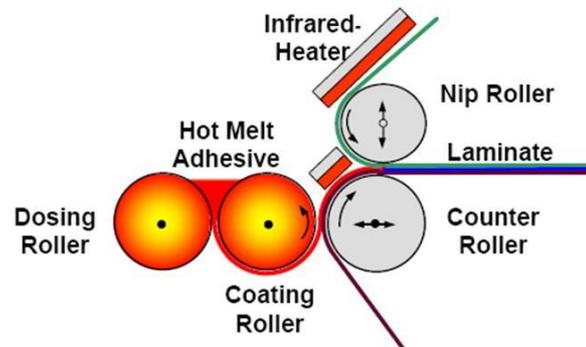


Figura 16 - revestimento com cobertura 100% - Multi rolo

### 2.3.2 Polímeros adesivos Hot-melt

Para o levantamento do estado de arte de produtos de revestimento polimérico Hot-melt, a Coltec realizou vários contatos com fornecedores mais importantes, nomeadamente; Henkel, Kleiberit, IMA, ADTRACON, Morchen e Neoflex. Embora só foram utilizados produtos da Henkel, Kleiberit, Morchen e Neoflex

O estado de arte de polímeros para revestimento a 100% de substratos têxteis, para produção de um filme contínuo com características semelhantes às das atuais membranas focaliza-se essencialmente em polímeros termo fusíveis com propriedades adesivas de base poliuretano reativo.(A. Silva 2013;Morgado, J. 2013)



### 3. CAPÍTULO III – DESENVOLVIMENTO



### 3.1 Materiais

A investigação e desenvolvimento de revestimentos in-situ, teve como principal enfoque o revestimento com filmes impermeáveis e respiráveis Hot-melt, em: diferentes tipologias de fibras (ex. fibras naturais, sintéticas e misturas entre si, como algodão, poliéster, com diferentes poderes de adesão de revestimento, etc.); diferentes tipologias de estruturas têxteis (malha e tecido); outros substratos como cortiça.

#### 3.1.1 Poliuretano reativo Hot-melt (PUR)

O poliuretano reativo hot-melt (PUR) é um adesivo de fusão a quente, também conhecida como cola reactiva. A cola é pegajosa quando quente, solidifica lentamente e a sua reticulação normalmente demora 48 horas, a qual se chama tempo de cura. Não sendo possível a sua reutilização - Este polímero, faz parte do grupo dos termoendurecíveis.

Em uso industrial, adesivos fundidos a quente apresentam várias vantagens sobre os adesivos à base de solventes, uma vez que os compostos orgânicos voláteis são reduzidas ou eliminados, e a etapa de secagem ou de cura é eliminada. Adesivos hot-melt têm vida útil longa e geralmente, podem ser eliminados sem precauções especiais.

De acordo com CENTEXBEL os poliuretanos reactivos (PUR), são resistente a altas temperaturas (após cura), contem alta flexibilidade, excelente resistência a solventes e produtos químicos, susceptíveis de degradação Ultra violeta (UV), provocando a amarelecimento e a degradação das propriedades mecânicas, para que as suas características iniciais não se alterem, deve ser introduzida na mistura com estabilizadores de Ultra Violeta (UV) e antioxidantes. A cura deve ser efectuada com temperatura e humidade controlada, normalmente demora 48 horas. Temperatura de aplicação é relativamente baixa comparando com um Poliuretano termoplástico (TPU), adequado para substratos sensíveis ao calor. Resistente ao calor após a cura. Os Hot-melt, são 100% polímeros que não contem água nem solventes. Segundo a sua estrutura química, podem apresentar-se de diferentes formas: pó, grãos, blocos, bidões, etc. Os hot-melt podem fundir-se e aplicar-se nesse estado num substrato.



### 3.1.2 Poliéster (PET)

O Poliéster (PET), é um polímero de grande importância comercial e é obtida a partir do polietileno tereftalato (PET).

As fibras de poliéster são muito utilizadas em vestuário, têxtil lar e aplicações industriais. No caso do vestuário, é muito usado em misturas com outras fibras, principalmente o algodão mas também a viscose e lã.

O polietileno tereftalato resulta da condensação entre o ácido tereftálico e o etilenoglicol, a uma temperatura de 280 °C. O álcool metílico formado é destilado e o éster diglicólico é pré – condensado no decurso desta operação (Araújo e Castro, 1986).

O polímero é extrudido por fusão (260 °C) e depois da extrusão, os filamentos sofrem um estiramento para orientar as macromoléculas segundo o eixo da fibra. É durante o processo de estiragem que se obtém a cristalinidade do poliéster.

As cadeias moleculares do poliéster são bastante rígidas como consequência da presença dos grupos ésteres do poli (etileno tereftalato) que garantem à fibra um elevado grau de cristalinidade. A cristalinidade produz-se durante o processo de estiramento. Os diferentes estados da fibra apresentam as seguintes combinações de cristalinidade e orientação. A cristalinidade de um polímero nunca é completa e a sua densidade varia com o grau de perfeição dos cristais. As cadeias moleculares estão ligeiramente inclinadas em relação ao eixo da fibra. Os segmentos alifáticos (-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-) adoptam uma configuração trans e o agrupamento das cadeias é bastante apertado de modo que não há muito espaço livre. O agrupamento relativo das cadeias em cristal é tal que os anéis aromáticos estão dispostos perpendicularmente ao eixo da fibra.

As fibras convencionais utilizadas na indústria têxtil apresentam uma estrutura cristalina – orientada, com uma grande proporção de regiões de ordem intermédia. De acordo com o modelo clássico, as regiões intermédias situam-se entre as regiões cristalinas e amorfas (estrutura bifásica). As regiões de ordem intermédia situam-se nos espaços interfibrilares das fibrilas formadas por regiões cristalinas e amorfas desordenadas (estrutura trifásica). De um modo geral, pode dizer-se que as regiões cristalinas estão divididas em duas partes que



diferem na orientação. Podem distinguir-se como fracções cristalinas anisotrópicas (orientadas) e isotrópicas (desorientadas) (Guillen, 1991).

As fibras de poliéster têm uma densidade de  $1.38 \text{ g/cm}^3$  e a sua secção transversal são reduzidas, são pouco elásticas, a sua recuperação ao alongamento é menor quando comparada com a poliamida. No entanto, a recuperação à deformação por flexão é excelente devido à rigidez intrínseca destas fibras. Daqui resulta a alta resistência à formação de rugas nos artigos de PES (Guillen, 1991).

O poliéster tem uma temperatura de fusão de  $260 \text{ }^\circ\text{C}$ . Ao aquecer o polímero observa-se uma transição vítrea a  $67 \text{ }^\circ\text{C}$  e acima dos  $100 \text{ }^\circ\text{C}$  a cristalização.

As fibras de poliéster são altamente hidrófobas. A retenção da água varia entre 2 – 5%. O poliéster apresenta uma excelente resistência aos ácidos inorgânicos. A acção dos ácidos na fibra depende da concentração, temperatura e tempo de actuação.

### 3.1.3 Malha Interlock

Tem a estrutura de malha trama.

Catarino, A (Catarino, A. 1998) afirma que o interlock utiliza dos sistemas de agulhas, no qual as agulhas dos dois sistemas se encontram colocadas umas em frente às outras, sendo activadas alternadamente, de maneira a evitar o choque com as agulhas que estão em frente: quando uma agulha se encontra na fase ascendente a fim de ser alimentada, a agulha que está em frente a si deverá estar na fase descendente. A característica principal da malha interlock é o de as duas fileiras adjacentes apresentarem as colunas com as pernas das laçadas de cada lado exactamente em linha, escondendo assim o avesso das laçadas.

Estrutura de malha que devido ao seu entrelaçamento, proporciona óptimo caimento, toque mais firme e agradável.



#### 3.1.4 Foil

Filme de polipropileno revestido numa das faces com cor, normalmente com bastante brilho. Para aplicação do foil, primeiro deve-se aplicar um efeito (polímero termoplástico com determinado desenho), normalmente é uma poliamida. A transferência da cor normalmente é efectuada a temperatura e pressão de calandra recomendadas pelo fabricante do efeito, normalmente a 150° C a pressão depende da espessura do substrato têxtil.

### 3.2 Procedimento experimental

Foi investigada a possibilidade de integração de funcionalidades nos Coating, nomeadamente, impermeabilidade à água e repelência. Foi ainda alvo de investigação a criação dos referidos revestimentos com características que que promovam a sua coloração, aplicação de foils, cores, padrões, e aspectos e toques diferenciados.

A investigação e desenvolvimento das soluções revestidas por hot-melt através de tecnologia multi-rola decorreram em diferentes fases:

Procedimento experimental:

Testes preliminares do processo de revestimento.

Testes preliminares dos produtos de revestimento

Procedimento de revestimento:

Desenvolvimento de soluções revestidas

Reengenharia de produto

Testes de validação do revestimento de uso hospitalar

Acabamento superficial, (Brilho/Mate e/ou Toque)



### 3.2.1 Testes preliminares do processo de revestimento

Aplicar o poliuretano reativo (PUR); Após varias aplicações de poliuretano reativo diretamente nos diferentes substratos têxteis, verificou-se que dependente da estrutura do têxtil, malha ou tecido e/ou da composição (algodão, poliéster, e mistura), o revestimento devido a sua irregularidade e ao poder de absorção não é possível por este processo aplicar um filme fino e linear então para e obter um revestimento pretendido deve ser feito em duas fases:

1ª Fase - aplicação do polímero em papel de silicone, ou um filme de foil (cor)

2ª Fase - transferência in-situ do polímero para o substrato têxtil

Parâmetros técnicos da tecnologia multi-rolo estudados foram:

- **Velocidade**, verificou-se que a nível experimental, desde que o caudal de alimentação seja suficiente e constante, não se verifica qualquer anomalia; gama de velocidades testadas; 1m/s a 12 m/s. Todos os testes referenciados nos revestimentos foram a 3 m/s.
- **Abertura entre rolos** aplicadores do polímero/ Massa por unidade de superfície, quanto maior a abertura entre rolos maior a massa por unidade de superfície, mas também depende da viscosidade do poliuretano reativo e como da espessura e estrutura do têxtil; experimentado ente 0,5 mm a 5,0 mm, os testes só se realizaram ente 1,0 mm e 3,0 mm.
- **Temperatura do sistema multi-rolo** (Rolos Cromados), as únicas zonas aquecidas do equipamento são os rolos cromados para aplicação, pelo sistema multi-rolo, as temperatura possíveis de trabalho são entre a temperatura ambiente e os 240°C, embora seja habitual trabalhar dentro da zona temperaturas (T °C) recomendadas.
- **Tensão do papel siliconado**, caso o papel ou outro transfer, tenha pouca tensão, vai causar defeito porque faz ruga. Se estiver demasiado tensionado corre o risco de rebentar. Depende da sensibilidade do operador da máquina.
- **A pressão de calandragem**, esta não deve ser reduzida porque não se efectua a adesão perfeita entre os materiais, caso seja excessiva “esmaga” o substrato têxtil em vez de adesão é efectuada uma impregnação, o produto final sofre alteração de propriedades.



### 3.2.2 Testes preliminares dos produtos de revestimento

Foram contactados vários fornecedores e recebidos os seguintes amostras de Poliuretano reativo ver tabela 2.

Tabela 2 - Empresas fabricantes de Hot-melt PUR

Fabricante	Referência
Henkel	Purmelt QR 6216
Neoflex	Neotherm PU - 2483
Neoflex	Neothem PU-3099 (branco)
Kleiberit	PUR 701.4
Morchem	RH 806 – 10FR
Morchem	RH 808 – 5 B
Morchem	RH 805 – 1 B



Foram seleccionados em diferentes substratos têxteis (tabela 3), existentes no fabrico de revestimentos de colchões.

Tabela 3 – Substratos têxteis

Substrato têxtil	Composição	Nome comercial
Tecido	100% Algodão	Flanela
Tecido	100% Poliéster	Microfibra
Malha	70% Algodão+30%Poliéster	Felpa
Malha	100% Algodão	Jersey
Malha	100% Poliéster	Interlock
Cortiça	100% Cortiça	Aglomerado de cortiça

Após a recepção dos materiais, têxteis (tabela3) e poliuretanos reactivos (tabela 2), deu-se início aos diferentes revestimentos.

Aplicaram-se os diferentes Poliuretanos PUR nos diferentes substratos têxteis à temperatura mínima e máxima recomendada pelos respectivos fabricantes, conforme tabela 4.

Para diferentes aberturas de rolos, foram determinadas as diferentes massas por unidade de superfície ( $\text{g/m}^2$ ) (NP EN 12127- 1999),



Tabela 4 – Abertura de rolos/Quantidade de poliuretano revestido no substrato têxtil.

Abertura de rolos (mm)	Massa por unidade de superfície (g/m <sup>2</sup> )
0,1	34 –60
0,2	55–75
0,3	70 -115

Critérios de selecção do poliuretano reativo e do têxtil para coating multi-rola.

Todos os revestimentos foram cuidadosamente analisados segundo critérios pré-estabelecidos pela Coltec no âmbito dos “têxteis lar”, revestimento de colchão. Estes são aplicados a todos os revestimentos.

Critério de selecção de Coating PUR

Tabela 5 - Critério de selecção de coating

Critérios de selecção	Característica do revestimento (coating)	Inspecção
Toque	Toque suave e agradável	Tato
Tacking, efeito pegajoso	O material revestido não deve ter qualquer tipo de tacking	Tato
Aplicação uniforme	Revestimento tão uniforme quanto possível	Visual
Cor	Cor inicial deve ser mantida, para não haver alteração da cor final do produto revestido.	Visual
Ruído	Menor ruído possível	Tato/ auditivo



A forma de rastreio evidenciada na tabela 5 - Critério de selecção de coating, forma de rastreio adoptada, embora seja empírica, é efectuada por comparação com outros produtos têxteis e pela sensibilidade adquirida ao longo do tempo, indo ao encontro da satisfação dos clientes.

Os três materiais da MORCHEM foram reprovados no “Tacking”, não passaram na pré-selecção.

Em todos os outros substratos revestidos foi realizado o ensaio de determinação da resistência à penetração da água (Ensaio sobressão hidrostática – NP EN 20811 1993),

Os têxteis revestidos que passaram na primeira fase foram submetidos ao teste de coluna de água, Figuras 17 e 18.

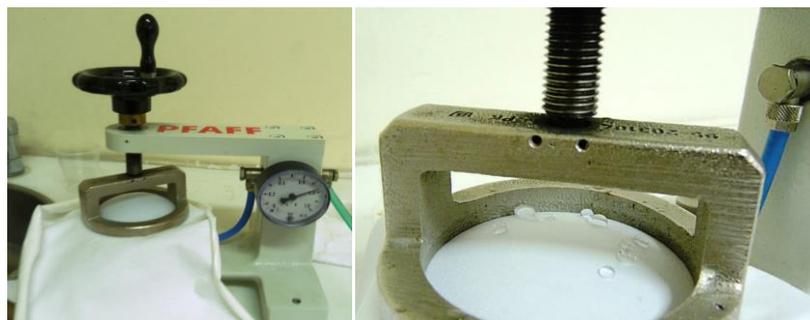


Figura 17 - Impermeável ( $\geq 3$  bar)    Figura 18 - Permeável (visível gotas de água)

Constatou-se que os poliuretano; Neotherm PU – 2483 da Neflex e Purmelt QR 6216 da Henkel, têm a propriedade de impermeabilidade exigida para revestimento têxtil de uso hospitalar.

Aplicaram-se os dois poliuretanos reativos nos diferentes substratos têxteis com diferentes espessuras de revestimento por não existirem qualquer tipode dúvidas na selecção.

Os substratos têxteis seleccionados foram o tecido 100% poliéster ea malha 100% poliéster, sendo pretendido que o artigo final (proteção de colchão para uso hospitalar) tenha elasticidade para fácil manuseamento e ajuste ao colchão. Não sendo possível a integração de elastano na composição do substrato têxtil, devido a sua fraca resistência á temperatura e aos



produtos de higienização. Foi seleccionada a malha interlock 100% poliéster porque devido à sua estrutura, tem elasticidade no sentido das fileiras e no sentido das colunas e também devido a grande resistência mecânica das fibras (Poliéster).

### 3.2.3 Procedimento de revestimento

#### Optimização dos revestimentos

A Poliuretano reativo (PUR) PU-6216 da Henkel e PU-2483 da Neoflex, foram aplicados na malha Interlock 100% Poliéster no equipamento piloto (Figura 19)



Figura 19 – Equipamento multi-roló Coltec

A malha interlock foi revestida com Poliuretano Reativo (PUR) PU- 2483 da Neoflex em seis fases distintas como se pode observar na tabela 6, também foi revestida de igual forma com poliuretano reativo (PUR) PU 6216 da Henkel, a diferentes temperaturas recomendadas pelos respectivos fabricantes e diferentes aberturas entre rolos que se traduz em diferentes Massa por unidade de superfície ( $\text{g}/\text{m}^2$ ) tabela 7.

Com a mesma abertura entre rolos, o poliuretano foi aplicado com diferentes temperaturas, verificou-se que a melhor adesão resulta quando aplicado com maior temperatura (melhor adesão entre os materiais, aplicação de uma fina película mais uniforme).



Revestimento poliuretano reativo PU- 6216 Henkel e PU – 2483 Neoflex.

Tabela 6 - Revestimento com poliuretano reativo (PUR), a diferentes temperaturas em diferentes aberturas entre rolos

Abertura de rolos	PU – 2483			PU - 6216		
	Tmin. (°C)	Tméd.(°C)	Tmáx.(°C)	Tmin.(°C)	Tméd.(°C)	Tmax.(°C)
<b>0,1</b>	110	120	130	120	130	140
<b>0,2</b>	110	120	130	120	130	140
<b>0,3</b>	110	120	130	120	130	140

Todas as amostras de coating de poliuretano reativo PUR, são colocadas numa estufa para efectuar a “cura”, (tempo de reticulação do polímero).

Após a “cura”, recomendado pelo fabricante, normalmente 48 horas em ambiente controlado, temperatura e humidade.

No fim do tempo de cura as amostras são retiradas da estufa e destacado o (“carrier”), papel siliconado ou foil.

São efectuadas amostras conforme procedimento efectuado o cálculo da massa por unidade de superfície ( $\text{g/m}^2$ ) em todos os têxteis revestidos, sendo de seguida submetidos ao teste de coluna de água.

Impermeável ( $\geq 3$  bar)

Permeável (visível gotas de água)



Os revestimentos aprovados:

Tabela 7 – Revestimentos aprovados

PUR	T max (°C)	Massa por unidade de superfície (g/m <sup>2</sup> )	Coluna de água bar
<b>Henkel 6216</b>	140	75- 115	5
<b>Neoflex 2483</b>	130	70 - 110	6

Para têxteis de uso hospitalar a norma referencia que devem ser lavados a 90 °C, embora em conversa com técnicos do sector foi assegurado que na prática só se efectua a higienização. Apesar desta informação optou-se por se proceder aos testes de solidez à lavagem.

Os têxteis revestidos foram lavados numa *máquina de lavar* tendo-se utilizado as seguintes temperaturas de lavagem: 30°C, 60°C e 95°C

Numa primeira fase de testes a têxteis revestidos, foram secos numa máquina de secar comercial, até se apresentarem totalmente secos, mas abandonou-se esta hipótese devido à má adesão entre substratos das peças lavadas.

Na segunda fase todos os testes foram lavados a 95°C e depois procedeu-se à secagem dos mesmos numa máquina de secar comercial a baixa temperatura.

Na terceira fase todos os testes foram lavados a 95°C e secos ao ar num estendal à temperatura ambiente. Este processo foi aprovado.

Outra etapa não menos importante porque não é uma característica técnica nem funcional é a forma de aplicar cor no substrato têxtil.

Foram efectuados testes para colorir pelos processos de sublimação e foil.



Sublimação: O processo de sublimação foi testado a diferentes; temperaturas, pressões e tempo de fixação da cor, mas foi verificado que não têm solidez de cor com as lavagens. Sendo este método não eficaz a nível de coloração e bastantedispendioso devido ao material equipamento e mão-de-obra utilizado.

Foil: Da mesma forma foi testado a transferência de cor através do foil, a diferentes; temperaturas, pressões e tempo de fixação, através do processo convencional de aplicação de foils. Desta forma não se obteve qualquer coloração. Optou-se por uma aplicação diferente e experimental. O foil foi usado como “carrier” em vez do papel siliconado, foi aplicado o poliuretano reativo (PUR) diretamente no foil (na máquina piloto multi-rol) e posteriormente transferiu-se para o substrato têxtil. Neste caso substituímos o papel siliconado pelo foil que funciona como “transfer”, a coloração obtida é uniforme, resistente as lavagens e grande solidez a higienização. Até chegar as condições óptimas de aplicação foram efectuados vários testes variando: temperatura, tensão no foil, velocidade de aplicação do revestimento e pressão de fixação (calandra). Foi comprovado que o único parâmetro que varia emrelação ao processo em que é utilizado papel siliconado, é a tensão do foil, os outros parâmetros aplicam-se como se tratasse de um papel siliconado. Desta forma evita-se nova passagem de máquina e redução mão-de-obra, o produto fica acabado, pronto para medir e seguir para o cliente.

Como o material revestido para uso hospitalar é um material com valor acrescentado, este também deve ser feito de forma a satisfazer os diferentes clientes, então foram efectuados dois tipos de acabamento:

Brilho/Mate, aveludado (macio) foram efectuados vários testes numa calandra até chegar a temperatura e pressão adequado para aplicação deste acabamento, deve existir um compromisso de durabilidade e qualidade, este material pode ser usado algumas vezes, mas existe um compromisso entre uso pressão e temperatura. Este acabamento foi efetuado com material da “NORMANDYCOATING”

- Ref.Arophane MTR XPS 100  $\mu$  2 sides, macio (+mate)

- Ref.Arophane MTR CP 100 $\mu$  2 sides, macio (-mate)



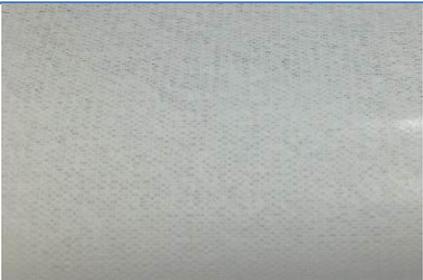
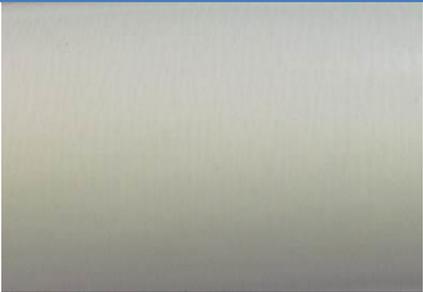
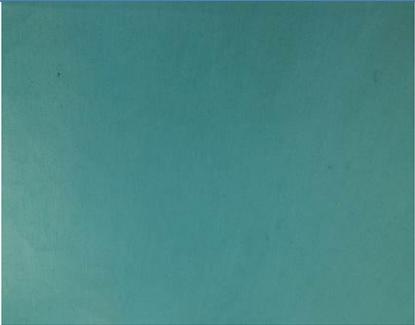
Os dois materiais de acabamento devem ser trabalhados a 140°C, com uma pressão de 8 bar na calandra. Podendo ser utilizados durante 10 aplicações sem perder qualidade, como promovem esse efeito dos dois lados é possível usar em 20 aplicações.

Na tabela 8 podem ser observadas algumas amostra testadas.

Tabela 8 - Amostras de coating, nas diferentes fases do desenvolvimento

Substrato/ adesivo	Caraterísticas do filme obtido	Amostra
Substrato: Felpa 70% CO/ 30% PES  Adesivo: NEOTHERM PU- 3099 BlancoNeoflex, (igual PU 2483 com cor)	Toque a papel, seco e encorpado  Filme uniforme  Aplicação: 45, 70 94 g/m <sup>2</sup>	
Substrato: Malha 100% PES  Adesivo: NEOTHERM PU- 3099 Blanco, (igual PU 2483 com cor)	Toque a papel, seco e encorpado  Filme uniforme  Aplicação: 49, 79 102 g/m <sup>2</sup>	
Substrato: Flanela 100% CO  Adesivo: NEOTHERM PU- 3099 Blanco  Neoflex	Toque a papel, seco e encorpado  Filme uniforme  Aplicação: 51, 80, 101 g/m <sup>2</sup>	



<p>Substrato: Felpa 70% CO/ 30% PES</p> <p>Adesivo: PUR 701.4 Kleiberit</p>	<p>Muito ligeiro tacking e alguma rigidez.</p> <p>Filme uniforme</p> <p>Aplicação: 52, 74, 96 g/m<sup>2</sup></p>	
<p>Substrato: Malha 100% PES</p> <p>Adesivo: NEOTHERM PU- 3099 Blanco, (igual PU 2483 com cor)</p> <p>Neoflex</p>	<p>Toque a papel, seco e encorpado</p> <p>Filme uniforme</p> <p>Aplicação: 49, 72, 91 g/m<sup>2</sup></p>	
<p>Substrato: Malha Interlock 100% PES</p> <p>Adesivo: Neoflex PU 2483</p> <p>Sublimação com corantes dispersos em prensa, posterior ao coating hot-melt: 210°; 45 seg., 8 bar</p>	<p>Toque maleável</p> <p>Sem tacking</p> <p>Filme uniforme</p> <p>Impermeável à água</p> <p>Adequado à coloração por sublimação ou Foil</p> <p>Aplicação: 45, 73,92g/m<sup>2</sup></p>	



Substrato: Flanela 100% CO	Toque agradável mas com tacking (adesão do filme)	
Adesivo: Neoflex PU-2483	Filme uniforme	
	Impermeável Aplicação:30, 66, 97g/m <sup>2</sup>	
Substrato: Felpa 70%PES/ 30% CO	Toque agradável mas com tacking (adesão do filme)	
Adesivo: Neoflex PU-2483	Filme uniforme	
	Impermeável Aplicação:53, 75, 90g/m <sup>2</sup>	
Substrato: Malha jersey 100% CO	Toque agradável mas com tacking (adesão do filme)	
Adesivo: NEOTHERM PU- 2483	Filme uniforme	
Neoflex	Impermeável Aplicação:30-66- 97g/m <sup>2</sup>	



<p>Substrato: Malha 100% PES</p> <p>Adesivo: Neoflex PU 2483 (Neoflex)</p> <p>Com prensagem posterior ao coating: 210°; 45 seg., 8 bar</p>	<p>Toque maleável, sem tacking</p> <p>Filme uniforme</p> <p>Impermeável à água</p> <p>Bom comportamento à lavagem a 95°C</p> <p>Aplicação: 52, 78 98 g/m<sup>2</sup></p>	
<p>Substrato: Malha 100% PES, cor-de-rosa (fundo estampado a mil pontos)</p> <p>Adesivo: Purmelt QR 6216 (Henkel)</p> <p>Com prensagem posterior ao coating: 140°C – 8 bar</p>	<p>Toque maleável, sem tacking</p> <p>Filme uniforme</p> <p>Impermeável à água</p> <p>Cor avivou após prensagem</p> <p>Aplicação: 34g/m<sup>2</sup></p>	



<p>Substrato: Felpa100% CO</p> <p>Adesivo: Purmelt QR 6216 (Henkel)</p> <p>Com prensagem posterior ao coating: 140°C – 8 bar</p>	<p>Toque maleável</p> <p>Sem tacking</p> <p>Filme uniforme</p> <p>Impermeável à água</p> <p>Com prensagem posterior</p> <p>Com lavagem 95°C</p> <p>Aplicação: 56, 73, 98 g/m<sup>2</sup></p>	
<p>Substrato: Malha interlock 100% Poliéster</p> <p>Adesivo: Purmelt QR 6216 (Henkel)</p> <p>Com prensagem posterior ao coating: 140°C – 8 bar</p>	<p>Toque maleável</p> <p>Sem tacking</p> <p>Filme uniforme</p> <p>Impermeável à água</p> <p>Com prensagem posterior</p> <p>Aplicação: 52, 73, 98 g/m<sup>2</sup></p>	



Substrato: Malha Jersey 100% PES, cor-de-rosa (fundo estampado a mil pontos)	Toque maleável, sem tacking  Filme uniforme  Impermeável à água	
Adesivo: Purmelt QR 6216 (Henkel)	Lavagem a 95°C  Sem prensagem posterior  Aplicação: 34, 51, 72 g/m <sup>2</sup>	

Foram efectuados vários testes em que se revestiu o substrato têxtil aplicando (35 g/m<sup>2</sup> a 40g/m<sup>2</sup>) de PUR numa primeira fase, deixando o material revestido sujeito ao tempo de cura pré-estabelecido, 48 horas depois fez-se nova aplicação de revestimento (35 g/m<sup>2</sup> a 40g/m<sup>2</sup>) de PUR e procedeu-se a nova cura, ficando o revestimento final com 70g/m<sup>2</sup>a 80 gm<sup>2</sup>; este substrato revestido contem os requisitos pré-estabelecidos, sendo comparável com o de um só revestimento 90 g/m<sup>2</sup>.

### 3.3 Testes realizados

Ensaio e normas de validação dos materiais revestidos a 100%, obtidos pela técnica hot-melt multi-rolô.

#### 3.3.1 Massa por unidade de superfície ( $\text{g}/\text{m}^2$ )

Ensaio realizado baseado na Norma NP EN 12127:1999 – Têxteis. Tecidos. Determinação da massa por unidade de superfície em amostras de pequenas dimensões, em que o n° de ensaios a realizar são 5 e a dimensão do provete é de  $100 \text{ cm}^2$ .



Figura 20 - Cortador de amostras com  $100 \text{ cm}^2$ ; Figura 21 – Balança analítica

#### 3.3.2 Penetração de água EN 20811

Pressão hidrostática suportada por um tecido. É a medida da resistência a passagem através do tecido. Um provete é submetido a uma pressão de água crescente, de modo regular, sobre uma das faces, em condições normalizadas. Até que a passagem se faça em três pontos. A pressão de água pode ser aplicada sob o lado direito ou do avesso do provete. O resultado está diretamente relacionado com o comportamento dos artigos que são submetidos à pressão da água durante períodos de tempo curtos ou médios.

Esta Norma diz que o provete deve ser fixado no equipamento e verificado o “aperto” de forma que o provete seja submetido a uma pressão crescente.



Na empresa Coltec que comercializa têxteis laminados para uso hospitalar, efectua-se o referido teste, com as seguintes alterações a norma:

O ensaio é feito do avesso técnico do laminado e longitudinalmente, repete-se 5 vezes, durante 3 min. Após este procedimento faz-se ainda um ensaio, durante 1 hora cujo valor da pressão tem de ser igual ou superior a 0.3 bar em todas as amostras.



Figura 22 – Equipamento de medição de pressão hidrostática

### 3.3.3 Recuperação Elástica (alongamentos cíclicos)

#### Recuperação elástica

Quando os materiais têxteis são esticados por forças que são inferiores a sua resistência à ruptura e, em seguida, tem a possibilidade de recuperar, eles podem imediatamente voltam ao seu comprimento original. A recuperação ao comprimento original depende da força utilizada, o período de tempo e do próprio material.

Segundo Farro [4] a recuperação elástica é calculado utilizando a equação 1, O alongamento é o aumento no comprimento da amostra a partir do seu comprimento inicial, expressa-se em unidades de comprimento e/ou percentual. A distância que um material vai estender sob uma dada força é proporcional ao seu comprimento original,



$$\text{Recuperação elástica} = \frac{\text{extensão recuperada}}{\text{extensão imposta}} \times 100 \%$$

Equação 1: Recuperação elástica

(B P Saville)

Todos os materiais têm 2 zonas de recuperação, que estão divididas da seguinte forma:

Elástica é a propriedade que os materiais apresentam de se deformarem quando submetidos a ações externas, retornando à sua forma original quando a ação externa é removida.

Plástica é a propriedade inversa à da elasticidade, ou seja, do material não volta à sua forma inicial após a remoção da carga externa, obtendo-se deformações permanentes.

Apos observação do comportamento à tração quer no sentido das colunas quer no sentido das fileiras. Verifica-se que a zona elástica situa-se entre os 40 N e 60 N. Então vai-se testar a elasticidade tendo em conta os valores encontrados

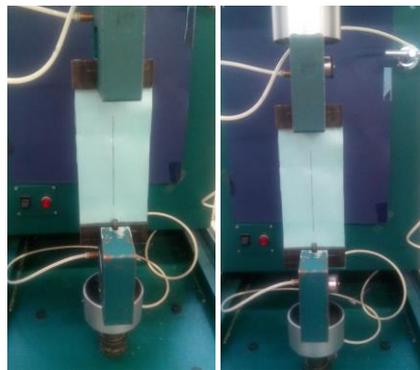


Figura 23 – Dinamómetro, Resistência ao teste de recuperação elástica

Os ensaios de recuperação elástica foram submetidos o coating da Coltec e o Coating da concorrência, foram realizados segundo um procedimento interno do laboratório do Departamento de Engenharia Têxtil, este procedimento foi realizado tendo como base a



norma BS 4952-1992, no sentido longitudinal (L) e no sentido transversal (T), as condições de ensaio foram as seguintes: Velocidade 100 mm/minuto; Força de 50N e uma extensão de 25 mm. Foram efectuadas seis medições para cada material, três no sentido da trama e três no sentido da teia. Provedor: 200 mm x 75 mm.

### 3.3.4 Propriedades de Tração

A resistência à tração é uma propriedade mecânica importante neste estudo e foi utilizada para estudar o comportamento dos diversos materiais, quer no sentido das colunas, quer no sentido das fileiras. Fundamentalmente existem dois métodos de efectuar ensaios à tração em “tecidos”, nomeadamente o processo da tira e do “grab”. Neste caso o método utilizado foi o processo da tira. Neste método a largura total do provete é fixada nas amarras. Os provetes são fixados entre amarras no dinamómetro, sendo submetidos à tração até a rotura. O equipamento utilizado para estudar a resistência à tração foi o dinamómetro da marca HOUNSFIELD modelo H10 KS. Com este ensaio pretende-se determinar os valores da força máxima e da extensão pelo método da tira. Ensaios realizados segundo a Norma ASTM D 5035 – Breaking Strength e Elongation (strip force). Neste método a largura total do provete é fixada, provetes, com 50 mm de largura e 300 mm de comprimento o que permite uma distância inicial entre as amarras do dinamómetro de 200 mm. Os provetes são fixados nas amarras e submetidos à tração e até à rotura. O ensaio realizou-se com uma pré-tensão de 5N.



Figura 24 – Dinamómetro, Resistência ao teste de Tração pelo método da tira.

### 3.3.5 Resistência ao Rasgo EN ISO 13937-2 2001

A resistência ao rasgo é uma propriedade mecânica importante nesta investigação e foi utilizada para estudar o comportamento do material, quer no sentido das colunas, quer no sentido das fileiras. O equipamento utilizado para estudar a resistência ao rasgo foi o dinamómetro da marca HOUNSFIELD e célula de carga 2,5 KS. Com este ensaio pretende-se determinar a força de rasgo necessária para propagar um rasgo único previamente iniciado quando a força é aplicada.



Ensaios realizados segundo a Norma ASTM D 2262. O ensaio realizou-se com uma pré-tensão 5N. Os provetes 200 mm x 75 mm, com um rasgo central numa das extremidades de 100 mm, conforme figura 25.



Figura 25 -Dinamómetro, Resistência ao teste de rasgo pelo método “ASA”

### 3.3.6 FricTorq

Foi desenvolvido, na Universidade do Minho, o FricTorq, um instrumento destinado a medir o coeficiente de atrito de materiais sólidos planos, onde se podem incluir os tecidos. Neste instrumento, um corpo plano, com uma configuração anelar, é arrastado sobre uma outra superfície plana com um movimento de rotação, de velocidade angular baixa, em torno de um eixo que passa pelo centro geométrico da forma anelar, sob efeito de uma força de normal, de onde resulta um contacto uniforme. O coeficiente de atrito é então proporcional ao valor do binário medido. O sensor utilizado permite medir valores de binário até 10 cNm, sendo o controlo do equipamento realizado por intermédio de um computador (Lima, Silva, et al. 2005).

O segundo modelo deste instrumento tentou resolver problemas relacionados com as superfícies de contacto, e paralelamente verificou-se que o corpo superior estava sempre em completo contacto com toda a área de ensaio da amostra inferior, sendo de esperar que isso produzisse uma alteração nas características da superfície a ensaiar. Desenvolveu-se então um novo sensor de contacto superior, com uma configuração diferente. Em vez de uma superfície de contacto de forma anelar, este novo sensor possui três pequenas superfícies de contacto



dispostas radialmente e espaçadas a 120°. Durante o ensaio, este sensor terá um deslocamento angular de aproximadamente 90°, que garante haver sempre uma nova seção de tecido a ser arrastada para cada uma das três superfícies de contacto (Lima, Silva, etal. 2005).



Figura 26 – Frictorq, teste de coeficiente de atrito

Dados do equipamento:

Peso 57,62 g

Tempo 20 s

$\mu_{\max}$  – 0.2624

$\mu_{\text{cinética}}$  – 0.2321

### 3.3.7 Flexómetro (Maleabilidade)

O toque de um “tecido” encontra-se relacionado com o sentir do material, pelo que depende do sentido do tacto. Segundo Pierce <sup>(1)</sup> o toque de um tecido é avaliado por sensações de rigidez ou flexibilidade, maciez ou aspereza e dureza ou moleza.



O cair tem um significado bastante diferente e refere-se de uma maneira muito vaga à “capacidade de um tecido” poder assumir uma aparência “graciosa”, podendo mesmo ser inconveniente que isso aconteça.

O método utilizado foi da catenária em que se utiliza um flexómetro, figura 27, e uma tira rectangular de “ tecido” é montado numa plataforma horizontal de modo a flectir como uma catenária.

A partir do comprimento (L), e da média da massa dos provetes (M) podem determinar-se o Coeficiente de rigidez (G).

L - comprimento do tecido

G – Coeficiente de rigidez;

$$G = 0.1 * M * C^3 \text{ (mg*cm)}$$

Equação 2: Coeficiente de rigidez

M – peso g/m<sup>2</sup>

C = cms



Figura 27- Flexómetro teste de medição do Cair



### 3.3.8 Higienização

É efectuada com um desinfectante eficaz contra bactérias, vírus, microbactérias, fungos e esporos. Produto químico utilizado em “ambientes de prestação de cuidados de saúde”, para vários tipos de áreas de aplicação. A seleccionada foi a “desinfecção de superfícies com derramamento de sangue ou outro fluídos corporais, ou onde existe grande foco de contaminação”.

Foi efectuada a mistura recomendada pelo fabricante, concentração 1% e diluído em água

Higienizou-se 100 vezes consecutivas e 100 dias diferentes, seguidamente efectuou-se o teste de impermeabilidade de coluna de água ( $P > 3$  bar) e foi verificada estabilidade dimensional.

### 3.3.9 Permeabilidade ao Vapor de Água

A respirabilidade é um aspecto importante quando se trata de revestimentos para aplicação em uso hospitalar justificando-se por incluir maior conforto no produto final. Um dos métodos de avaliação da permeabilidade ao vapor de água é baseado na Norma BS 7209:1990 - British Standard Specification for water vapour permeable apparel fabrics, em que se utiliza o aparelho de medição denominado permeabilímetro, representado na figura 28, sob condições isotérmicas. O objectivo deste equipamento é determinar a permeabilidade ao vapor de água (WVP) de um substrato, comparando com um tecido referência.

Adoptou-se o método interno existente no laboratório de Física Têxtil, do Departamento de Engenharia Têxtil da Universidade do Minho. O Resultado é representado pela Equação 1 e expresso em  $\text{g}/\text{m}^2/\text{dia}$ .



$$WVP = \frac{24W}{At}$$

Equação 3: Permeabilidade ao Vapor de Água

Em que,

W - Massa do vapor de água (g)

A - Área interna do copo de medição (m<sup>2</sup>)

τ - Tempo entre as várias pesagens (s).

Reorganizando a equação, o índice de permeabilidade ao vapor de água, expresso em percentagem, obtêm-se pelo índice de permeabilidade ao vapor de água do tecido a ensaiar sobre o índice de permeabilidade do tecido de referência, como evidencia a Equação 2.  $WVP_f$ ,

$$I = \frac{WVP_f}{WVP_r} \times 100$$

Equação 4: Índice de Permeabilidade ao Vapor de Água

Em que,

I – Índice de permeabilidade ao vapor de água (%)

WVP<sub>f</sub> - Permeabilidade do vapor de água do provete a ensaiar

WVP<sub>r</sub> - Permeabilidade do vapor de água do provete de referência.



Figura 28 – Permeabilímetro, teste de medição da permeabilidade ao vapor de água



### 3.3.10 Adesão do coating, longitudinal e transversal, EN ISO 2411

Como não foi possível separar a malha do coating, logo não foi possível realizar este ensaio, apesar do mesmo ser de importância crucial para o estudo em causa. Este facto leva-nos a crer que a adesão foi efectivamente elevada.





## 4. CAPÍTULO IV – ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS



#### 4.1.1 Massa por unidade de superfície ( $\text{g}/\text{m}^2$ )

Ensaio realizado baseado na Norma NP EN 12127:1999

Para este tipo de aplicação (coating com poliuretano reativo para uso hospitalar), foi necessário estudar os parâmetros (temperatura dos rolos aplicadores, abertura entre rolos, pressão calandra) para atingir a massa de poliuretano reativo (PUR) de  $70\text{g}/\text{m}^2$  até  $115\text{g}/\text{m}^2$ . Sendo o coeficiente de variação 0.49% para o material de Henkel PU 6218 e 1.06 % para o material da Neoflex PU 2483. Conclui-se que o coating com poliuretano reativo com aplicação por multi-rola efectua um revestimento polimérico muito uniforme.

#### 4.1.2 Determinação da Resistência da penetração da água.

Então os 5 provetes revestidos com PU – 6216 Henkel e PU – 2483 Neoflex, foram testados até à pressão apresentada na Tabela 9. A pressão exercida indica que os revestimentos estão acima dos parâmetros exigidos pelo procedimento interno, indicam que trabalhamos com um coeficiente de segurança acima do proposto.

Tabela 9 - Pressão hidrostática suportada por um tecido (PUR)

Amostra	PU – 6216 Henkel		PU – 2483 Neoflex	
	Pressão 3 min. (bar)	Pressão 60 min. (bar)	Pressão 3 min. (bar)	Pressão 60 min. (bar)
1	0,50	0,50	0,60	6,00
2	0,50	0,50	0,60	6,00
3	0,50	0,50	0,60	6,00
4	0,50	0,50	0,60	6,00
5	0,50	0,50	0,60	6,00
Média ( $\bar{M}$ )	0,50	0,50	0,60	6,00
Desvio padrão ( $D_p$ )	0,00	0,00	0,00	0,00
Coeficiente de variação (CV)	0%	0%	0%	0%

Os revestimentos foram submetidos a pressões diferentes devido à natureza do revestimento, sendo PU – 2483 Neoflex um mais elástico que o PU – 6216 Henkel.



Sendo o coeficiente de variação 0 % para o material de Henkel PU 6218 e 0 % para o material da Neoflex PU 2483. Conclui-se que o coating com poliuretano reativo com aplicação por multi-rola efectua um revestimento polimérico com excelente uniformidade. Conclui-se que é impermeável.

#### 4.1.3 Recuperação Elástica (Alongamentos cíclicos).

Foi exercida uma força de 50 N no provete com a Área  $0.015 \text{ mm}^2$ . Este cálculo foi baseado quando um homem adulto está sentado numa cama 1000 N;  $A = 0,3 \text{ mm}^2$  de área prevista (peso do Homem 100Kg; 500 mm x 600 mm).

Foram cortados 6 provetes de cada revestimento (Coltec / Concorrência), três no sentido das colunas e três no sentido das Fileiras com a dimensão de 200 x 75, no centro dos provetes foi marcado uma recta com 100 mm para análise dos alongamentos, de seguida todos os provetes foram submetidos ao teste dos alongamentos cíclicos.

Na tabela 11 foram registados os alongamentos das amostras quer no sentido das colunas e quer no sentido das fileiras, logo após o teste; 0 segundo, 1 minuto, 5 minutos, 60 minutos e 1 dia. Na tabela 10 estão apresentados os valores obtidos no dinamómetro.

Coltec:

Tabela 10 – Recuperação elástica do Coating PUR da Coltec, registo dinamómetro

Coating Coltec	Colunas		Fileiras	
	(N)	(mm)	(N)	(mm)
<b>Amostra 1</b>	50,0	4,9	50,0	2,9
<b>Amostra 2</b>	50,0	4,7	50,0	3,0
<b>Amostra 3</b>	50,0	4,8	50,0	2,8
<b>Média (M)</b>		4,8		2,9
<b>Desvio padrão (Dp)</b>		0,1		0,1
<b>Coeficiente de variação (CV)</b>		2%		3%



Coltec:

Tabela 11 – Recuperação elástica do Coating PURda Coltec

Coating Coltec	Colunas (mm)					Fileiras (mm)				
	0	1	5	60	1 dia	0	1	5	60	1 dia
<b>Tempo</b>	0	1	5	60	1 dia	0	1	5	60	1 dia
<b>Amostra 1</b>	103	103	103	103	102	103	103	103	103	101
<b>Amostra 2</b>	103	103	103	103	102	103	103	103	103	101
<b>Amostra 3</b>	103	103	103	103	102	103	103	103	103	101
<b>Média (<math>\bar{M}</math>)</b>	103	103	103	103	102	103	103	103	103	101
<b>Desvio padrão (Dp)</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Coefficiente de variação (CV)</b>	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Nas tabelas 10 e 11 analisa-se que a deformação inicial do coating da Coltec é de 3 mm quer no sentido das colunas quer no sentido das fileiras. Ao fim de um dia tem recuperação de 1 milímetro na direcção das colunas e de 2 na direcção das fileiras.

Verifica-se que o coeficiente de variação das colunas é de 2% e o coeficiente de variação das fileiras é de 3%, sendo um coeficiente de variação baixo, analisamos que a sua recuperação elástica é constante. Embora o registo no dinamómetro tenha uma deformação de 4.8 mm no sentido das colunas logo após aplicação da força. Quando medido com a régua só se verifica uma deformação de 3 mm. No sentido das fileiras a deformação é de 2.9 no dinamómetro e 3mm com a régua, sendo os valores obtidos praticamente iguais.

Procedeu-se de igual forma com o revestimento da concorrência, o obteve-se as seguintes deformações:



Concorrência:

Tabela 12 – Recuperação elástica do Coating concorrência - registo dinamómetro

Coating Concorrência	Colunas		Fileiras	
	(N)	(mm)	(N)	(mm)
<b>Amostra 1</b>	50,0	5,0	50,0	14,9
<b>Amostra 2</b>	50,0	4,7	50,0	15,9
<b>Amostra 3</b>	50,0	4,7	50,0	17,2
<b>Média (M)</b>		4,8		16,0
<b>Desvio padrão (Dp)</b>		0,1		0,9
<b>Coefficiente de variação (CV)</b>		3%		6%

Concorrência:

Tabela 13 – Recuperação elástica do Coating concorrência

Coating Conc.	Colunas					Fileiras				
	0	1	5	60	1	0	1	5	60	1
<b>Tempo (min.)</b>					dia					dia
<b>Amostra 1</b>	105	105	105	105	103	113	113	113	113	110
<b>Amostra 2</b>	105	105	105	105	103	113	113	113	113	110
<b>Amostra 3</b>	105	105	105	105	103	113	113	113	113	111
<b>Média (M)</b>	105	105	105	105	103	113	113	113	113	110
<b>Desvio padrão (Dp)</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Coefficiente de variação (CV)</b>	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%



Na tabela 13 analisa-se que a deformação inicial do coating da concorrência é de 5 mm no sentido das colunas e de 13 mm no sentido das fileiras. Ao fim de um dia tem recuperação de 2 milímetros na direção das colunas e de 3mm na direção das fileiras.

Verifica-se que o coeficiente de variação no dinamómetro das colunas é de 3% e o coeficiente de variação das fileiras é de 6%.

Embora o registo no dinamómetro figura 11, tenha uma deformação de 4.8 mm no sentido das colunas logo após aplicação da força, quando medido com a régua só se verifica uma deformação de 5mm sendo praticamente igual. No sentido das fileiras a deformação é de 16 no dinamómetro e 13mm com a régua, os valores obtidos diferem de 3 mm

Verificase que o revestimento da Coltec em relação ao da concorrência tem menos elasticidade quer na direcção das colunas como na direcção das fileiras. Contudo tem menor deformação permanente, ou seja, mais estável.

#### 4.1.4 Resistência de Tração

Os ensaios de resistência à tração a que foram submetidos o Coating da Coltec e o Coating da concorrência, foram realizados segundo a Norma ASTM D 5035, no sentido longitudinal (L) e no sentido transversal (T), as condições de ensaio foram as seguintes: velocidade 100 mm/minuto; com pré-tensão de 2N. Foram efectuadas seis medições para cada material, três no sentido da trama e três no sentido da teia, de acordo com a tabela 14 e tabela 15.



Tabela 14 – Teste de tração revestimento Coltec

Coating Coltec	Colunas		Fileira	
	Força (N)	(%)	Força (N)	(%)
<b>Amostra 1</b>	688,00	78,50	296,00	133,00
<b>Amostra 2</b>	676,00	77,50	268,40	127,60
<b>Amostra 3</b>	680,00	73,50	310,80	139,60
<b>Média (M)</b>	681,33	76,50	291,73	133,40
<b>Desvio padrão (Dp)</b>	4,989	2,160	17,571	4,907
<b>Coefficiente de variação (CV)</b>	0,7%	2,8%	6,0%	3,7%

Após análise da tabela 14 conclui-se que o coeficiente de variação no material da Coltec na direcção das colunas é aceitável visto ser inferior a 5.

Tabela 15 - Teste de tração revestimento Concorrência

Coating Concorrência	Colunas		Fileiras	
	(N)	(%)	(N)	(%)
<b>Amostra 1</b>	388,20	108,40	205,80	188,00
<b>Amostra 2</b>	386,80	107,50	207,50	197,50
<b>Amostra 3</b>	380,10	106,90	210,10	186,30
<b>Média (M)</b>	385,03	107,60	207,80	190,60
<b>Desvio padrão (Dp)</b>	3,53	0,62	1,77	4,93
<b>Coefficiente de variação (CV)</b>	0,9%	0,6%	0,9%	2,6%



Sendo o coating da concorrência mais estável nos dois sentidos.

O coating da Coltec tem cerca do dobro na resistência à tração na direção das colunas e ligeiramente inferior no sentido das fileiras.

#### 4.1.5 Resistência ao Rasgo EN ISO 13937-2 2001

Os ensaios de resistência ao Rasgo a que foram submetidos o Coating da Coltec e o Coating da concorrência, foram realizados segundo a Norma ASTM D2262, no sentido longitudinal (L) e no sentido transversal (T), as condições de ensaio foram as seguintes: O ensaio realizou-se com uma pré-tensão 50N a uma velocidade de 100 mm/s.

Na figura 29, estão representados os gráficos de resistência ao rasgo do coating da Coltec na direção das colunas e na direção das fileiras, onde se observa a força a que foram sujeitos para uma extensão de 100mm.

Gráfico 9 – Rasgo Colunas Concorrência

Gráfico 10 - Rasgo Fileiras Concorrência

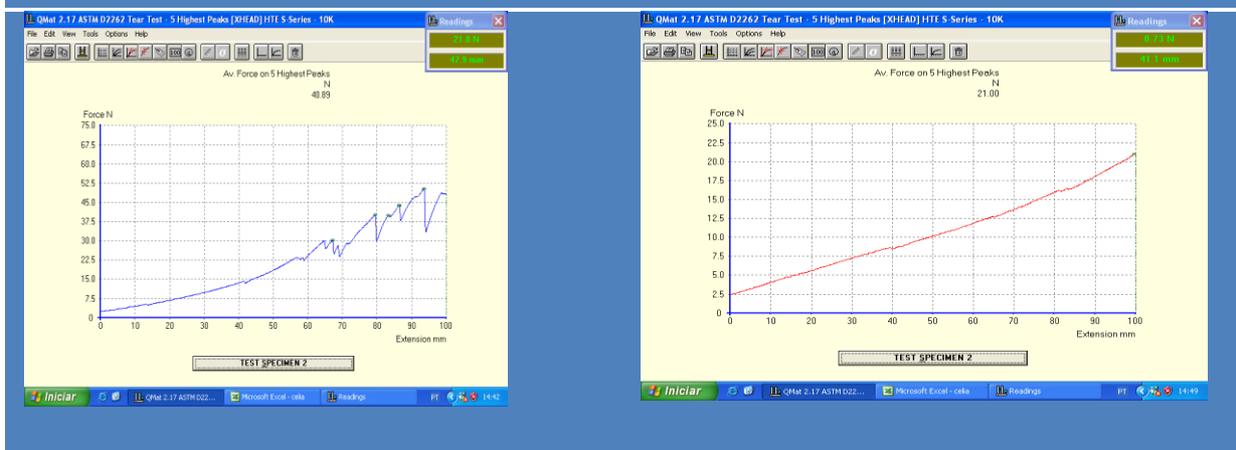


Figura 29- Gráfico Resistência ao rasgo Coltec

Na tabela 16 estão registados os valores da força a que foram sujeitos os provetes do coating da Coltec, na direção das colunas e na direção das fileiras. Em que se verifica a força na direção das colunas e muito superior à direção das fileiras, praticamente o dobro.



Tabela 16- Força para rasgo, coating Coltec

Coating Coltec	Colunas (N)	Fileiras (N)
1	39,80	19,25
2	40,89	21,00
3	42,00	19,58
<b>Média (M)</b>	40,90	19,94
<b>Desvio padrão (Dp)</b>	0,90	0,76
<b>Coefficiente de variação (CV)</b>	2%	4%

Na figura 30, estão representados os gráficos de rasgo do coating da concorrência, na direcção das colunas e na direcção das fileiras, onde se observa a força a que foram sujeitos para uma extensão de 100mm.

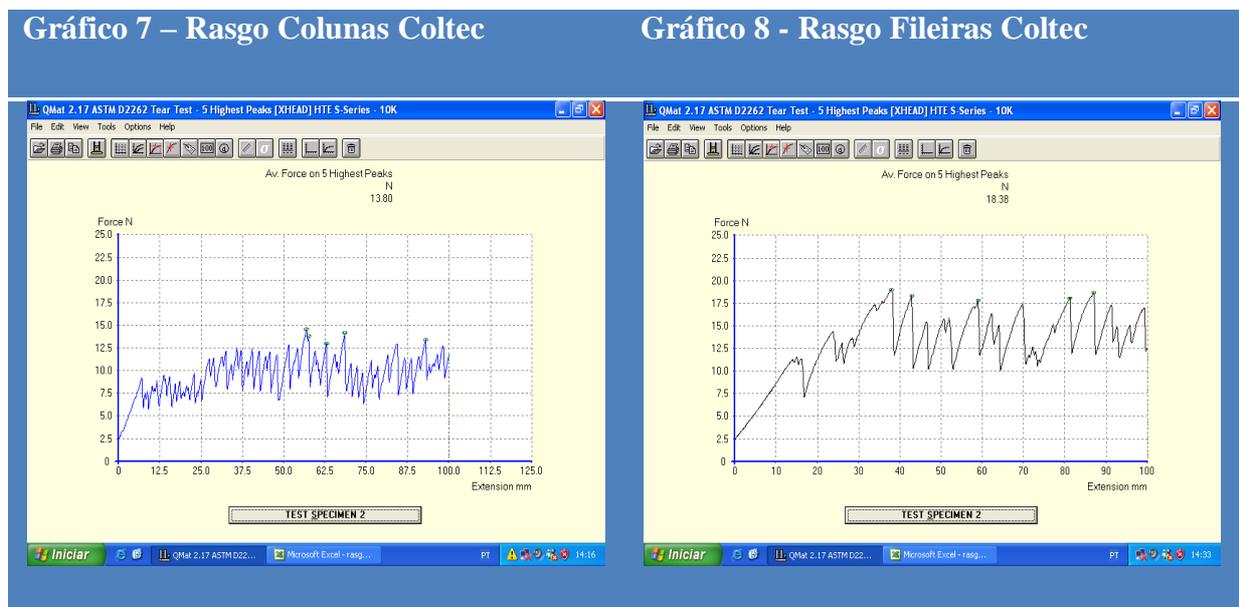


Figura 30- Gráfico Resistência ao Rasgo Concorrência



Na tabela 17, estão registados os valores da força a que foram sujeitos os provetes do coating da concorrência, na direção das colunas e na direção das fileiras. Em que se verifica a força na direção das colunas é inferior à direção das fileiras

Tabela 17- Força de rasgo, coating Concorrência

Coating concorrência	Colunas (N)	Fileiras (N)
1	13,00	18,38
2	13,80	19,60
3	12,44	18,50
<b>Média (M)</b>	13,08	18,83
<b>Desvio padrão (Dp)</b>	0,56	0,55
<b>Coefficiente de variação (CV)</b>	4%	3%

A Força de rasgo do coating da Coltec é muito superior ao coating da concorrência.

#### 4.1.6 Frictorq

Equipamento existente na Universidade do Minho para medir o atrito.

Foram cortados três provetes circulares do Coating da Coltec e três provetes circulares do coating da concorrência, foram feitos os testes de atrito no Frictorq.

Na Tabela 18 encontram-se representados os valores da média do coeficiente de atrito obtidos nos substratos têxteis revestidos da Coltec e da Concorrência. O valor mais baixo é do coating



da Coltec com o valor de 0,2657, a concorrência tem o valor de 0,6234. O substrato têxtil da concorrência tem um coeficiente de atrito muito elevado em relação ao coating aplicado na

Coltec:

Tabela 18 – Média do Coeficiente de atrito dos substratos têxteis

Coltec Média ( $\dot{M}$ )		Concorrência - Média ( $\dot{M}$ )		
Amostra	$\mu_{\max}$	$\mu_{\text{cinética}}$	$\mu_{\max}$	$\mu_{\text{cinética}}$
Média ( $\dot{M}$ )	0,2657	0,2349	0,6234	0,5801

Na Figura 33 - estão representados os gráficos do Coating da Coltec e da concorrência

Gráfico 11 – Atrito Coltec

Gráfico 12 – Atrito Concorrência

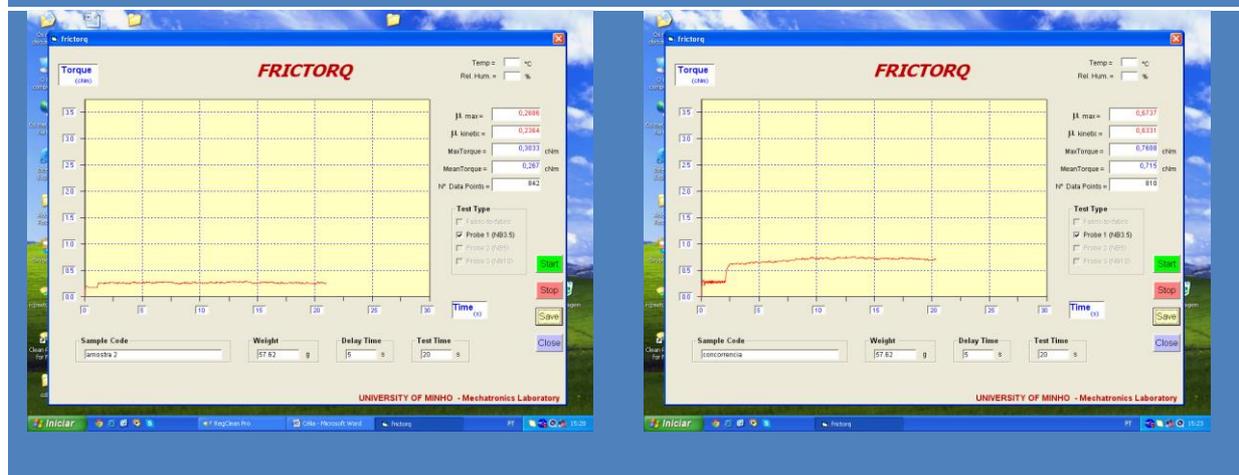


Figura 31- Gráficos Frictorq (atrito)

Verifica-se que o Coating de poliuretano com base de solvente da concorrência tem atrito bastante superior ao coating de poliuretano reativo da Coltec.



#### 4.1.7 Flexómetro (Maleabilidade)

Foram cortados seis provetes, três na direcção das colunas e três na direcção das fileiras com a dimensão da régua existente no Flexómetro do Coating da Coltec.

Foram registados na tabela 19 os valores dos dois lados do direito e dos dois lados do avesso.

Analisando a tabela 19, verifica-se que o “cair” tem um coeficiente de variação mais elevado na direcção das colunas do que na direcção das fileiras. Nas duas direcções o coeficiente de variação é superior a 5 o que corresponde a um coeficiente de variação elevado.

Coating Coltec:

Tabela 19 – Maleabilidade do Coating da Coltec

LADO	Colunas (cm)	Fileiras (cm)
<b>Direito 1,1</b>	3,00	4,00
<b>Avesso 1,1</b>	3,60	3,70
<b>Direito 2,1</b>	2,80	3,70
<b>Avesso 2,1</b>	2,90	3,20
<b>Direito 3,1</b>	3,00	3,60
<b>Avesso 3,1</b>	2,90	3,80
<b>Direito 1,2</b>	2,90	3,80
<b>Avesso 1,2</b>	3,40	3,50
<b>Direito 2,2</b>	3,00	3,80
<b>Avesso 2,2</b>	2,80	3,40
<b>Direito 3,2</b>	3,10	3,80



<b>Aveso 3,2</b>	3,20	3,50
<b>Média (M)</b>	3,05	3,65
<b>Desvio padrão (Dp)</b>	0,23	0,21
<b>Coefficiente de variação (CV)</b>	8%	6%

Cálculo do coeficiente de rigidez:

G – Coeficiente de rigidez (mg\*cm)

M – peso g/m<sup>2</sup>

C = cms

M<sub>Coltec</sub> = 280 g/m<sup>2</sup>

$$G = 0.1 * M * C^3$$

Equação 2: Coeficiente de rigidez

$$G_{\text{colunas}} = 0.1 * 280 * (3.65)^3$$

$$G_{\text{colunas}} = 2480,65 \text{ mg*cm}$$

$$G_{\text{fileiras}} = 0.1 * 280 * (3.05)^3$$

$$G_{\text{fileiras}} = 794.43 \text{ mg*cm}$$



O coeficiente de rigidez do coating da Coltec é menor na direção das fileiras do que na direção das colunas, então é mais flexível na direção das fileiras do que nas colunas.

Foram cortados seis provetes, três na direção das colunas e três na direção das fileiras com a dimensão da régua existente no Flexómetro do coating da concorrência.

Foram registados na tabela 20, os valores dos dois lados do direito e dos dois lados do avesso.

Analisando a tabela 20, verifica-se que o “Maleabilidade” tem um coeficiente de variação semelhante na direção das colunas e na direção das fileiras. Nas duas direções o coeficiente de variação é inferior a 5, o que corresponde a um coeficiente de variação aceitável.

Tabela 20 - Maleabilidade do coating da Concorrência

LADO	Colunas (cm)	Fileiras (cm)
Direito 1,1	2,0	2,0
Avesso 1,1	2,1	1,8
Direito 2,1	2,0	2,0
Avesso 2,1	2,2	1,9
Direito 3,1	2,2	2,0
Avesso 3,1	2,2	2,0
Direito 1,2	2,0	2,0
Avesso 1,2	2,0	2,0
Direito 2,2	2,0	2,1
Avesso 2,2	2,0	1,9



<b>Direito 3,2</b>	2,1	2,1
<b>Avesso 3,2</b>	2,0	1,9
<b>Média (M)</b>	2,07	1,98
<b>Desvio padrão (Dp)</b>	0,08	0,08
<b>Coefficiente de variação (CV)</b>	4%	4%

Cálculo do coeficiente de rigidez:

$$C_{\text{concorrência}} = 240 \text{ g/m}^2$$

$$G = 0.1 * M * C^3$$

Equação 2 : Coeficiente de rigidez

$$G_{\text{colunas}} = 0.1 * 240 * (1.98)^3$$

$$G_{\text{colunas}} = 217.35 \text{ mg*cm}$$

$$G_{\text{fileiras}} = 0.1 * 240 * (2.07)^3$$

$$G_{\text{fileiras}} = 248.35 \text{ mg*cm}$$

O coeficiente de rigidez do coating da concorrência é maior na direcção das fileiras do que na direcção das colunas, então é mais flexível na direcção das colunas do que nas fileiras.



Quanto menor o coeficiente de rigidez, mais flexível é o material. O material da concorrência é mais flexível que o da Coltec.

#### 4.1.8 Higienização

É efectuada com um desinfectante eficaz contra bactérias, vírus, microbactérias, fungos e esporos. Produto químico utilizado em “ambientes de prestação de cuidados de saúde”, para vários tipos de áreas de aplicação. A seleccionada foi a “desinfecção de superfícies com derramamento de sangue ou outro fluídos corporais, ou onde existe grande foco de contaminação”.

Foi efectuada a mistura recomendada pelo fabricante, concentração 1% e diluído em água

Higienizou-se 100 vezes consecutivas e 100 dias diferentes seguidamente efectuou-se o teste de impermeabilidade de coluna de água ( $P > 3$  bar) e foi verificada a estabilidade dimensional. Os resultados demonstraram não haver quaisquer alterações no substrato têxtil.

#### 4.1.9 Permeabilidade ao Vapor de Água

O estudo da permeabilidade ao vapor de água dos diversos materiais Os valores médios apresentados para cada material derivam do resultado do ensaio, de acordo com a Norma BS 7209:1990. Nas tabelas 21, 22 e 23 apresentam os valores médios, o desvio padrão e o coeficiente de variação dos diferentes materiais.

Material Referência:

Tabela 21 - Permeabilidade ao vapor de água do material de referência

Amostras (g)	0 horas	24 horas	$\Delta t$ (g A )	A	$24*W/A*tn$ (gm <sup>2</sup> /dia)
<b>Referência - 0</b>	139,126	134,876	4,25	0,01	425



Coating da Coltec:

Tabela 22 - Permeabilidade ao vapor de água do coating da Coltec

Amostras (g)	0 horas	24 horas	$\Delta t$	A	$24*W/A*t$	I (%)
					( $gm^2/dia$ )	
<b>Coating - Coltec 1</b>	139,865	139,524	0,341	0,01	34,10	
<b>Coating - Coltec 2</b>	140,565	140,229	0,336	0,01	33,60	
<b>Média (<math>\bar{M}</math>)</b>	140,215	139,8765	0,338	0,01	33,85	7,96%
<b>Desvio padrão (Dp)</b>	0,35	0,3525	0,003			
<b>Coefficiente de variação (CV)</b>	0,25%	0,25%	1%			

Verifica-se que o material da Coltec tem um coeficiente de variação muito reduzido e menor permeabilidade ao vapor de água do que o da concorrência.

Coating da Concorrência:

Tabela 23 - Permeabilidade ao vapor de água do material de concorrência

Amostras (g)	0 horas	24 horas	$\Delta t(g)$	A	$24*W/A$	I (%)
					( $gm^2/dia$ )	
<b>Concorrência - 1</b>	140,832	140,089	0,743	0,01	74,30	
<b>Concorrência - 2</b>	141,789	140,973	0,816	0,01	81,60	
<b>Média (<math>\bar{M}</math>)</b>	141,3105	140,531	0,779	0,01	77,95	18,34%
<b>Desvio padrão (Dp)</b>	0,4785	0,442	0,036			
<b>Coefficiente de variação (CV)</b>	0,34%	0,31%	5%			



Verifica-se que o material da Concorrência tem um índice de variação muito reduzido mas superior ao da Coltec e uma maior permeabilidade ao vapor de água.

O Índice de permeabilidade ao vapor de água do material do coating da Coltec é de 7.96% e o coating da Concorrência é de 18.34 %

#### 4.1.10 Adesão do coating, longitudinal e transversal, EN ISO 2411

Embora de grande importância, este teste não é possível efectuar, porque a adesão entes os materiais, malha interlock 100% poliéster (PES) e poliuretano reativo (PUR), é muito forte, não sendo possível a separação.



## 4.2 Resultados dos ensaios de caracterização dos materiais - Síntese

Em suma, a Tabela 24 disponibiliza uma síntese de resultados das diferentes propriedades para os dois coatings, para uma melhor comparação e avaliação final. Verifica-se que as propriedades de:

Fricção - coeficiente de atrito da amostra Coltec é consideravelmente mais baixo, o que por lado por ser indicador de baixa fricção, mas por outro lado pode permitir um deslizamento entre o vestuário do utilizador e esta cobertura.

Cair - coeficiente de rigidez da concorrência indicia que o material é mais maleável.

Permeabilímetro - a permeabilidade ao vapor, apesar da amostra Coltec, ser inferior, neste tipo de artigo, não parece ser um factor muito relevante, pois o mesmo é produzido, para ser impermeável.

Resistência ao rasgo, Tração e Recuperação elástica - o material desenvolvido pela Coltec, apresenta de forma geral, melhor propriedades mecânicas do que a concorrência.

Ambos os materiais apresentam elevada adesão, entre o coating e substrato têxtil.

A resistência a penetração da água, é cumprimento as norma em ambos os casos.

Apesar das diferenças encontradas, o produtoda Coltec apresenta-se como potencial concorrente no mercado, levando em conta o que foi descrito atrás e os benefícios em termos, económicos, ecológicos, coloração e de produção.



Tabela 24- Síntese dos testes laboratório física têxtil

Teste	Coltec		Concorrência	
	Colunas	fileiras	colunas	fileiras
<b>Massa por unidade de superfície (g/m<sup>2</sup>)</b>	280		240	
<b>Determinação - Resistência penetração da água (bar)</b>	≥ 0,3		≥ 0,3	
<b>Recuperação Elástica M</b>	4,8	2,9	4,8	16
<b>Resistência Tração - M</b>	681,33	291,73	385,03	207,8
<b>Resistência ao Rasgo M</b>	40,9	19,94	13,68	18,83
<b>Frictorq - Media <math>\mu_{max}</math>.</b>	0,2657		0,6234	
<b>Cair - Coeficiente de Rigidez (mg*cm)</b>	3,05	3,65	2,07	1,98
<b>Higienização</b>	Aprovado		Aprovado	
<b>Permeabilidade ao vapor de água (%)</b>	7,96		18,34	
<b>Adesão do Coating</b>	Muito boa		Muito boa	



### 4.3 Constrangimentos e soluções do processo Coating

Dos estudos efectuados foram identificados os seguintes constrangimentos tecnológicos:

As aplicações de polímeros reactivos hot-melt, tipo poliuretanos reactivos, por processo de revestimento terão que ser feitas por processo de transferência. Este processo consiste em aplicar o polímero num carrier e transferi-lo durante o processo para o substrato que se pretende revestir. Para garantir a aplicação uniforme de uma fina película de poliuretano.

Influência do Carrier (suporte em papel siliconado, filme de BOPET, foil ou outro) aquando da realização do revestimento: No processo de revestimento por Hot-Melt poderá ser usado um carrier que proteja o revestimento no processamento, independentemente de ser aplicado diretamente sobre o substrato a revestir ou por um processo de transferência. Este carrier tem influência no toque, aspecto, rugosidade, entre outros. O preço e capacidade de reutilização do carrier são determinantes a sua aquisição/ utilização. No sentido de contornar este risco, fizeram-se testes em diferentes tipos de carriers de diferentes fornecedores.

A garantia de impermeabilidade deste processo de revestimento inicialmente pensou-se que deveria ser efetuado em duas aplicações de recobrimento/revestimento. Mas após análise de custos e tempo inerente a este processo aplicação, conclui-se que se justificava a aplicação de uma maior gramagem em uma só aplicação, garantindo as especificações técnicas de impermeabilidade, flexibilidade, bom toque, lavagem e possibilidade de colorir. No sentido de contornar riscos ao longo deste estudo a optimização do processo de revestimento Hot-melt Multi-roló, através do estudo de novas formulações poliméricas e condições de aplicação.

Para a obtenção de características técnicas funcionais dos revestimentos que se desenvolveram, as empresas, neste caso a Coltec fica dependente da oferta de produtos de fornecedores de polímeros Hot-Melt. Como solução para este risco estabeleceu-se parcerias com diferentes fornecedores.

Após testes laboratoriais questionou-se se a malha utilizada no coating seria a adequada ao processo em estudo.

Também ficou questionado o tipo de coloração por foil devido a redução de atrito.



#### 4.4 Inovação

O conceito de inovação é bastante amplo, contudo nesta dissertação, é a exploração com sucesso de novas ideias e na sua aplicação. Os novos Coatings foram desenvolvidos numa área que visa o desenvolvimento de revestimento de colchão para uso hospitalar de elevado valor acrescentado e que seja sustentável.

O desenvolvimento de um coating com poliuretano reativo (PUR) adesivo, por aplicação multi-rola para revestimento de colchões para uso hospitalar é vista como um material estratégico devido ao seu grande factor ecológico ao mesmo preço.

Posto isto, tendo em conta os objectivos deste trabalho e em resposta aos desafios colocados, desenvolveu-se um coating com poliuretano reativo impermeável com sucesso.



## 5. CAPÍTULO V – CONCLUSÕES



## 5.1 Conclusão

Neste trabalho foi realizado um estudo com o intuito de criar e desenvolver um material para revestimento de colchões para uso hospitalar, foram investigados e desenvolvidos novos processos de formulação e deposição de revestimentos poliméricos Hot-Melt multi-rolô.

Trata-se de tecnologia emergente de revestimento, e caracteriza-se pelo facto de não estar dependente da utilização de solventes, ou seja, o material a depositar na superfície do têxtil é considerado 100% sólido. Deste modo, são minimizados desperdícios, eliminadas operações/tecnologias de secagem, reduzido o consumo de energia, provocando menor impacto ambiental. Além disso, esta tecnologia representa um potencial em revestimentos multifuncionais. Com este estudo intensivo sobre coating com poliuretano reativo adesivo por aplicação multi rolo, mostrou-se que é possível aplicar um fino filme uniforme num substrato têxtil.

Atendendo às exigências inicialmente propostas, no que toca a aplicação do Coating de forma uniforme com grande poder de adesão ao substrato têxtil e coloração duradoura com a funcionalidade de impermeabilidade, com resistência mecânica e conforto, esta aplicação foi efectuada com sucesso.

Realizadas as etapas planeadas e posterior análise dos resultados é possível concluir que os objectivos deste trabalho foram alcançados e que é exequível a substituição do coating de base solvente pelo coating com poliuretano reativo (PUR) com diversas vantagens para este último, nomeadamente amigo do ambiente.



## 5.2 Perspectivas futuras

No âmbito das perspectivas futuras e dando continuidade a este trabalho que pretende assumir um certo pioneirismo no desenvolvimento de Coating com poliuretano reativo, realçam-se os seguintes temas a desenvolver.

Sendo de salientar que não se pretendeu fazer uma reengenharia invertida, mas sim criar um novo produto Coltec, usou-se uma malha com elevada resistência mecânica para obter um novo produto, um Coating da Coltec, devem ser testadas malhas com estruturas diferentes.

No futuro deverão ser testadas malhas com estruturas diferentes, com intuito da Coltec criar uma gama de produtos de malhas revestidas com diferentes propriedades.

Propondo-se a introdução de pigmentos na composição do poliuretano reativo que será aplicado sob a forma de filme.

Em paralelo dado que os resultados obtidos foram acima das expectativas mais otimistas da Coltec, acho que se deve alargar a uma gama de produtos a fim de os comercializa.





## 6. BIBLIOGRAFIA



Araújo, Mário de; Castro, E. M. de Melo e (1987). Manual de Engenharia Têxtil, Volume II: Fundação Calouste Gulbenkian, Coimbra.

B P Saville, Physical testing of textiles

Morgado, J. (2013). Apontamentos Teóricos Funcionalização de Substratos Têxteis: Curso de Testes Técnicos e Funcionais, Nível V, TTF - CITEVE, V.N. Famalicão

Silva, A. (2013). Apontamentos Teóricos Coating e laminagem. Curso de Testes Técnicos e Funcionais, Nível V, TTF - CITEVE, V.N. Famalicão

Silva, C. (2013). Nanotecnologia. Curso de Testes Técnicos e Funcionais, Nível V, TTF - CENTI, V.N. Famalicão

...

<http://www.centexbel.be/slot-die-hotmelt-coater> 2015 Fevereiro

<https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/3251/1/DinamicaTricotagem%20Andre'%20Catarino%20Anexos.PDF> 2015



## APÊNDICES

Amostra	PU - 2483			PU - 6216		
	0.1	0.2	0.3	0.1	0.2	0.3
Abertura entre rolos (mm)						
1	71,00	84,00	110,00	76,00	88,00	115,00
2	69,00	88,00	112,00	74,00	90,00	116,00
3	72,00	87,00	109,00	76,00	90,00	115,00
4	70,00	88,00	111,00	74,00	91,00	116,00
5	69,00	86,00	109,00	73,00	92,00	115,00
Média ( $\bar{M}$ )	70,20	86,60	110,20	74,60	90,20	115,40
Desvio padrão ( $D_p$ )	1,17	1,50	1,17	1,20	1,33	0,49
Coeficiente de variação (CV)	1,66%	1,73%	1,06%	1,61%	1,47%	0,42%

Tabela A1 - Massa por unidade de superfície ( $\text{g/m}^2$ ) Poliuretano reativo (PUR)



Fricção:

Amostra Coltec	$\mu_{\max}$ .	$\mu_{\text{cinética}}$
1	0,2723	0,2494
2	0,2686	0,2364
3	0,2562	0,2190
Média ( $\bar{M}$ )	0,2657	0,2349
Desvio padrão (Dp)	0,0069	0,0125
Coefficiente de variação (CV)	2,5914	5,3011

6.1.1

6.1.2

6.1.3

Amostra interlock	$\mu_{\max}$ .	$\mu_{\text{cinética}}$
1	0,1997	0,1808
2	0,1954	0,1808
3	0,2109	0,1889
Coltec - Média ( $\bar{M}$ )	0,2020	0,1835
Desvio padrão (Dp)	0,0065	0,0038
Coefficiente de variação (CV)	3,2344	2,0809

6.1.4

6.1.5

6.1.6

Amostra concorrência	$\mu_{\max}$ .	$\mu_{\text{cinética}}$
1	0,6737	0,6331
2	0,6172	0,5671
3	0,5794	0,5402
Média ( $\bar{M}$ )	0,6234	0,5801
Desvio padrão (Dp)	0,0387	0,0390
Coefficiente de variação (CV)	6,2155	6,7278

Tabela A3 - Atrito



## ANEXOS:

MORCHEM RH 805-1 B

MORCHEN RH 806-10 FR

MORCHEN RH 808-5 B

HENKEL PURMELT QR 6216

NEOTHERM PU-2483



# MORCHEM

The polyurethane company

Pol. Ind. Pla de Llerona, c/ Alemanía, 18-22  
08520 Les Franqueses del Vallès  
(Barcelona) Spain  
Telf. +34 93.840.57.00  
Fax. +34 93.840.57.11  
e-mail: morchem@morchem.com  
http://www.morchem.com

Flexible Packaging    Technical Lamination    Textile Lamination    PU Dispersions    TPUs for Inks

**PRODUCT DATA SHEET**

## MORCHEM RH 805-1 B

Created on: 17.05.2013  
Last Review: 17.05.2013  
Edition No.: 0

**Cleaning:**

If the adhesive applicator remains unused for more than 24 hours, the nozzle and the head of applicator should be covered with mineral grease to prevent product cross linking through air moisture.

If the adhesive applicator remains unused for more than 2 days, all system (nozzles, the head of applicator, tubes, melting bathtub) should be cleaned with 1-2 kg of CLEANER BLUE-08. Flush the system until the product leaving the nozzle is 100 % CLEANER BLUE-08.

To restart again with the adhesive it is necessary to repeat the procedure in reverse and flush the system with the adhesive until the product leaving the nozzle is 100 % MORCHEM RH 805-1 B, without blue colour.

**Storage:**

MORCHEM RH 805-1 B can be stored for twelve months at between 0 – 25 °C in original unopened containers kept from becoming exposed to the weather inside dry premises. Opened container must be used as soon as possible.

**Safety:**

Skin contact has to be avoided during the work with PUR adhesives and it is recommended the use of latex or PVC gloves. The dirty clothes must be removed immediately. See the safety data sheet for further information.

**Containers available:**

<b>RH 805-1 B</b>
50 kg
200 kg

MORCHEM RH 805-1 B is a reactive polyurethane hot-melt adhesive especially indicated for textile lamination.

**PHYSICAL PARAMETERS:**

PRODUCT	MORCHEM RH 805-1 B
Solids	100 %
Brookfield Viscosity (100 °C)	1.500 +/- 500 mPa.s
Brookfield Viscosity (80 °C)	2.500 mPa.s approx.
Appearance	Opaque

**APPLICATION PARAMETERS:**

PRODUCT	MORCHEM RH 805-1 B
Application temperature	70-100 °C
Coating weight	6-20 g/m <sup>2</sup> (up to 40 g/m <sup>2</sup> depending on the substrate)
Open time	medium

**APPLICATIONS:**

- Especially designed for water repellent substrates.
- Good thermal resistance.
- High moisture and water resistance.
- Fast curing process.

**PROCESSING:**

MORCHEM RH 805-1 B should be applied with equipment especially designed for polyurethane reactive hot-melt adhesives. The adhesive can be applied by roller coater and slot nozzle.

MORCHEM RH 805-1 B is characterized by quick and strong initial bond, as well as a very high permanent bond that typically occurs after a few days.

The information contained in this brochure is accurate and adequate in accordance with our knowledge and technical experience. However, given that the conditions of handling and use are beyond our control, we cannot guarantee the results and we decline all liability for any damage that occurs. Neither can any of the data or information shown be interpreted as a recommendation for use in violation of patents or legal dispositions which may apply to a particular case.





**MORCHEM**  
The polyurethane company

Pol. Ind. Pla de Llerona, c/ Alemania, 18-22  
08520 Les Franqueses del Vallès  
(Barcelona) Spain  
Telf. +34.93.840.57.00  
Fax. +34.93.840.57.11  
e-mail: morchem@morchem.com  
http://www.morchem.com

Flexible Packaging    Technical Lamination    Textile Lamination    PU Dispersions    TPUs for Inks

**PRODUCT DATA SHEET**

**MORCHEM RH 806-10 FR**

Created on: 24.11.2011  
Last Review: 20.06.2012  
Edition No.: 1

**Cleaning:**

If the adhesive applicator remains unused for more than 24 hours, the nozzle and the head of applicator should be covered with mineral grease to prevent product cross linking through air moisture.

If the adhesive applicator remains unused for more than 2 days, all system (nozzles, the head of applicator, tubes, melting bathtub) should be cleaned with 1-2 kg of CLEANER BLUE-10. Flush the system until the product leaving the nozzle is 100 % CLEANER BLUE-10.

To restart again with the adhesive it is necessary to repeat the procedure in reverse and flush the system with the adhesive until the product leaving the nozzle is 100 % MORCHEM RH 806-10 FR, without blue colour.

**Storage:**

MORCHEM RH 806-10 FR can be stored for twelve months at between 0 – 25 °C in original unopened containers kept from becoming exposed to the weather inside dry premises. Opened container must be used in the shortest time possible.

**Safety:**

Skin contact has to be avoided during the work with PUR adhesives and it is recommended the use of latex or PVC gloves. The dirty clothes must be removed immediately.

**Containers available:**

<b>RH 806-10 FR</b>
18 kg
50 kg
180 kg

Before starting industrial production, we recommend that you always carry out tests beforehand so as to check the idealness of the adhesive for the type of complex, as well as the final application to be achieved.

**MORCHEM RH 806-10 FR is a reactive polyurethane hot-melt adhesive especially indicated for textile lamination with flame retardant properties.**

**PHYSICAL PARAMETERS:**

PRODUCT	MORCHEM RH 806-10 FR
Solids	100 %
Brookfield Viscosity (120 °C)	2.900 +/- 1.100 mPa.s
Appearance	Hazy

**APPLICATION PARAMETERS:**

PRODUCT	MORCHEM RH 806-10 FR
Application temperature	100 - 130 °C
Coating weight	6 - 20 g/m <sup>2</sup> (up to 40 g/m <sup>2</sup> depending on the substrate)
Open time	medium

**APPLICATIONS:**

- Specially designed for to give flame retardant properties.
- Suitable for good bond strength requirements to many different substrates such as woven and non-woven fabrics, foam, PU and polyester films.
- High green strength.
- Excellent temperature resistance.
- High moisture and water resistance.
- Fast curing process.

**PROCESSING:**

MORCHEM RH 806-10 FR should be applied with equipment especially designed for polyurethane reactive hot-melt adhesives. The adhesive can be applied by roller coater and slot nozzle.

MORCHEM RH 806-10 FR is characterized by quick and strong initial bond, as well as a very high permanent bond that typically occurs after a few days.

The information contained in this brochure is accurate and adequate in accordance with our knowledge and technical experience. However, given that the conditions of handling and use are beyond our control, we cannot guarantee the results and we decline all liability for any damage that occurs. Neither can any of the data or information shown be interpreted as a recommendation for use in violation of patents or legal dispositions which may apply to a particular case.





Pol. Ind. Pla de Llerona, c/ Alemania, 18-22  
08520 Les Franqueses del Valles  
(Barcelona) Spain  
Telf. +34.93.840.57.00  
Fax. +34.93.840.57.11  
e-mail: morchem@morchem.com  
http://www.morchem.com

Flexible Packaging    Technical Lamination    Textile Lamination    PU Dispersions    TPUs for Inks

**PRODUCT DATA SHEET**

**MORCHEM RH 808-5 B**

Created on: 21.05.2012  
Last Review: 11.12.2012  
Edition No.: 1

**Cleaning:**

If the adhesive applicator remains unused for more than 24 hours, the nozzle and the head of applicator should be covered with mineral grease to prevent product cross linking through air moisture.

If the adhesive applicator remains unused for more than 2 days, all system (nozzles, the head of applicator, tubes, melting bathtub) should be cleaned with 1-2 kg of CLEANER BLUE-08. Flush the system until the product leaving the nozzle is 100 % CLEANER BLUE-08.

To restart again with the adhesive it is necessary to repeat the procedure in reverse and flush the system with the adhesive until the product leaving the nozzle is 100 % MORCHEM RH 808-5 B, without blue colour.

**Storage:**

MORCHEM RH 808-5 B can be stored for twelve months at between 0 – 25 °C in original unopened containers kept from becoming exposed to the weather inside dry premises. Opened container must be used as soon as possible.

**Safety:**

Skin contact has to be avoided during the work with PUR adhesives and it is recommended the use of latex or PVC gloves. The dirty clothes must be removed immediately. See the safety data sheet for any further information.

**Containers available:**

<b>RH 808-5 B</b>
18 kg
50 kg
200 kg

Before starting industrial production, we recommend that you always carry out tests beforehand so as to check the idealness of the adhesive for the type of complex, as well as the final application to be achieved.

**MORCHEM RH 808-5 B is a reactive polyurethane hot-melt adhesive especially indicated for textile lamination.**

**PHYSICAL PARAMETERS:**

PRODUCT	MORCHEM RH 808-5 B
Solids	100 %
Brookfield Viscosity (100 °C)	5.250 +/- 1.250 mPa.s
Brookfield Viscosity (110 °C)	4.200 mPa.s approx.
Appearance	Slightly hazy.

**APPLICATION PARAMETERS:**

PRODUCT	MORCHEM RH 808-5 B
Application temperature	100-130 °C
Coating weight	6-20 g/m <sup>2</sup> (up to 40 g/m <sup>2</sup> depending on the substrate)
Open time	medium

**APPLICATIONS:**

- Suitable for good bond strength requirements to many different substrates such as woven and non-woven fabrics, foam, PU and polyester films.
- High green strength.
- Good thermal resistance.
- High moisture and water resistance.
- Fast curing process.

**PROCESSING:**

MORCHEM RH 808-5 B should be applied with equipment especially designed for polyurethane reactive hot-melt adhesives. The adhesive can be applied by roller coater and slot nozzle but is especially recommended for screen-print applications.

MORCHEM RH 808-5 B is characterized by quick and strong initial bond, as well as a very high permanent bond that typically occurs after a few days.

**TEXTILE STANDARD:**

- ECO-PASSPORT      Based on Oeko-Tex Standard 100 Requirements.

The information contained in this brochure is accurate and adequate in accordance with our knowledge and technical experience. However, given that the conditions of handling and use are beyond our control, we cannot guarantee the results and we decline all liability for any damage that occurs. Neither can any of the data or information shown be interpreted as a recommendation for use in violation of patents or legal dispositions which may apply to a particular case.





## Información Técnica

Purmelt QR 6216



### Adhesivo Hotmelt de PUR para el recubrimiento de perfiles



#### Características

- Sistema de adhesivo termofusible reactivo en base poliuretano
- Tiempo abierto alto
- Tiempo de presa rápido
- Fuerza de enlace inicial elevada
- Reticulación química en pocos días
- Obtención de sistemas duroplásticos e insolubles
- Muy alta resistencia a la temperatura (> 150 °C) y flexibilidad en frío
- Excelente resistencia al agua
- Resistencia a la mayoría de disolventes

#### Campo de aplicación

- Recubrimiento de perfiles con núcleo de aglomerado, fibra DM o madera maciza con chapas y folios termoplásticos

#### Datos técnicos

Punto de reblandecimiento (Kofler):	aprox. 75 °C
Viscosidad (Brookfield):	aprox. 40 000 mPa·s / 130 °C
Tiempo de fraguado para resistencia final:	2 - 5 días
Resistencia térmica:	> 150 °C

*según el método DORUS de incremento de temperatura*

#### Instrucciones de uso

Temperatura de trabajo recomendada	
en el calderín:	120 - 140 °C
en el rodillo de aplicación:	120 - 140 °C
en la boquilla de aplicación:	120 - 140 °C

Los adhesivos termofusibles reactivos presentan una estabilidad térmica limitada, incluso respetando las temperaturas de trabajo indicadas. Por ello recomendamos que después de un periodo de 4 horas sin producción, se reduzca la temperatura de la unidad de trabajo a 60 °C.

Gramaje de aplicación recomendado:	
con tablero aglomerado:	80 - 120 g/m <sup>2</sup>
con MDF ó madera sólida:	40 - 100 g/m <sup>2</sup>

Debido a que el producto endurece con la humedad, las condiciones de trabajo y almacenado deben quedar exentas de humedad y frío. Por esta razón, el producto debe ser distribuido en contenedores herméticamente cerrados.

#### Limpieza

Recomendamos limpiar minuciosamente el equipo de aplicación pasando el producto azulado *Purmelt Cleaner 4* por él. Los restos de Hotmelt de PUR ya reticulado sólo pueden ser eliminados por ablandamiento con un disolvente apropiado como N-etil-pirrolidona (NEP) y posterior rascado mecánico.

Aparte de estas informaciones seguir rigurosamente las instrucciones del fabricante de la máquina.



### **Modo de presentación**

Adhesivo en bloques envasado al vacío (Peelable Bag)

### **Almacenaje**

Caduca a los 12 meses siempre que se almacene en lugar fresco y seco con el envase original cerrado (bloque de 2 kg hasta 9 meses).

### **Etiquetado**

La hoja de seguridad debería ser respetada!

### **Seguridad**

El producto contiene diisocianato de difenilmetano, que a la temperatura de trabajo recomendada tiene una presión de vapor medible, lo que puede llevar a que se supere el valor de MAK (máxima concentración de trabajo) de 0.005 ppm. Si se supera la temperatura de trabajo aconsejada, se pueden obtener productos de descomposición nocivos. Por ello se recomienda en todo caso el uso de medidas para eliminar estos vapores, como p. ej. con un sistema de aspiración apropiado. Si el adhesivo caliente ha entrado en contacto con la piel no rascar los restos de producto bruscamente de la misma, consultar con un médico. Para mayor información consultar la Hoja de Datos de Seguridad del Producto.

10/2006

*La presente información está basada en nuestra experiencia práctica y ensayos de laboratorio. Debido a la gran diversidad de materiales existentes en el mercado y las diferentes formas de aplicación que quedan fuera de nuestro control, recordamos la necesidad de efectuar en cada caso ensayos prácticos y controles suficientes para garantizar la idoneidad del producto en cada aplicación concreta. Nuestra garantía se extiende únicamente a la uniforme calidad de los lotes suministrados, que son sometidos a estrictos controles analíticos, no pudiendo exigirse otras responsabilidades.*

Henkel AG & Co. KGaA · Location Bopfingen · 73438 Bopfingen · Germany  
Phone +49 7362 81-0 · Fax +49 7362 81-199 · [dorus.henkel@henkel.com](mailto:dorus.henkel@henkel.com) · [www.dorus.com](http://www.dorus.com)  
Henkel Iberica SA · 480-492 Calle de Corcega · 08025 Barcelona · Spain  
Phone +34 93290 4590 · Fax +34 93290 4269



## TECHNICAL INFORMATION

### NEOTHERM PU- 2483

**Edition date: October 2011**

**Revision date: 19/11/12**

#### -Description:

Reactive hot melt based on polyurethane prepolymer.

#### -Application:

The **NEOTHERM PU-2483** is recommended for profile wrapping process of wood, fiber board, PVC or metal profiles with decorative foils, veneer and other foils furniture on profile laminating machines.

It has also good adhesion over plastic materials, as PVC, ABS, etc.

Proper tests should be made to determine if materials can be bonded with this adhesive or if you need special process like primer, etc.

#### - Technical characteristics:

**-Base:** Polyurethane prepolymer.

**-Aspect:** white-yellow.

**-Density:** Approx. 1,10 g/ml

**-Softening point (kofler):** approx. 70°C

**-Viscosity 140°C:** approx. 5.000-10.000 mPas\*

**-Application temperature:** 110-130°C

**-Open time:** approx. 10 min depending on temperature, amount and substrate.

**-Curing time:** 5-7 days depending to temperature and moisture.

**-Bond strength:** 2-8 N/mm<sup>2</sup>, depending to substrate.

**-Very high heat resistance, > 150°C**

**-Excellent water resistance**

**-Resistant to most solvents**

\*the viscosity indicated is controlled at the time of the production. Small variations are possible

#### -Specials properties:

The **NEOTHERM PU-2483** has a short open time and bonds fast. High initial strength.

The cured bonding has high mechanical properties, good cold and heat resistance, water and solvent resistance.

Higher application temperature needs a longer setting time, lower application temperature a faster setting time.

The environmental humidity is sufficient for the cured bonding in most of the cases. Materials as wood, leather, etc that contain humidity accelerates the cured bonding.

Plastics and metals need more time for the cured bonding.

The metals should warm to get a better adhesion.

#### -Remarks:

The **NEOTHERM PU-2483** is given in hermetically closed containers, appropriate for melt equipment.

For the cleaning after finishing the work with the **NEOTHERM PU-2483**, to quit the equipment in operation to take out the adhesive remains, introduce the Neotherm 2434 cleaner immediately and melt it until the remains of adhesive PUR leave the equipment totally.

Already cross-linked hot melt adhesive can only be removed mechanically.

#### -Packaging and storage:

Cardboard with 6 aluminium bags of 2 kg. Storage for approx. 9 months.

Steel pail with about 20 kg. Storage for approx. 9 months.

Steel barrel with about 180kg. Storage for approx. 6 months.

#### -Safety measures:

Before beginning to use the product, our **security data sheet** must be given to all the people who manipulate the product.

This information corresponds to our present-day level of knowing and is to inform about our products and their possibilities of application, declining all responsibility for consequences due to a bad application. The quality of our products is guaranteed within the legal framework of our conditions of sale.



Camino de Castilla, km. 5 - Phone: (00-34) 96 661 11 01 Fax: (00-34) 96 542 56 04  
www.neoflex.es - neoflex@neoflex.es - P.O.Box 3004 - 03207 Elche (Alicante) Spain