

Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Estudo e análise de soluções em pasta e estamperia convencional
mais sustentáveis em termos químicos e energéticos

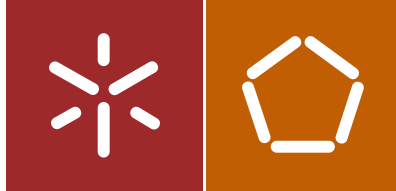
Margarida Taipa Andrade Campos Guimarães

UMinho | 2024

Margarida Taipa Andrade Campos Guimarães

Estudo e análise de soluções em pasta e
estamperia convencional mais sustentáveis
em termos químicos e energéticos

Janeiro de 2024



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Margarida Taipa Andrade Campos Guimarães

Estudo e análise de soluções em pasta e
estamparia convencional mais sustentáveis
em termos químicos e energéticos

Dissertação de Mestrado
Mestrado em Engenharia Têxtil
Materiais e Acabamentos Químicos Funcionais

Trabalho efetuado sob a orientação do
Professor Doutor Andrea Zille

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho



Atribuição
CC BY

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Agradecimentos

O término desta dissertação de mestrado em Engenharia Têxtil, é um marco muito importante na minha vida que foi conseguido ultrapassando grandes obstáculos, e que contou com a ajuda e o apoio de várias pessoas, sem as quais não teria sido possível a sua elaboração.

Primeiramente, gostaria de agradecer ao meu orientador, Professor Dr. Andrea Zille, uma referência na área da Investigação, por toda a sabedoria, atenção, apoio e disponibilidade prestada ao longo deste projeto.

Agradeço ao meu supervisor na empresa, o Engenheiro Miguel Ramôa, assim como à Estamparia Têxtil Adalberto Pinto da Silva, S.A. pela oportunidade, pelo desafio entregue e por toda a disponibilidade demonstrada para o desenvolvimento deste projeto. Também agradeço a todos os colaboradores das secções de estamparia e controlo de qualidade que se cruzaram comigo e me ajudaram de alguma forma.

Ao Departamento de Engenharia Têxtil por tornar possível a realização dos ensaios e à técnica do Laboratório de Ultimação, Sónia Gonçalves, pela ajuda no decorrer de todo o processo.

Agradeço também em especial à Cátia Alves, investigadora do Centro de Ciência e Tecnologia Têxtil, pelo auxílio prestado na realização dos ensaios e seus resultados.

Por último, mas não menos importante, um enorme agradecimento a toda a minha família e amigos mais próximos que constantemente me deram todo o apoio e compreensão tornando tudo isto possível.

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

Resumo

A indústria têxtil é um dos setores mais importantes da economia portuguesa, mas também um dos que gera uma maior quantidade de resíduos. Atualmente, o mercado têxtil tem progredido de modo a adaptar-se às exigências que estão constantemente a aparecer adotando estratégias mais sustentáveis na produção, preservando ainda a qualidade dos produtos e satisfazendo as exigências do consumidor.

O trabalho desenvolvido surge da necessidade da empresa *Têxteis Adalberto SA* obter desenhos estampados com um pigmento natural na estampa convencional sem necessidade de irem ao termofixador, passando apenas pela secagem na mansarda e reticulação na râmola substituindo assim os tradicionais ligantes e fixadores de alta temperatura de reticulação por outros de baixa temperatura.

No âmbito deste projeto, foram propostas três receitas de pastas de estampa, uma já usual delas, e duas extrínsecas à empresa, com diferentes ligantes e fixadores. Após a formulação das diferentes pastas e posterior aplicação por estampa convencional em tela 100% CO, foram termofixadas as amostras com diferentes temperaturas (130°C e 160°C) e uma de cada pasta sem termofixar. Em seguida foram realizados testes de controlo de qualidade, que simulam durabilidade do estampado e transferência de cor após estampagem. Posteriormente, estas amostras foram também caracterizadas por FTIR, ângulo de contacto e UV-vis, optando-se assim pela pasta 2 (Receita sugerida pela Empresa ADI, Barcelona, Espanha, fornecedora de produtos químicos para os mercados têxtil) para o objetivo final.

Determinou-se o consumo de gás e um estudo financeiro para a empresa usando o vaporizador a 150°C ou a râmola a 100°C ou 130°C, para chegarmos ao propósito deste projeto, não passar no vaporizador e acabar na râmola, sendo que os melhores consumos e custos estão na râmola com temperatura a 130°C.

Para a amostra final estampada em malha 97% Algodão (CO) e 3% Poliamida (PA) com a pasta 2, sem termofixação, foram feitos testes de controlo de qualidade: avaliação da solidez à lavagem, à água, ao suor ácido e suor alcalino, fricção e durabilidade do estampado às lavagens e a amostra foi caracterizada também por FTIR, ângulo de contacto e UV-vis.

Globalmente, a utilização da pasta 2 no estampado final sem utilização do vaporizador e com entrada direta na râmola, trouxe vantagens nos consumos finais para a empresa.

PALAVRAS-CHAVE: indústria têxtil, sustentáveis, estampa convencional, pigmento natural

Abstract

The textile industry is one of the most important sectors in the Portuguese economy, but it is also one of the sectors that generates the greatest amount of waste. Currently, the textile market has progressed in order to adapt to the demands that are constantly appearing by adopting more sustainable production strategies, while preserving product quality and satisfying consumer demands.

The work carried out arose from the need of the company Têxteis Adalberto SA to obtain designs printed in conventional printing with a natural pigment without the need to go to the thermofixer, going only through drying in the mansard and crosslinking in the ramola, thus replacing the traditional high-temperature crosslinking binders and fixers with low-temperature ones.

As part of this project, three recipes for printing pastes were proposed, one of which was already their usual recipe, and two which were extrinsic to the company, with different binders and fixatives. After the different pastes were formulated and then applied by conventional printing on 100% CO fabric, the samples were thermofixed at different temperatures (130°C and 160°C) and one of each paste without thermofixing. Quality control tests were then carried out, simulating print durability and color transfer after printing. Subsequently, these samples were also characterized by FTIR, contact angle and UV-vis, and paste 2 (Recipe suggested by ADI Company, Barcelona, Spain, supplier of chemicals to the textile markets) was chosen for the final objective.

Gas consumption was determined, and a financial study was carried out for the company using the vaporizer at 150°C or the ram at 100°C or 130°C, in order to achieve the purpose of this project, not to go through the vaporizer and end up in the ram, with the best consumption and costs being in the ram with a temperature of 130°C.

For the final sample printed on 97% cotton (CO) and 3% polyamide (PA) mesh with paste 2, without thermofixation, quality control tests were carried out: assessment of fastness to washing, water, acid sweat and alkaline sweat, friction and durability of the print to washing and the sample was also characterized by FTIR, contact angle and UV-vis.

Overall, the use of paste 2 in the final print without the use of a steamer and with direct entry into the roll has brought advantages in final consumption for the company.

KEYWORDS: textile industry, sustainable, conventional printing, natural pigment

Índice

Resumo	v
Abstract.....	vi
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos	x
Índice de Figuras.....	xi
Índice de Tabelas	xii
Índice de Equações	xiii
1. Introdução	1
1.1. Enquadramento	1
1.2. Objetivos	1
2. Estado de Arte.....	3
2.1. Estamparia convencional.....	3
2.1.1. Máquinas de estampar.....	4
2.1.2. Fases da estamparia	6
2.2. Sustentabilidade na estamparia	7
2.3. Preparação da pasta de estampar	8
2.3.1. Espessantes	9
2.3.2. Agentes anti-espuma.....	10
2.3.3. Emulsionantes	10
2.3.4. Ligantes	10
2.3.5. Fixadores	11
2.3.6. Amaciadores.....	11
2.3.7. Catalisadores	11
2.4. Viscosidade das pastas de estampar.....	12
2.5. Estamparia convencional com corantes e pigmentos.....	12
2.6. Fixação dos estampados.....	14

3. <i>Materiais e métodos</i>	15
3.1. Substrato têxtil	15
3.2. Pigmentos e reagentes químicos	15
3.3. Equipamentos	15
3.4. Métodos experimentais	16
3.4.1. Avaliação da solidez dos tintos à fricção	16
3.4.2. Solidez dos tintos ao suor ácido e alcalino	17
3.4.3. Solidez dos tintos à água	18
3.4.4. Solidez à lavagem	18
3.4.5. Avaliação da durabilidade do estampado	18
3.4.6. Molhabilidade e Ângulo de Contacto	19
3.4.7. Espetroscopia de Infravermelho com transformada de Fourier- ATR-FTIR	20
3.4.8. Força colorística (K/S) e coordenadas CIELab	21
3.4.9. Fator de proteção UV (UPF)	23
4. <i>Apresentação, análise e discussão de resultados</i>	25
4.1. Pasta de estamparia de baixa temperatura de reticulação	25
4.2. Avaliação da solidez dos tintos à fricção	28
4.2.1. Pasta 1	28
4.2.2. Pasta 2	29
4.2.3. Pasta 3	29
4.3. Avaliação da durabilidade do estampado às lavagens	30
4.3.1. Pasta 1	30
4.3.2. Pasta 2	30
4.3.3. Pasta 3	31
4.4. Avaliação da molhabilidade e ângulo de contacto	31
4.5. Espetroscopia de Infravermelho com transformada de Fourier- ATR-FTIR	35
4.6. Força colorística (K/S) e coordenadas CIELab	37
4.7. Fator de proteção UV (UPF)	40
4.8. Consumo de gás	41
5. <i>Resultados dos ensaios à amostra final</i>	43
5.1. Solidez dos tintos à lavagem	43

5.2.	Solidez dos tintos à água	44
5.3.	Solidez dos tintos ao suor ácido e alcalino	44
5.4.	Avaliação da solidez dos tintos à fricção	45
5.5.	Avaliação da durabilidade do estampado às lavagens	46
5.6.	Avaliação da molhabilidade e ângulo de contacto	47
5.7.	Espetroscopia de Infravermelho com transformada de Fourier- ATR-FTIR	48
5.8.	Força colorística (K/S) e coordenadas CIElab	49
5.9.	Fator de proteção UV (UPF).....	50
6.	<i>Conclusões e Perspetivas Futuras</i>	52
6.1.	Conclusões finais.....	52
6.2.	Perspetivas Futuras.....	53
	<i>Referências bibliográficas</i>	54
	<i>Anexo 1</i>	58
	<i>Anexo 2</i>	58
	<i>Anexo 3</i>	59
	<i>Anexo 4</i>	59
	<i>Anexo 5</i>	65
	<i>Anexo 6</i>	69
	<i>Anexo 7</i>	70
	<i>Anexo 8</i>	71

Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos

ATR - Attenuated Total Reflection

CIELab – *Commission Internationale de l'Éclairage*

CO - Algodão

DP - Desvio Padrão

FTIR - Espetroscopia de Infravermelho com Transformadas de *Fourier*

ISO - *International Organization for Standardization*

IV - Infravermelho

KS - Força Colorística

NP - Norma Portuguesa

PA - Poliamida

pH - Potencial de hidrogénio

SF- Sem fixar

UPF - Fator de Proteção UV

UV - Radiação Ultravioleta

Vis - Radiação Visível

Índice de Figuras

Figura 1: Secção de estampa convencional (Fonte: Foto Própria)	4
Figura 2: Estampa ao quadro plano (Autor: Estampa Salet)	5
Figura 3: Estampa ao quadro rotativo (Autor: Estampa IRMÃOS HORT)	6
Figura 4: Medição da viscosidade com um viscosímetro (Fonte: Foto Própria)	12
Figura 5: Crockmeter manual (Fonte: Foto Própria)	16
Figura 6: Tecido testemunho multifibras DW (Fonte: Foto Própria)	17
Figura 7: Durawash (Fonte: Foto Própria)	19
Figura 8: Ângulo de Contacto de uma gota de líquido quando depositada sobre uma superfície sólida (Fonte: Researchgate)	20
Figura 9: Representação das coordenadas colorimétricas (Fonte: MiMoriarty)	22
Figura 10: Estampagem em rolo de mil pontos (Fonte: Foto Própria)	27
Figura 11: Termofixação na mansarda (Fonte: Foto Própria)	28
Figura 12: Ângulos de contacto das amostras.....	32
Figura 13: Imagens dos ângulos de contacto reais para as amostras com a pasta 1	32
Figura 14: Imagens dos ângulos de contacto reais para as amostras com a pasta 2	33
Figura 15: Imagens dos ângulos de contacto reais para a amostra com a pasta 3.....	33
Figura 16: Imagens dos ângulos de contacto reais para as amostras de malha branca	33
Figura 17: Imagens dos ângulos de contacto reais para a amostra de tela branca.....	34
Figura 18: Espetros do FTIR para as amostras não termofixadas	35
Figura 19: Espetros do FTIR para as amostras termofixadas a 130°C	35
Figura 20: Espetros do FTIR para as amostras de malha	36
Figura 22: Valores de KS das amostras	39
Figura 23: Valores médios do UPF das amostras	41
Figura 24: Ângulos de contacto da amostra final	47
Figura 25: Encolhimento da amostra sem lavar para a amostra lavada	47
Figura 26: Imagens dos ângulos de contacto reais	48
Figura 27: Espetros de FTIR.....	48
Figura 28: Valor do K/S das amostras.....	50
Figura 29: Valores médios dos UPF das amostras	51

Índice de Tabelas

Tabela 1: Tipos de espessantes.....	9
Tabela 2: Corantes e diferentes fibras em que são utilizados	13
Tabela 3: Equipamentos utilizados	15
Tabela 4: Classificação do UPF (Fonte: Tarbuk, Grancarić and Šitum, 2016).....	23
Tabela 5: Receita com a pasta 1	25
Tabela 6: Receita com a pasta 2	25
Tabela 7: Receita com a pasta de stock 3	26
Tabela 8: Constituintes da receita 3	26
Tabela 9: Resultados da solidez à fricção a seco e húmido para a amostra sem e com termofixação a 130°C e 160°C.....	29
Tabela 10: Resultados da solidez à fricção a seco e húmido para a amostra sem e com termofixação a 130°C e a 160°C.....	29
Tabela 11: Resultados da solidez à fricção a seco e húmido para a amostra sem e com termofixação a 130°C e a 160°C.....	30
Tabela 12: Resultados durabilidade do estampado às lavagens para a pasta 1	30
Tabela 13: Resultados durabilidade do estampado às lavagens para a pasta 2	31
Tabela 14: Resultados durabilidade do estampado às lavagens para a pasta 3	31
Tabela 15: Coordenadas de cor das amostras	37
Tabela 16: Consumo de gás na râmola e vaporizador.....	42
Tabela 17: Consumo de gás na râmola e vaporizador.....	42
Tabela 18: Avaliação da alteração da cor e manchamento após lavagem doméstica e industrial	43
Tabela 20: Avaliação da alteração da cor e manchamento após água	44
Tabela 20: Avaliação da alteração da cor após suor ácido e alcalino	45
Tabela 21: Avaliação do manchamento após suor ácido e alcalino.....	45
Tabela 22: Resultados da solidez dos tintos à fricção a seco e húmido	46
Tabela 23: Resultado da durabilidade do estampado às lavagens	46
Tabela 24: Coordenadas de cor CIELab.....	49

Índice de Equações

Equação 1	20
Equação 2	22
Equação 3	22
Equação 4	23

1. Introdução

1.1. Enquadramento

Atualmente, com a crescente preocupação com a sustentabilidade ambiental e social, há uma maior procura por uma vertente sustentável. (Shirvanimoghaddam et al., 2020)

Entre todos os setores industriais, o setor têxtil e do vestuário está classificado como um dos setores mais poluentes, tendo em consideração o volume e a composição dos efluentes líquidos gerados, resultantes do forte consumo de água durante as operações de ultimateção têxtil. (Shirvanimoghaddam et al., 2020) Estima-se que, globalmente, se produza 13 milhões de toneladas de resíduos têxteis por ano, dos quais 95% poderiam ser reciclados ou reutilizados. Estes incluem não só roupa comercializada que acaba por ser descartada, mas também excedentes que não são reaproveitados. Esta indústria é também responsável pelo consumo de 25% de todos os químicos produzidos mundialmente. (Shirvanimoghaddam et al., 2020)

As estamparias apresentam baixo consumo de água, quando comparadas aos outros processos têxteis, no entanto, os efluentes do processo de estampagem possuem uma alta carga tóxica por conter metais pesados provenientes dos pigmentos e corantes e dos diversos produtos não biodegradáveis usados. (Mariane De Almeida et al., 2013)

Neste contexto, um dos desafios passa por encontrar alternativas viáveis para reduzir o impacto ambiental e humano como uma produção mais limpa, através do uso de corantes e pigmentos ecológicos, na eliminação de produtos químicos prejudiciais, reciclagem de água e resíduos. (Gülmüş, 2011)

Neste sentido, o estudo e a análise de pastas de estamparia convencional mais sustentáveis torna-se relevante para um futuro sustentável e com um decrescente impacto ambiental.

1.2. Objetivos

O objetivo principal deste trabalho é estudar e analisar soluções em pasta e estamparia convencional mais sustentáveis em termos químicos e ecológicos para posteriormente alteração de receitas de estampagem na Empresa Têxteis Adalberto SA.

Deste modo, este trabalho tem em vista a redução de impactos ambientais e objetiva a otimização de pastas de estamparia mais sustentáveis e com produtos quimicamente menos agressivos comparando-as com as usuais.

Neste sentido, é importante um estudo e análise das receitas de estamperia que a empresa usa, tendo em atenção a todos os seus constituintes, permitindo obter simultaneamente benefícios ambientais e sucesso nos resultados finais pretendidos, mantendo a qualidade dos estampados tais como boa penetração e bom rendimento colorístico, uniformidade, bom toque e solidez a diversos agentes.

No fim da realização deste trabalho, é esperada a opção de uma pasta mais ecológica com o uso de corantes/pigmentos naturais e a obtenção de um estampado termofixado com o menor gasto de energia, podendo assim resultar em menores gastos energéticos para a empresa.

2. Estado de Arte

Nesta secção, serão apresentados métodos para uma estamparia mais sustentável e ecológica com a possibilidade do uso de biopolímeros, a definição de estamparia, as suas fases, as pastas para estampar e o seu conteúdo e as diferentes máquinas de estamparia.

2.1. Estamparia convencional

A estamparia convencional é um processo de estampagem têxtil no qual os desenhos são impressos no tecido utilizando matrizes de estampagem e tintas ou pigmentos. Este processo é conhecido por ser tradicional e manual, e é usado para produzir estampados complexos e detalhados. (J.Neves, 2000)

É necessário o conhecimento técnico dos operadores para ajustarem a posição do desenho e as cores. É realizado através de rolos que têm o negativo do padrão que se pretende estampar onde é inserida a cor. O tecido é colocado num equipamento onde se encontram vários rolos e o desenho vai ser estampado à medida que o artigo passa de rolo para rolo. Os rolos são colocados por ordem da separação da cor do desenho, sendo que a estampagem é feita das cores mais escuras para as mais claras. Na separação e gravura é onde se prepara o desenho e o material, os rolos, para a estampagem. (J.Neves, 2000)

Na “cozinha de cores” é feita a preparação das pastas de estampagem de cores necessárias para utilizar. A preparação de pastas de cores consiste na mistura de vários produtos: água e substâncias auxiliares, que conferem a reologia adequada às pastas, pigmentos e corantes. (J.Neves, 2000)



Figura 1: Secção de estampa convencional (Fonte: Foto Própria)

2.1.1. Máquinas de estampar

⇒ Estampagem ao quadro plano

As telas que constituem o quadro são normalmente constituídas por fios monofilamento de poliéster, sendo o tecido em ponto tafetá. Estas devem ser resistentes às raspagens sucessivas e aos meios químicos utilizados nas pastas, não sofrendo deformações.

Para proceder à gravura é necessário proceder à separação das cores do desenho. No processo tradicional manual é efetuado o decalque individual das cores num filme de acetato transparente utilizando uma tinta foto-opaca, sendo assim obtidos os filmes ou “misonetes”. Caso se utilize um sistema CAD, a separação das cores é efetuada automaticamente via informática, seguindo-se a impressão das cores separadas, “*misonettes*”, efetuada através de plotters em filmes transparentes de acetato. Os filmes para a gravura dos quadros são impressos com tinta foto-opaca. (Kumar Roy Choudhury, 2022)

A passagem da pasta através do quadro para o tecido é feita através duma racla ou régua. As raclas tradicionais são de borracha, mas podem utilizar-se também as raclas magnéticas, constituídas por uma vareta metálica que se desloca sob ação dum eletroímã colocado por baixo da mesa de estampar.

A máquina de estampar ao quadro plano tem uma muito baixa produtividade, mas em contrapartida não limita o número de cores por desenho e dá estampados de maior qualidade, pelo fato de haver alguma secagem do tecido entre duas cores. A máquina de estampar ao quadro plano automática tem uma grande produtividade, com velocidades da ordem de 5 a 10m/min

(dependendo do tamanho dos quadros e dos parâmetros de estampagem). É mais versátil, pois permite variar facilmente o *rapport*, mas torna difícil a estampagem de linhas verticais. A mudança do desenho é rápida. Podem obter-se contornos finos. A gravura é relativamente barata. Trata-se assim da máquina mais aconselhável para pequenas a médias metragens por desenho. (J.Neves, 2000)



Figura 2: Estamparia ao quadro plano (Autor: Estamparia Salete)

⇒ Estamparia ao quadro rotativo

Este é o processo de estampagem mais usado para estampar tecido em grande quantidade, com rapidez e qualidade. O tecido é colocado em um tapete de borracha em movimento contínuo. (Meza, 2010)

Os cilindros podem ser gravados por diferentes técnicas:

- Tradicionais, todas utilizando a fotogravura (lacagem, galvanoplastia e corrosão)
- Digitais (laser e jato de cera)

A máquina de estampar ao quadro rotativo pode trabalhar a velocidades da ordem de 50 m/min. A mudança de desenho é relativamente rápida. Os custos de gravação são no entanto mais elevados do que no quadro plano. Tem como vantagem ser preferível para estampar desenhos com linhas verticais, pois não há o risco, como no quadro plano, das riscas ficarem quebradas. Um dos inconvenientes é o *rapport* fixo (o mais frequente é de 64cm, embora possam também ser usados outros: 820 e 1018 mm). É um processo que se torna mais económico apenas para metragens médias, da ordem de vários milhares de metros por desenho. (Kumar Roy Choudhury, 2022)



Figura 3: Estamparia ao quadro rotativo (Autor: Estamparia IRMÃOS HORT)

2.1.2. Fases da estamparia

Para estampar um tecido, temos de passar pelas seguintes fases:

1º: Tratamento prévio do tecido- Haverá que submeter o tecido às operações de tratamento prévio normais: gasagem, descolagem, desensimagem, fervura, mercerização, branqueamento e termofixação de modo a eliminar uniformemente substâncias estranhas ao artigo têxtil que poderiam durante a estampagem causar vários tipos de problemas negativos na qualidade final do artigo estampado, bem como melhorar as características do material.(SALEM, 2010). Deve estar uniformemente hidrófilo, com grau de branco e cor de fundo uniforme, o pH deve ser neutro, deve ter boa estabilidade dimensional e elevada resistência aos vincos e quebras. Em muitos casos, é possível encurtar as operações de tratamento prévio, nomeadamente quando se estampa com pigmentos. (J.Neves, 2000).

2º: Preparação da pasta de estampar - A pasta de estampar tem que ter uma grande viscosidade, para que os desenhos não alastrem. Contam por isso obrigatoriamente um espessante, bem como o corante e uma série de produtos auxiliares necessários a sua fixação. (J.Neves, 2000)

3º: Transferência da cor dum intermediário para o artigo têxtil - Esta operação é considerada coma a estampagem propriamente dita. Hoje em dia, os processos mais utilizados são os seguintes: i) ao quadro plano, ii) ao quadro rotativo, iii) por jato de tinta (J.Neves, 2000)

4º: Secagem - Logo após a deposição da pasta sobre o tecido, é necessário proceder a uma secagem para evitar o alastramento da pasta, pois o corante ainda não se encontra fixado. É assim possível um certo período de armazenamento antes da fixação do corante. (J.Neves, 2000)

5º: Fixação - A fixação da cor pode ser feita por calor seco, por vaporização ou por tratamento a molhado. Nesta fase que o corante vai penetrar no interior das fibras para aí se fixar (exceção feita aos pigmentos, os quais são colados à superfície das fibras).

Praticamente, o tempo e as circunstâncias empregues no processo de fixação, quer por vaporização quer por fixação térmica a alta temperatura, dependem da natureza do corante e do tecido, variando geralmente entre 10 segundos a 60 minutos a 100-200°C. Existem três abordagens diferentes de vaporização para fixação: i) Vaporização de tecido à pressão atmosférica, ii) Vapor de alta pressão e iii) Vapor em alta temperatura.

A termofixação é outro procedimento de fixação de estampagem aplicado a alta temperatura (em torno de 200°C) apenas por alguns segundos a poucos minutos na ausência de vapor.

Após a fixação, a pasta de impressão é removida por lavagem (Abdelrahman et al., 2020).

6º: Tratamentos posteriores - Excetuando o caso dos pigmentos, é necessário proceder a lavagens para eliminar os produtos utilizados na preparação da pasta, com especial relevo para o espessante, bem como o corante que não se fixou nas fibras. (J.Neves, 2000).

Neste trabalho será dada mais importância ao estudo no desenvolvimento da etapa 2, Preparação da pasta de estampar.

2.2. Sustentabilidade na estamparia

A sustentabilidade química e ecológica na estamparia têxtil se concentra em reduzir o impacto ambiental e humano dos processos químicos e da gestão de resíduos envolvidos na produção de estampados. (Rodrigues Da Rocha, 2021)

Algumas das principais iniciativas incluem:

- Uso de corantes e pigmentos ecológicos: Isso inclui o uso de corantes de origem vegetal, corantes naturais, corantes orgânicos e corantes solúveis em água. Estes tipos de corantes têm um impacto ambiental menor do que os corantes sintéticos e tóxicos.
- Redução do uso de produtos químicos tóxicos: Isso inclui o uso de produtos químicos menos tóxicos e mais seguros para o meio ambiente e para as pessoas, como os fixadores e os agentes de limpeza.

- Reciclagem de água e resíduos: Isso inclui a reciclagem de água usada na estamparia, assim como a gestão adequada dos resíduos gerados, como os efluentes e os resíduos de corante.
- Certificação ambiental: Isso inclui a certificação de processos e fábricas de acordo com normas ambientais reconhecidas, como a norma ISO 14001, que garante que as empresas estejam em conformidade com as melhores práticas ambientais.
- Desenvolvimento de tecnologias limpas: Isso inclui a pesquisa e desenvolvimento de tecnologias mais limpas e eficientes, como processos de estampagem digital, que têm um impacto ambiental menor do que os processos tradicionais de estampagem.
- Os biopolímeros, como o amido de milho, a celulose, o algodão e a lã, entre outros, podem ser usados como matérias-primas para a produção de tecidos e fibras têxteis, bem como como espessantes para pastas de estampagem. Eles têm vantagens como serem biodegradáveis, de baixo impacto ambiental, e podem ser produzidos com baixo uso de energia e recursos naturais. (Elnashar, 2010). Alguns exemplos de biopolímeros utilizados na estamparia têxtil incluem: i) amido de milho modificado (CMS): É um polímero biodegradável produzido a partir de amido de milho. É usado como espessante em pastas de estampagem e como agente de fixação; ii) Poli(3-hidroxibutirato) (PHB): É um polímero biodegradável produzido a partir de bactérias geneticamente modificadas. É usado como matéria-prima para produção de fibras têxteis; ii) Poli(ácido láctico) (PLA): é um polímero biodegradável produzido a partir de cana-de-açúcar, milho ou outras plantas. É usado como matéria-prima para produção de fibras têxteis.

A sustentabilidade na estamparia têxtil é um processo contínuo e requer esforços contínuos para reduzir o impacto ambiental e melhorar as condições de trabalho.

2.3. Preparação da pasta de estampar

As pastas são compostas por vários elementos que permitem a sua difusão nas fibras para que se obtenha uma boa penetração e bom rendimento.

Um dos ingredientes essenciais na estamparia é o espessante, que confere às pastas uma determinada viscosidade, para que os desenhos não alastrem, e que a quantidade de corante

depositado à superfície da fibra seja tecnicamente a desejada. Para além do espessante, a pasta contém também diversos produtos auxiliares necessários à fixação dos corantes. (De & De Aranguá, 2008)

Uma pasta de estampar pode conter: espessantes, dispersantes, emulsionadores, reguladores da viscosidade, produtos anti-espuma, amaciadores, molhantes, catalisadores, ácidos, bases. oxidantes, redutores, corantes/pigmentos e água (existem pastas como as Plastisol que não são à base de água). (Schönberger & Schäfer, 2003) Os ingredientes concretos dependem do processo desenvolvido.

2.3.1. Espessantes

Os espessantes são há muito tempo o principal ingrediente das pastas de estampar, servindo de meio de transporte do corante/pigmento para o tecido, mantém o corante dentro da área do estampado, desde a sua deposição até à fixação e evita o alastramento da pasta e a formação de auréolas. (Hassabo et al., 2021; J.Neves, 2000)

Um bom espessante deve possuir as seguintes qualidades: compatibilidade com o corante, compatibilidade com outros produtos da pasta, boa aderência, alta viscosidade, deve ser homogêneo e de elevada pureza, deve ser de fácil eliminação e possuir resistência às ações mecânicas. Não deve afetar a tonalidade dos corantes, deve dar um bom recorte do desenho, bom rendimento e igualização das cores e deve conceder um bom toque ao estampado. (Hassabo et al., 2021)

Na tabela seguinte são apresentados os tipos de espessantes que existem.

Tabela 1: Tipos de espessantes

Designação	Espessantes
<u>Naturais</u>	Amido, gomas vegetais, algas - alginato de sódio, - estamparia com corantes
<u>Naturais modificados</u>	Derivados de celulose, amidos modificados, gomas modificadas, éteres e ésteres- estamparia com corantes
<u>Sintéticos</u>	Derivados de ácido poliacrílico ou vinílicos - estamparia com pigmentos
<u>De emulsão</u>	À base de solventes - estamparia com pigmentos (hoje em dia pouco utilizados devido a problemas ambientais).

2.3.2. Agentes anti-espuma

Os agentes anti-espuma são aditivos químicos que são adicionados às pastas de estampagem para reduzir ou eliminar a formação de espuma durante o processo de estampagem. (Kumar Roy Choudhury, 2022).

2.3.3. Emulsionantes

Os emulsionantes são adicionados às pastas de estampagem para estabilizar as emulsões de corante e água. Estes aumentam a estabilidade das pastas e melhoram o grau de dispersão dos pigmentos na pasta. (J.Neves, 2000)

2.3.4. Ligantes

Os ligantes são substâncias químicas utilizadas para fixar os corantes ou pigmentos ao tecido. São usados principalmente na estampagem a frio, ao contrário da estampagem a quente que utiliza altas temperaturas para fixar os corantes. (J.Neves, 2000)

O ligante é uma substância formadora de película composta por macromoléculas de cadeia longa que, quando aplicada ao tecido juntamente com o pigmento, produz uma rede ligada tridimensionalmente. As ligações são formadas durante um processo de “fixação” adequado, que geralmente consiste em calor seco a uma determinada condição de pH, provocando auto-reticulação ou reação com agentes de reticulação adequados.

O grau de reticulação não deve ser muito elevado, caso contrário as macromoléculas tornam-se demasiado rigidamente ligadas, dificultando a extensibilidade do polímero. (Kumar Roy Choudhury, 2022).

Os ligantes dividem-se em três grupos principais:

- Ligantes com base de acrilatos
- Ligantes com base em butadieno
- Ligantes com base em poliuretano

Os ligantes à base de acrilato são conhecidos por serem resistentes à lavagem, luz e calor, o que os torna ideais para estampagem de roupas e outros artigos têxteis que serão lavados e usados com frequência. Têm também boa resistência ao envelhecimento e boa estabilidade térmica, o que os torna adequados para estampagem por transferência térmica. (J.Neves, 2000)

Os ligantes com base em butadieno têm como grande vantagem afetarem menos o toque, sendo os mais macios. No entanto, as moléculas de butadieno têm duplas ligações, as quais são destruídas por raios ultravioleta da luz solar. Isto implica que os estampados realizados exclusivamente com ligantes de butadieno têm uma solidez à luz reduzida. Esta situação pode ser melhorada empregando uma mistura de ligantes de butadieno com dispersões acrílicas. São os mais económicos. (J.Neves, 2000)

Os ligantes com base em poliuretano são usados para efeitos especiais, tais como efeitos brilhantes, efeitos mate e efeitos nacarados. São os que têm menos solidez à lavagem, e as propriedades de solidez não podem ser melhoradas por um agente de fixação, são macios, estáveis à limpeza a seco, boa solidez à luz mas são os mais caros.

2.3.5. Fixadores

Os fixadores são isentos de formaldeído/melanina. Estes permitem uma reticulação adicional às moléculas do ligante, permitindo obter uma polimerização mais eficiente. Assim, melhoram os níveis de solidez à fricção e lavagem. Fixam-se em presença de calor, 150°C, e pH ácido. (CHATAIGNIER Gilda, 2006).

São usados para melhorar a fixação do corante na estampagem, bem como para reduzir o tempo de fixação por meio de compostos de expansão. Eles também são eficazes na prevenção de irregularidades de fixação que podem ser causadas pela variação das condições de fixação do corante, como tempo, temperatura, humidade, etc. (Kumar Roy Choudhury, 2022)

2.3.6. Amaciadores

Os amaciadores ao serem adicionados à pasta fazem com que a distância e mobilidade das moléculas do ligante aumente, o que dá um melhor toque ao estampado após a sua fixação. (Neves, 2010)

2.3.7. Catalisadores

Os catalisadores aceleram o processo de fixação do estampado, permitindo que a fixação se dê a temperaturas mais baixas. Ajudam a reticulação do fixador. Deve ser adicionado um catalisador quando a cor de fundo não apresente boa solidez ao calor, quando o substrato apresente pouca estabilidade ao calor e caso usem tintas serigráficas. (Neves, 2010)

2.4. Viscosidade das pastas de estampar

A viscosidade é uma medida da resistência ao fluxo de uma substância, e é um fator importante a ser considerado na estamparia têxtil. A viscosidade da pasta de estampar deve ser adequada para as condições de estampagem e para o tipo de tecido e desenho a ser estampado.

A reologia, ou estudo das propriedades de fluxo das substâncias, é crucial para entender como a pasta de estampar se comporta e para selecionar o espessante adequado. A viscosidade e o poder filante (capacidade da pasta formar um fio contínuo) são duas propriedades reológicas importantes a serem consideradas. (ARAÚJO, 2014)

Pastas de alta viscosidade são geralmente usadas para superfícies lisas e contornos finos, enquanto pastas de viscosidade mais baixa são usadas para artigos grossos e desenhos maiores. Além disso, a quantidade e tipo de espessante também afetam a penetração e nitidez do estampado. É importante testar e ajustar a viscosidade da pasta de estampar antes da produção em massa para garantir a qualidade do estampado. (Mario de Araújo; Castro; E.M. de Melo, 1984)



Figura 4: Medição da viscosidade com um viscosímetro (Fonte: Foto Própria)

2.5. Estamparia convencional com corantes e pigmentos

Na estamparia podem ser usados corantes ou pigmentos. Os corantes não conferem toque à superfície, pois penetram na fibra, tingindo-a permanentemente. Já o pigmento não impregna na fibra, ficando apenas sobre a superfície. (BRIGGS-GOODER Amanda, 2014)

Os corantes devem possuir características tais como: fácil dissolução, fácil difusão antes da sua absorção pela fibra, bons índices de solidez e fácil eliminação por lavagem sem manchar as partes não estampadas. (Neves, 2010).

Existem 2 tipos de corantes, os insolúveis e os solúveis. Nos insolúveis podemos incluir os pigmentos, os corantes de cuba e os dispersos. Nestes casos, é necessário incluir na pasta um espessante. No entanto, muitas vezes é preferível adquirir o corante ou pigmento na forma de dispersão líquida, o que facilita a preparação das pastas. (Abdelrahman et al., 2020)

Os corantes solúveis são todos os restantes que não têm afinidade nenhuma com a fibra. Neste caso, usa-se frequentemente na pasta produto hidrotópico, que facilita a dissolução do corante. (Yaman et al., 2012)

Na tabela abaixo podemos observar que tipo de corantes são utilizados para estampar as diferentes fibras: (Abdelrahman et al., 2020)

Tabela 2: Corantes e diferentes fibras em que são utilizados

Fibras	Corantes
<u>Celulósicas (algodão, viscose, etc.)</u>	Pigmentos, Reativos, de Cuba
<u>Proteínicas (lã e seda)</u>	Ácidos, Complexo metálico
<u>Acetato e Triacetato</u>	Dispersos, Pigmentos
<u>Poliéster</u>	Dispersos, Pigmentos
<u>Poliamida</u>	Ácidos, Complexo metálico, Pigmentos
<u>Acrílicas</u>	Catiónicos, Pigmentos

Os pigmentos são materiais sintéticos ou naturais, insolúveis em água e não têm qualquer afinidade para as fibras. Assim é necessário fixar os pigmentos às fibras com a ajuda de um ligante. O agente ligante que pode ser composto por acrilatos, butadieno ou poliuretano polimeriza sob a ação do calor formando uma película invisível que fixa os pigmentos à fibra. O ligante confere ao substrato têxtil o toque e os níveis de solidez à fricção. Os pigmentos podem ser orgânicos ou inorgânicos, mas os mais comuns são os orgânicos e são constituídos por partículas de diâmetro aproximadamente de 0.1 μ a 0.5 μ . São comercializados em forma de dispersão aquosa contendo 30 a 45% de pigmento puro. Existem também os pigmentos fluorescentes que são resultantes de matérias fluorescentes solubilizados numa matriz em polímero rígido, resinas termoplásticas e termoendurecíveis. Quando adicionados à pasta para estampar, os pigmentos podem reduzir ligeiramente a viscosidade das mesmas, devido à presença de eletrólitos usados nas dispersões, sendo necessário reajustar a viscosidade das pastas. (Abdelrahman et al., 2020)

Existem algumas vantagens da estampagem com pigmentos:

- É aplicável sobre todas as fibras e misturas;
- No caso de estamparia direta, não precisa de lavagem posterior;
- Permite obter bons resultados na solidez à luz, mesmo em cores claras. (Gomes, 2007)

2.6. Fixação dos estampados

As operações posteriores à estampagem são as seguintes: secagem, fixação, lavagem e acabamento.

A fixação dos estampados é uma fase crítica na estamparia têxtil, pois garante que o corante ou pigmento seja ancorado no tecido de forma permanente. (Gomes, 2007) Existem três técnicas de fixação:

- Estampagem a quente: Neste processo, o tecido é exposto a altas temperaturas, geralmente entre 150-160°C, para fixar o corante. Essa técnica é comumente usada para estampar tecidos sintéticos, como poliéster e nylon;
- Vaporização: Permite que o espessante absorva a humidade necessária para que o corante se difunda e se ligue à fibra (por reações químicas, no caso dos corantes reativos);
- Estampagem a frio: Neste processo, o corante é fixado no tecido por meio de reações químicas, como a fixação por resfriamento ou fixação por reatividade. Esta técnica é comumente usada para estampar tecidos naturais, como algodão e seda.

Além disso, existem outras técnicas de fixação como o uso de UV, eletrólise e outras. É importante que o processo de fixação seja o mais adequado ao tipo de tecido e corante usado, para garantir uma fixação permanente e evitar desbotamentos, desvanecimentos e outros problemas de qualidade. (Miles, 2003).

3. Materiais e métodos

3.1. Substrato têxtil

Os substratos utilizados neste projeto para os ensaios foi uma tela 100% CO e a amostra final foi uma malha interlock jackard 97% CO e 3% PA ($224\text{g}/\text{m}^2$, -1% teia, -9% trama e espiralidade 8% à esquerda). Estes substratos têxteis foram fornecidos pela empresa.

3.2. Pigmentos e reagentes químicos

Ao longo do desenvolvimento deste projeto foram utilizados diversos produtos auxiliares de estamparia e um pigmento natural. Foram fornecidos pela empresa, pela ADI (Barcelona, Espanha) e pela Clarychem (Porto, Portugal).

3.3. Equipamentos

No desenvolvimento deste projeto foram necessários vários equipamentos para a produção e análise dos vários ensaios e resultados obtidos. Os ensaios realizados decorreram nas instalações da Adalberto SA e na Universidade do Minho, onde foram disponibilizados os seguintes equipamentos:

Tabela 3: Equipamentos utilizados

Equipamentos	Marca
<u>Mansarda</u>	Sifami
<u>Rolo de mil pontos</u>	Jahames Zimmer
<u>Crockmeter</u>	James H.Heal & CO Ltd.
<u>Equipamento para efetuar durabilidade ao estampado</u>	Roaches
<u>Equipamento para efetuar a solidez à lavagem</u>	Roash Washtec
<u>Espetrofotómetro de refletância</u>	Datacolor 4660
<u>Espetrofotómetro UV-Vis</u>	Shimadzu UV-VIS UV 2600
<u>Râmula</u>	A312
<u>Goniómetro</u>	Dataphysis

3.4. Métodos experimentais

3.4.1. Avaliação da solidez dos tintos à fricção

Para efetuar a solidez dos tintos à fricção a seco e a húmido das amostras estampadas, utilizou-se a *NP EN ISSO 105-X12*. Pretende-se com este teste avaliar a transferência de cor das amostras após estampagem.

Este ensaio é feito usando um crockmeter manual. O tecido é colocado na extremidade da cavilha do aparelho paralelamente à direção da cavilha de fricção. A uma velocidade de um ciclo por segundo, fricciona-se sobre o provete dez movimentos para um lado e dez para o outro.

Existe um parâmetro para avaliar a transferência de cor para o testemunho, a escala de cinzentos. Esta escala vai de 1-5, em que um manchamento de 5 é apresentado como duas amostras brancas idênticas, já que não há manchamento e um nível 1 mostra uma amostra branca e outra cinzenta. Os outros números intermédios mostram contrastes intermédios entre brancos e cinzas. O nível 5 mostra que não há diferença entre o material tratado e o material não acabado. Se o resultado for entre dois níveis na escala utiliza-se uma classificação de por exemplo 3-4. (B.P. Saville., 1999)

Em vez de se utilizar a escala de cinzentos para avaliação do manchamento em concordância com a *NP ISO 105-A03*, utilizou-se um método instrumental para obtenção dos valores, o espectrofotómetro de refletância *Datacolor 4660*, pois a observação pode ser sempre um pouco ambígua e, desta forma, há um maior rigor nos valores obtidos.



Figura 5: Crockmeter manual (Fonte: Foto Própria)

3.4.2. Solidez dos tintos ao suor ácido e alcalino

A solidez dos tintos ao suor ácido e alcalino refere-se à resistência das cores nos tecidos quando expostas ao suor proveniente do corpo humano. É realizado para garantir que os corantes ou pigmentos utilizados sejam duráveis e não desbotem facilmente durante o uso e lavagem.

Para este ensaio utilizou-se a norma *ISO 105-E04:2013*.

Começaram-se por cortar dois provetes de 10cmx4cm para a amostra final. De seguida coseu-se um tecido testemunho multifibras DW em cada um dos provetes.

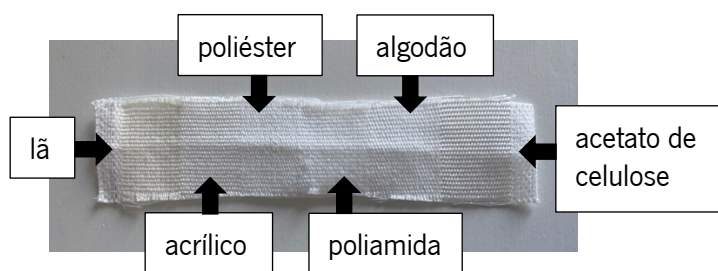


Figura 6: Tecido testemunho multifibras DW (Fonte: Foto Própria)

Prepararam-se duas soluções de 500mL cada, uma alcalina e outra ácida. Para a solução alcalina começou-se por colocar 0,25g de monohidrocloreto de L-histidina monohidratado, ao qual se adicionou 2,5g de cloreto de sódio e 2,5g de hidrogenofosfato dissódico dodecahidratado, adicionando-se água destilada até perfazer os 500mL.

Colocou-se a solução num medidor de pH e, com a ajuda duma solução de hidróxido de sódio de 0,1M, acertou-se o pH. De seguida, para preparar a solução ácida começou-se por colocar 0,25g de monohidrocloreto de L-histidina monohidratado, juntando-se 2,5g cloreto de sódio e por fim 1,1g de dihidrogenofosfato de sódio dihidratado. Adicionou-se água destilada até perfazer 500mL e colocou-se a solução num medidor de pH de forma a ajustá-lo com uma solução de hidróxido de sódio. Colocou-se um provete num gobelé com 100mL de solução alcalina e o outro provete noutro gobelé de 100mL de solução ácida. Deixaram-se os provetes mergulhados na solução durante 30 minutos. Após os 30 minutos retirou-se o excesso de solução dos provetes com duas varetas de vidro e colocou-se cada um dos provetes entre dois vidros no perspirómetro, exercendo-se uma força de 12,5kPa sobre estes, colocando o perspirómetro novamente na estufa a 37°C durante 4 horas. Passadas as 4 horas retiraram-se os dois provetes e secou-se ao ar, tendo atenção em separar o provete do tecido multifibras durante a secagem.

3.4.3. Solidez dos tintos à água

Este ensaio tem como objetivo determinar a resistência dos tintos à imersão em água de acordo com a norma *ISO 105-E01:1994*.

Primeiramente cortou-se 1 provete de tamanho 10cmx4cm. De seguida coseu-se o provete a um tecido testemunho multifibra DW sendo que este tem de se encontrar em contacto com a fase direita do provete. Imergiu-se em 100mL de água de forma a que este fique totalmente submerso. Retirou-se o provete da água e com duas varetas de vidro retirou-se o excesso de água, colocando-se entre duas placas de vidro cada provete, colocando-se de seguida no perspirómetro. O perspirómetro, que já se encontrava previamente na estufa a 37°C, volta a ser lá colocado durante 4 horas. Por fim, seca-se o provete ao ar tendo em atenção que o provete e o multifibras não entrem em contacto.

3.4.4. Solidez à lavagem

Este ensaio é usado na indústria têxtil para se referir à sensibilidade ou durabilidade do estampado realizado em materiais têxteis quando expostos a agentes que fazem com que haja uma perda de cor.

Os níveis de solidez à lavagem das amostras foram avaliados de acordo com o estipulado na *NP/ISO 105-C06: 1994- B2S e C06*- solidez do tingimento às lavagens domésticas e Industriais, com o tecido multifibras.

Cortaram-se dois provetes para a amostra final estampada de tamanho 10cmx4cm. De seguida coseu-se um tecido multifibras nos provetes.

Preparou-se uma solução de lavagem 4g/L de detergente ECE e 1g/L de perborato de sódio. Colocou-se 150mL de volume de banho no recipiente juntamente com 10 bolas de aço num recipiente e 25 bolas de aço noutra distinto. Colocou-se no aparelho *Roaches Washtec* a 40°C durante 30 minutos.

Tirou-se a amostra do *LINETEST*, lavou-se com água a 40°C e de seguida com água fria. Colocou-se a secar à temperatura ambiente.

3.4.5. Avaliação da durabilidade do estampado

Este teste foi feito de acordo com um método interno da empresa, baseado no método BhsTM 12 A, utilizando a *Durawash*.

Pegou-se numa amostra 40cmx30cm e dobrou-se em metade tendo esta adquirido o tamanho de 30cmx20cm. De seguida coseu-se três lados do retângulo, deixando um dos dois lados mais pequenos aberto. Colocaram-se as amostras na *Durawash* e deixou-se lavar a 40°C durante 15 minutos. Após a lavagem, retiraram-se os provetes da mesma e enxaguou-se com água fria manualmente de forma a retirar todo o detergente. Secou-se na máquina de secar a 50°C durante 20 minutos. Por fim retirou-se da máquina de secar e deixou-se a relaxar durante cerca de meia hora.



Figura 7: Durawash (Fonte: Foto Própria)

3.4.6. Molhabilidade e Ângulo de Contacto

O ângulo de contacto refere-se ao ângulo que forma a superfície de um determinado líquido sobre uma superfície sólida.

O valor do ângulo de contacto depende principalmente da relação que existe entre as forças de interface tripla entre o sólido, o líquido e o vapor, cuja posição de equilíbrio depende das forças associadas às três tensões interfaciais.

A técnica de ângulo de contacto é bastante utilizada para a caracterização da molhabilidade/hidrofilidade de diversos materiais. Com esta técnica as propriedades superficiais de um substrato podem ser determinadas através da energia de superfície ou mesmo pelo trabalho de adesão.

O ângulo de contacto entre uma gota de um líquido com uma tensão superficial conhecida e uma superfície sólida depende da relação entre as forças adesivas (que fariam a gota se espalhar

sobre a superfície) e as forças coesivas do líquido (que querem contrair a gota a uma esfera com uma superfície mínima).

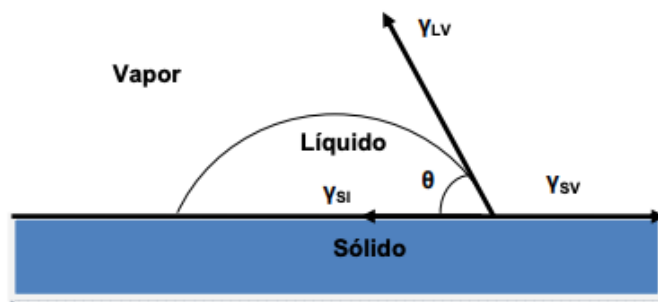


Figura 8: Ângulo de Contacto de uma gota de líquido quando depositada sobre uma superfície sólida (Fonte: Researchgate)

γ_{LV} : Energia interfacial entre as fases líquido e vapor (mN/m);

γ_{SV} : Energia interfacial entre as fases sólido e vapor (mN/m);

γ_{LS} : Energia interfacial entre as fases sólido e líquido (mn/m).

Chegando à seguinte equação:

Equação 1

$$\lambda_{SV} - \lambda_{LS} = \lambda_{LV} \cos \theta$$

O valor do ângulo pode variar entre 0° e 180° , sendo que quando $\theta = 0^\circ$ o líquido molha a superfície do sólido completamente, quando $\theta > 0^\circ$ o líquido não se distribui completamente sobre a superfície.

Os ângulos de contacto das amostras foram caracterizadas com o equipamento *Dataphysics* utilizando o software OCA20 com sistema de vídeo para captura de imagens no estado estático. Foram realizadas cinco medições para cada amostra.

3.4.7. Espetroscopia de Infravermelho com transformada de Fourier- ATR-FTIR

A espectroscopia de Infravermelho por Transformada de Fourier de reflexão total atenuada (FTIR-ATR), método físico-químico analítico, é uma técnica que permite a identificação dos grupos funcionais presentes nas estruturas das moléculas orgânicas e poliméricas, assim como inferir acerca das reações de reticulação e degradação envolvidas na sua transformação. (Castro et al., 2016)

A região IV (10 cm^{-1} a $14\,000 \text{ cm}^{-1}$) do espectro eletromagnético é dividida em três partes: próximo, médio e afastado; sendo que a IV média (400 cm^{-1} a $4\,000 \text{ cm}^{-1}$) é a região usualmente utilizada para o estudo pois integra frequências correspondentes às vibrações básicas

de praticamente de todos os grupos funcionais de moléculas orgânicas, convertendo as vibrações em energia oscilatória. (Davis, 2010)(Simonescu, 2012)

O espectrofotômetro emite um feixe de radiação monocromática na gama do infravermelho, que incide na superfície do material. Os espectros de infravermelho obtidos fornecem a transmissão em função do número de onda e a sua complexidade é tão mais elevada, quanto mais complexa for a estrutura do composto analisado. (Castro et al., 2016.)

Cada composto orgânico possui frequências vibracionais, rotacionais e de alongação específicas, não havendo dois compostos diferentes que possuam exatamente o mesmo espectro, pelo que o espectro característico de cada um deles constitui uma espécie de impressão digital que permite a sua identificação. Assim, a identificação de compostos ou materiais desconhecidos, bem como a quantificação de diversas tipologias de grupos funcionais, pode ser realizada por intermédio desta análise qualitativa. (Maria Isabel Castro da Costa Alves, 2016).

Neste procedimento as amostras em estudo foram caracterizadas pela técnica de FTIR recorrendo ao equipamento FTIR Irapinity da Shimadzu Corporation com o acessório horizontal de ATR e um cristal de diamante. A resolução para os espectros de infravermelhos foi de 8 cm^{-1} e 40 *scans* para cada espectro em temperatura ambiente e os espectros foram visíveis na região entre os 4000 e os 400 cm^{-1} .

3.4.8. Força colorística (K/S) e coordenadas CIELab

No espaço psicométrico CIELAB, as cores podem ser descritas por luminosidade (L^*), seu conteúdo de vermelho-verde (a^*) e de amarelo-azul (b^*); ou pelo uso de coordenadas cilíndricas de Luminosidade (L^*), tonalidade (h°) e croma (C^*), relacionadas diretamente com as coordenadas Munsell.

As diferenças de cor são definidas pela comparação numérica entre a amostra exposta e a padrão. Ela indica as diferenças absolutas nas coordenadas de cor e são conhecidas como Deltas (Δ). Os Deltas para L^* (ΔL), a^* (Δa) e b^* (Δb) podem ser negativas (-) ou positivas (+). (LEÃO, 2005). A diferença total Delta E (ΔE), todavia, é sempre positiva e são expressas como:

ΔL^* = diferença em mais claro e escuro (+) mais claro, (-) mais escuro

Δa^* = diferença em vermelho e verde (+) mais vermelho, (-) mais verde

Δb^* = diferença em amarelo e azul (+) mais amarelo, (-) mais azul

ΔE^* = diferença total de cor

Para determinar a diferença total de cor entre as três coordenadas é utilizada a seguinte fórmula:

Equação 2

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

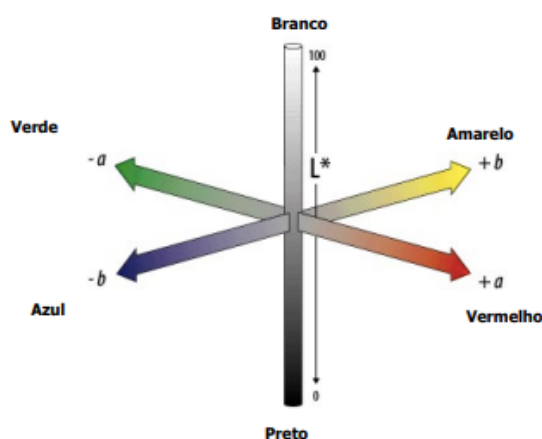


Figura 9: Representação das coordenadas colorimétricas (Fonte: MiMoriarty)

A força colorística é calculada a partir da equação de Kubelka-Munk (equação abaixo), onde K é o coeficiente de absorção do substrato, S é o coeficiente de dispersão e R é a refletância medida no comprimento de onda máximo.

Equação 3

$$K/S = \frac{(1 - R)^2}{2R}$$

Os valores de K/S representam a intensidade colorística, ou seja, quanto maior o valor, mais intensa e mais saturada é a cor. Através dos valores de K/S gerados pelo espectrofotômetro, realizou-se o somatório de todos os valores em cada concentração, para que posteriormente fossem utilizados para construir o gráfico.

Interessa realçar que só se analisou os comprimentos de onda dos 400-700 nm, pois sendo que se trata da intensidade colorística só é pertinente o intervalo da gama do visível.

3.4.9. Fator de proteção UV (UPF)

A radiação ultravioleta é dividida em três tipos: UVA (315-400 nm), UVB (280-315 nm) e UVC (200- 280 nm). A radiação UVC e parte da radiação UVB são absorvidas pela camada de ozono existente na estratosfera. Cerca de 2% de radiação UVB e 98% de radiação UVA alcançam a superfície terrestre. No entanto, a quantidade de radiação que atinge a superfície varia de acordo com a latitude, longitude, época do ano, hora do dia bem como as condições climáticas. (Kocić et al., 2019)

A capacidade de um tecido bloquear a radiação UV é expressa pelo valor do “Fator de proteção ultravioleta” - UPF, termo utilizado pela primeira vez na Austrália em 1996. De acordo com a norma “*Sun protective clothing— Evaluation and classification*” AS/NZS 4399:1996, a medição da transmissão da radiação UVA e UVB é efetuada in vitro, num espectrofotômetro. Quando o feixe de radiação UV incide na amostra, uma parte da radiação é refletida, outra parte é absorvida e existe também uma terceira parte que atravessa a amostra, ou seja, é transmitida (figura 14). De acordo com esta norma, a medição é realizada nos comprimentos de onda 280 - 400 nm do espectro, em intervalos de 5 nm. (Georgouras et al., 1997) (Kullavanijaya & Lim, 2005)

A medição do UPF foi realizada no espectrofotômetro Shimadzu UV-VIS UV 2600, no intervalo em cima referido. Para cada amostra de substrato têxtil foram realizadas três medições, mudando a amostra de posição. O valor de UPF para um tecido seco plano e sem tensão é dado pela equação seguinte:

Equação 4

$$UPF = \frac{\sum_{290}^{400} E_{\lambda} S_{\lambda} \Delta_{\lambda}}{\sum_{290}^{400} E_{\lambda} S_{\lambda} T_{\lambda} \Delta_{\lambda}}$$

Segundo o Comité Europeu de Normalização, para que um tecido tenha ação fotoprotetora adequada, o valor de UPF, deve superior a 40 e a taxa de transmissão de UVA deve ser inferior a 5%. Os índices de classificação UPF (tabela 4), variam num intervalo numérico, e a sua classificação varia entre “Baixa Proteção” a “Excelente Proteção”. (Tarbuk et al., 2016)

Tabela 4: Classificação do UPF (Fonte: Tarbuk, Grancarić and Šitum, 2016)

Intervalo UPF	Classificação UPF	Categoria de proteção à radiação UV	Bloqueio da radiação UV
<14	0, 5, 10	Baixa Proteção	<93,3
15-24	15, 20	Boa Proteção	93,3-95,8

25-39	25, 30, 35	Muito Boa Proteção	95,9-97,4
>40	40, 45, 50, 50+	Excelente Proteção	>97,5

4. Apresentação, análise e discussão de resultados

4.1. Pasta de estamparia de baixa temperatura de reticulação

Com a finalidade de se obterem desenhos estampados sem necessidade de irem ao termofixador, que apenas passem pela secagem na mansarda e acabem na râmola, quer-se substituir os tradicionais ligantes e fixadores de alta temperatura de reticulação por outros de baixa temperatura de reticulação.

Para isso, foram preparadas 3 pastas diferentes para um volume final de 2 kg e o pigmento utilizado foi o royal blue.

Tabela 5: Receita com a pasta 1

Constituintes da pasta 1 (pasta atual da empresa)	Concentração P1 (rica em ligante) (g/kg)	Concentração P2 (pobre em ligante) (g/kg)
Água	668	923
Espessante	11	10
Ligante	300	60
Emulsionador	15	3
Fixador	6	4
Pigmento	100	

Para a preparação final de 2kg tirou-se 398 g/kg de P1 e 496,5 g/kg de P2, adicionou-se 5,5 g/kg de espessante e 100 g/kg de pigmento.

Tabela 6: Receita com a pasta 2

Constituintes da pasta 2 (pasta sugerida pela ADI)	Concentração P1 (rica em ligante) (g/kg)	Concentração P2 (pobre em ligante) (g/kg)
Água	668	923
Espessante 2	11 + 7,5	10 + 5
Ligante	300	60
Emulsionador	15	3
Fixador 2	6	4
Pigmento	100	

Dado que a pasta 2 com a receita inicial possuía pouca viscosidade, mediu-se o pH para ver se este se encontrava dentro dos valores sugeridos 8,3-9,0. No entanto, o pH era bem mais baixo e por consequente adicionou-se 5g de amoníaco, usado para subir o pH e sucessivamente aumentar a viscosidade. Todavia, este subiu, mas a viscosidade manteve-se, forçando então a adição posterior de uma maior quantidade de espessante. Adicionou-se 7,5g/kg no P1 e 5g/kg no P2 obtendo-se uma viscosidade mais elevada, dentro dos valores pretendidos.

Para a preparação final de 2kg tirou-se 398 g/kg de P1 e 496,5 g/kg de P2, adicionou-se 5,5 g/kg de espessante e 100 g/kg de pigmento.

Tabela 7: Receita com a pasta de stock 3

Constituintes da pasta de stock 3 (pasta sugerida pela Clarychem para o Tough Camo)	Concentração (g/kg)
Ligante	100
Emulsionador 3	10
Amaciador	10
Fixador 3	10
“Improver and problem solver”	5
Espessante 3	7,5
Água	857,5

Tabela 8: Constituintes da receita 3

Constituintes da receita final 3 (pasta sugerida pela Clarychem para o Tough Camo)	Concentração (g/kg)
Pasta	500
Pasta de stock	400
Espessante	6
Pigmento	100

Neste caso, fez-se uma preparação para 1,5kg dado que a quantidade da receita final não era suficiente para se prepararem 2kg. Portanto, retiraram-se 1341g da mesma, adicionaram-se 10g de espessante e 150g de pigmento.

Seguidamente, levaram-se três amostras de tela 100% CO a estampar em rolo de mil pontos no laboratório, com cada uma das pastas acima referidas.



Figura 10: Estampagem em rolo de mil pontos (Fonte: Foto Própria)

Por fim, termofixou-se uma amostra de cada pasta na mansarda a uma temperatura de 130°C e seguidamente outra amostra de cada a 160°C, deixando uma amostra de cada pasta sem termofixação.

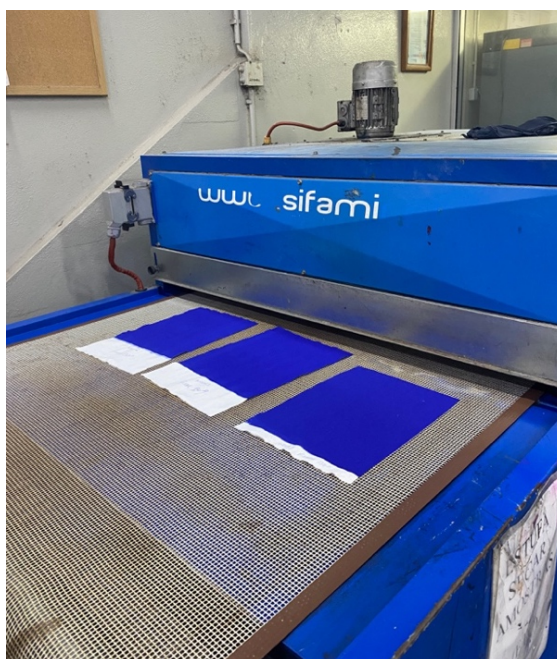


Figura 11: Termofixação na mansarda (Fonte: Foto Própria)

4.2. Avaliação da solidez dos tintos à fricção

Avaliaram-se os tecidos de fricção no espectrofotómetro de reflectância *Datacolor 4660*.

Segundo as especificações internas apresentadas no Anexo 1, o valor mínimo admitido para o manchamento à fricção a seco é 4 e para a fricção a húmido é 3.

As amostras físicas encontram-se anexadas no Anexo 4.

4.2.1. Pasta 1

De acordo com as especificações internas, conclui-se através da tabela 9, que os resultados obtidos não foram bons, pois todas as amostras se comportaram abaixo da média esperada.

Devido a um entupimento na mansarda, foi repetida a termofixação a 160°C, cujos resultados deviam ser os que refletiam melhores valores.

Como se pode verificar no ensaio 2, para a termofixação a 160°C a amostra seca melhorou de 3 para 4 na escala de cinzentos e a amostra húmida de 2 para 3, ficando assim dentro dos valores mínimos admitidos. Estes bons resultados são expectáveis visto que foi usado um fixador com isocianato bloqueado e com desbloqueio à temperatura de 140°C-150°C, sendo que com a termofixação a 160°C já há um melhor desempenho aderindo assim o pigmento à fibra.

Tabela 9: Resultados da solidez à fricção a seco e húmido para a amostra sem e com termofixação a 130°C e 160°C

Ensaio	Seco	Húmido
Sem Termofixar	4	2-3
Termofixado a 130 °C	3-4	2
Termofixado a 160 °C - Ensaio 1	3	2
Termofixado a 160 °C - Ensaio 2	4	3

4.2.2. Pasta 2

Considerando os resultados dos testes de fricção a seco e a húmido para as amostras não termofixada, termofixadas a 130°C e a 160°C obtiveram-se bons resultados de acordo com as especificações internas, como se pode observar na tabela 10.

Devido a um entupimento na mansarda, foi repetida a termofixação a 130°C, cujos resultados eram os mais favoráveis e pertinentes. Como podemos ver no ensaio 2, os resultados sofreram pouca ou nenhuma alteração, continuando a ser bons resultados.

Os bons resultados indicam a boa elasticidade do ligante e a dispersão desigual do pigmento.

Tabela 10: Resultados da solidez à fricção a seco e húmido para a amostra sem e com termofixação a 130°C e a 160°C

Ensaio	Seco	Húmido
Sem Termofixar	4	2-3
Termofixado a 130 °C - Ensaio 1	4-5	3-4
Termofixado a 130 °C - Ensaio 2	4-5	3
Termofixado a 160 °C	4	2-3

4.2.3. Pasta 3

Observando os resultados dos testes de fricção a seco e a húmido na tabela 11 para as amostras termofixadas a 130°C, a 160°C e não termofixadas, obtiveram-se excelentes resultados, com a exceção das amostras húmidas não termofixadas que apresentam um valor abaixo do esperado e regulamentado.

Os resultados são expectáveis visto que foi utilizado um ligante com boas propriedades de solidez à fricção.

Tabela 11: Resultados da solidez à fricção a seco e húmido para a amostra sem e com termofixação a 130°C e a 160°C

Ensaio	Seco	Húmido
Sem Termofixar	4-5	2
Termofixado a 130 °C	4-5	3
Termofixado a 160 °C	5	5

4.3. Avaliação da durabilidade do estampado às lavagens

Avaliaram-se os estampados depois de lavar, no espectrofotómetro de refletância *Datacolor 4660*.

Segundo as especificações internas apresentadas no Anexo 1, o valor mínimo admitido para a avaliação da alteração da cor de um provete aquando submetido ao teste na Durawash é 4-5.

As amostras físicas encontram-se anexadas no Anexo 5.

4.3.1. Pasta 1

Na realização do teste à solidez a lavagens repetitivas para testar a durabilidade do estampado, apenas a amostra termofixada a 160° obteve um bom resultado, sendo que a amostra sem termofixar perdeu a maior parte da cor, como se pode ver na tabela 12.

O facto da amostra termofixada a 160°C refletir um melhor resultado deve-se ao facto do ligante usado nesta pasta polimerizar à temperatura ideal de 160°C e do fixador constituído por um isocianato bloqueado desbloquear também à mesma temperatura.

Tabela 12: Resultados durabilidade do estampado às lavagens para a pasta 1

Durabilidade do estampado	Ensaio 1
Sem termofixar	1-2
Termofixado a 130°C	4
Termofixado a 160°C	4-5

4.3.2. Pasta 2

Com a realização do teste nas amostras com a pasta 2, os resultados foram excelentes, à exceção novamente da amostra sem termofixar, tendo a amostra perdido muita cor, como se pode verificar na tabela 13.

Esta pasta é constituída por um fixador à base de um isocianato bloqueado com desbloqueio a partir dos 130°C o que reflete os bons resultados na durabilidade do estampado após lavagem nas amostras termofixadas.

Tabela 13: Resultados durabilidade do estampado às lavagens para a pasta 2

Durabilidade do estampado	Ensaio 1
Sem termofixar	2
Termofixado a 130°C	5
Termofixado a 160°C	5

4.3.3. Pasta 3

Na realização do teste à solidez a lavagens repetitivas para testar a durabilidade do estampado, os resultados foram muito bons, com a exceção mais uma vez da amostra não termofixada que ficou ligeiramente mais clara, como podemos observar na tabela 14.

Neste ensaio os bons resultados refletem o facto desta pasta ter uma constituição mais elaborada e ter um ligante e fixador que oferecem boas propriedades de durabilidade às lavagens não dependendo da temperatura, o que faz com que a amostra não termofixada por si só tenha um melhor resultado que as estampadas com as outras pastas.

Tabela 14: Resultados durabilidade do estampado às lavagens para a pasta 3

Durabilidade do estampado	Ensaio 1
Sem termofixar	3-4
Termofixado a 130°C	5
Termofixado a 160°C	5

4.4. Avaliação da molhabilidade e ângulo de contacto

A partir deste ensaio eliminaram-se as amostras termofixadas a 160°C visto que é um processo que gasta mais energia e os valores dos ensaios feitos são relativamente iguais ao processo a 130°C. Foram adicionadas a tela sem estampado e a malha sem estampado que vai ser utilizada na amostra final.

Com o goniómetro, analisou-se a hidrofilidade das amostras. Foram feitas três medições do ângulo de contacto de cada amostra que se refletem no gráfico da figura 12.

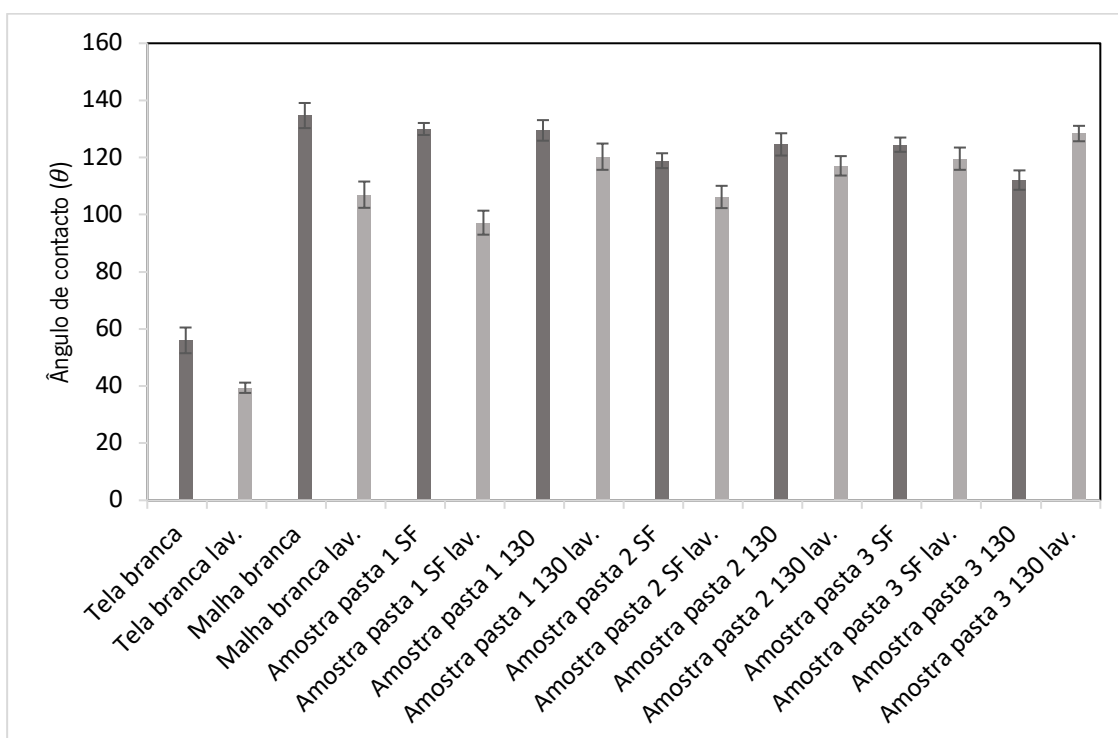


Figura 12: Ângulos de contacto das amostras

Analisando a figura acima, verifica-se que a média dos valores dos ângulos de contacto para as amostras lavadas é sempre inferior aos ângulos de contacto das amostras sem lavar, à exceção para a amostra da pasta 3 termofixada a 130°C.

Ângulo de Contacto amostras com pasta 1

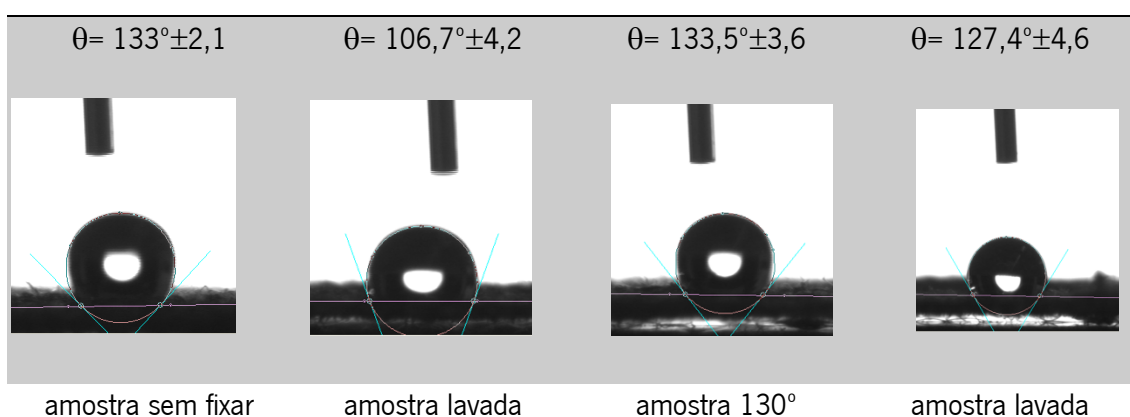


Figura 13: Imagens dos ângulos de contacto reais para as amostras com a pasta 1

Ângulo de Contacto amostras com pasta 2

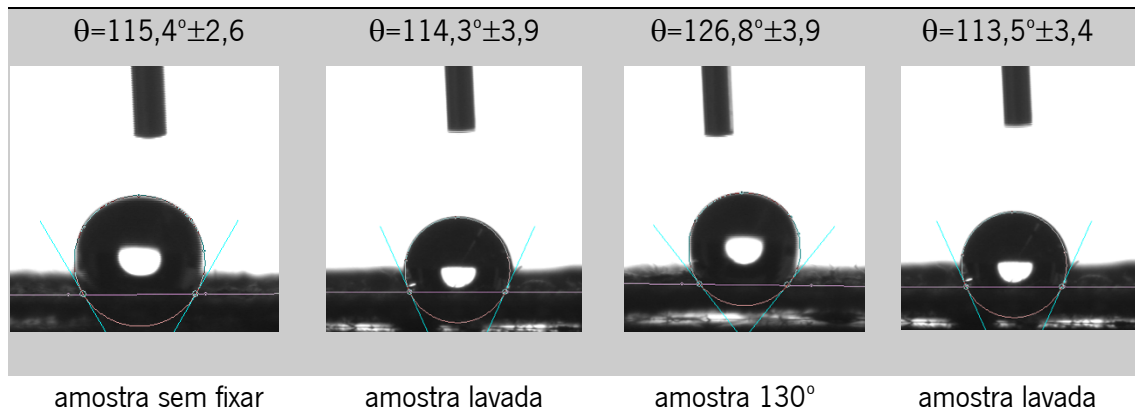


Figura 14: Imagens dos ângulos de contacto reais para as amostras com a pasta 2

Ângulo de Contacto amostras com pasta 3

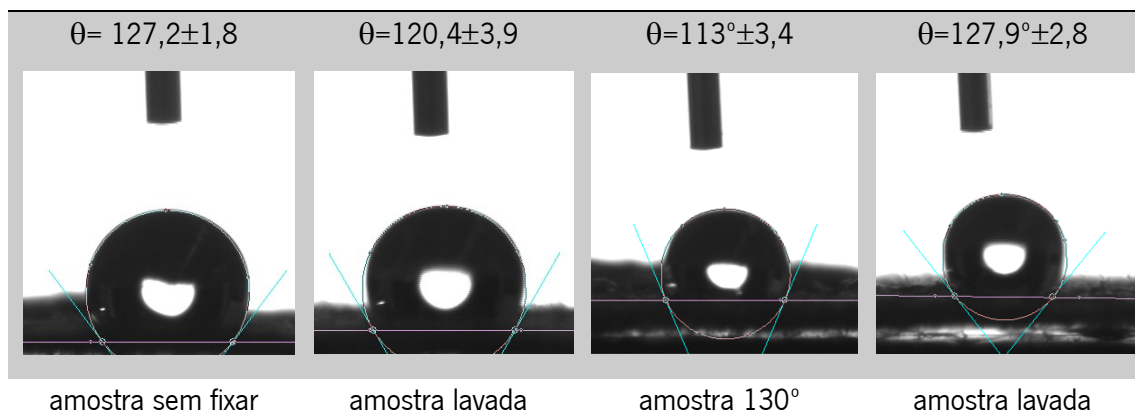


Figura 15: Imagens dos ângulos de contacto reais para a amostra com a pasta 3

Ângulo de Contacto amostras malha

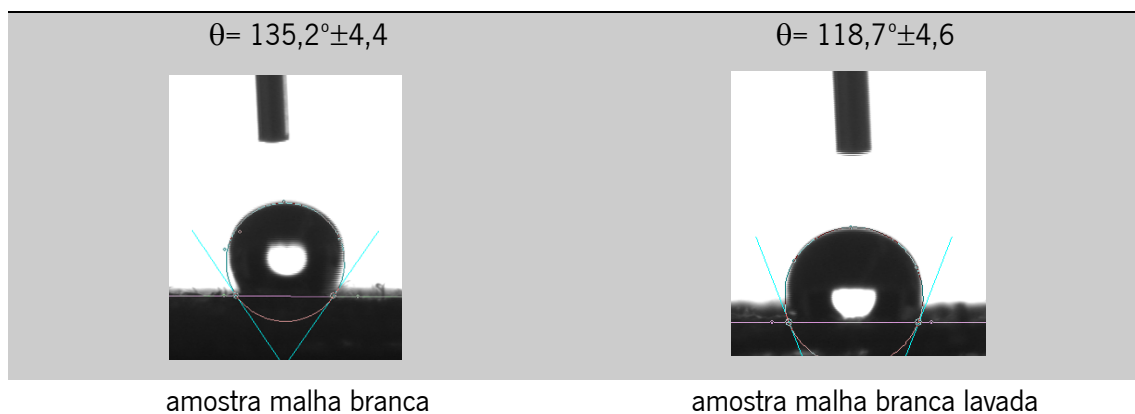


Figura 16: Imagens dos ângulos de contacto reais para as amostras de malha branca

Por análise das imagens 13, 14 e 15 concluímos que ambas as amostras possuem valores de ângulos de contacto superiores a 90° , o que indica que ambas são hidrófobas. Os tratamentos das diferentes pastas reagiram da mesma maneira, tendo havido uniformização da pasta, fazendo com que não molhe tanto as amostras. Além disso, o formato da gota de água sobre a fibra mostra como as amostras possuem pouca afinidade com a água, sendo necessárias forças mecânicas para que a mesma possa penetrar no substrato. Em todas as amostras o ângulo de contacto diminui após lavagem, exceto na amostra tratada com a pasta 3 a 130°C , o que indica que após lavar houve uniformização fechando alguns poros. Também porque sendo a pasta 3 mais elaborada e tendo ocorrido termofixação, alguns materiais podem ter saído só na lavagem e aí outros ficarem expostos, fazendo com que não molhe tanto a superfície.

Relativamente aos ângulos de contacto da malha, figura 16, estes são hidrofóbicos. Isto é de esperar porque a malha está em estado crú, tendo ainda resíduos na sua superfície.

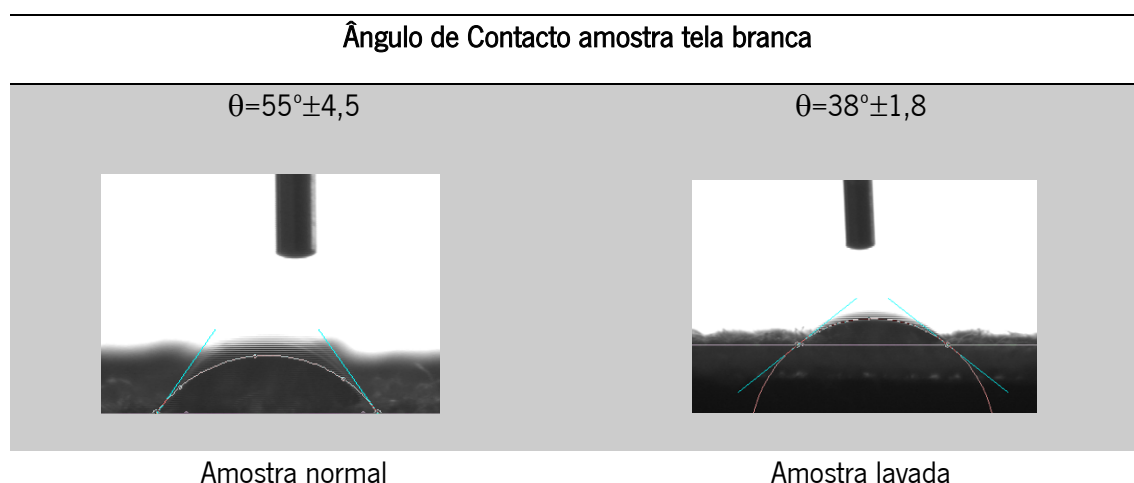


Figura 17: Imagens dos ângulos de contacto reais para a amostra de tela branca

Ao observar a imagem 17, referente à tela sem estampado, vemos ângulos inferiores a 90° , o que indica que é uma amostra hidrófila, ou seja, quando uma gota de água cai sob a superfície, molha o tecido. Isto acontece porque o tecido não está em estado crú, e devido à eliminação de resíduos do algodão, a superfície fica propícia à molhabilidade.

4.5. Espetroscopia de Infravermelho com transformada de Fourier- ATR-FTIR

No presente estudo, as amostras foram analisadas, recorrendo-se para o efeito à espectroscopia de infravermelho com transformadas de *Fourier*, no modo de Reflexão Total Atenuada (FTIR-ATR), visto que as amostras se encontram no estado sólido.

Assim sendo, esta investigação pode evidenciar as diferenças entre as estruturas químicas das amostras estampadas com a pasta 1, com as estruturas químicas das amostras da pasta 2 e consequentemente com as da pasta 3, através da comparação dos espectros nas figuras 18 e 19.

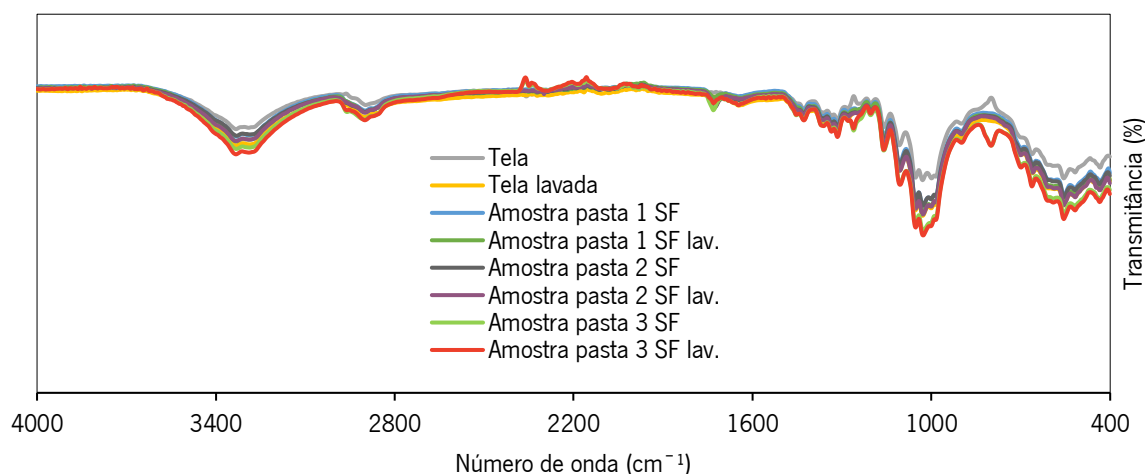


Figura 18: Espectros do FTIR para as amostras não termofixadas

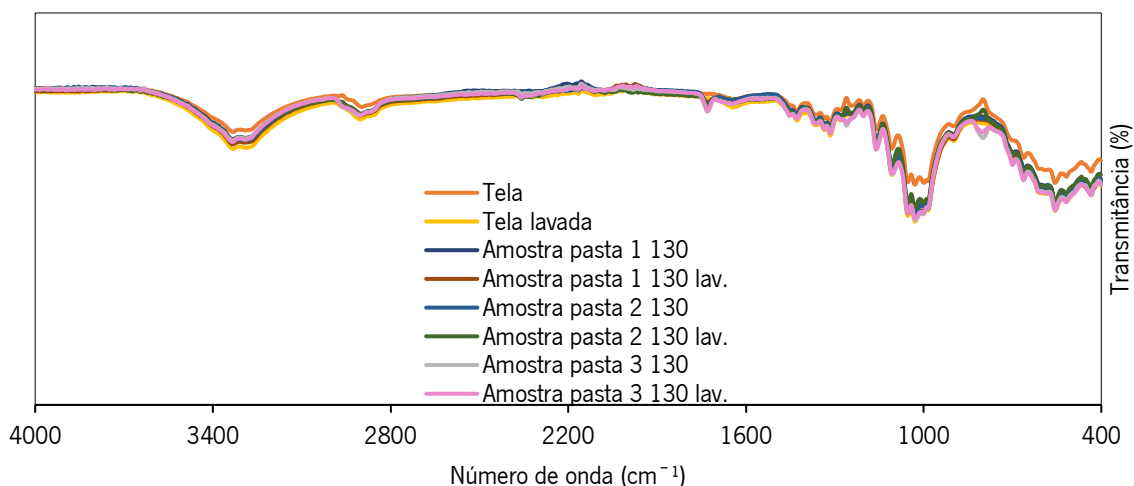


Figura 19: Espectros do FTIR para as amostras termofixadas a 130°C

Em todos os espectros é possível confirmar a presença de vários picos característicos da celulose. No caso das amostras 100% CO notam-se as bandas de absorção dos grupos hidroxilo ($\delta 3332,99\text{ cm}^{-1}$ – ligações intermoleculares e $\delta 3290\text{ cm}^{-1}$ – ligações intramoleculares), grupo alifático C-H e presença de ligações glicosídicas ($\delta 2900$, $\nu 898,83\text{ cm}^{-1}$), H-O-H ($\delta 1650\text{ cm}^{-1}$), C=C do anel aromático ($\nu 1650\text{ cm}^{-1}$), grupo alifático -CH₂ ($\delta 1315,45\text{ cm}^{-1}$), assim como a ligação assimétrica C-O-C ($\delta 1161,15$, $\delta 1107,14$, $\delta 1029,99$, $\delta 999,13\text{ cm}^{-1}$). A amostra com a pasta 2 a 130°C não apresenta o pico H-O-H ($\delta 1650\text{ cm}^{-1}$).

Estas bandas de absorção características identificadas encontram-se em concordância com a atual literatura. (Amaya Vergara et al., 2018); Yavuz et al., 2018); (Paiva, 2015).

Com a observação das figuras acima, todos os picos de absorção se sobrepõem sendo que a tela branca apresenta um menor alongamento nas bandas de absorção entre $3333\text{--}3290\text{ cm}^{-1}$, 2900 cm^{-1} e $1161\text{--}999\text{ cm}^{-1}$, aumentando a intensidade dos picos depois da lavagem, o que traduziu num aumento dos grupos hidroxilo, ligações glicosídicas podendo ter ocorrido condensação e da ligação assimétrica C-O-C.

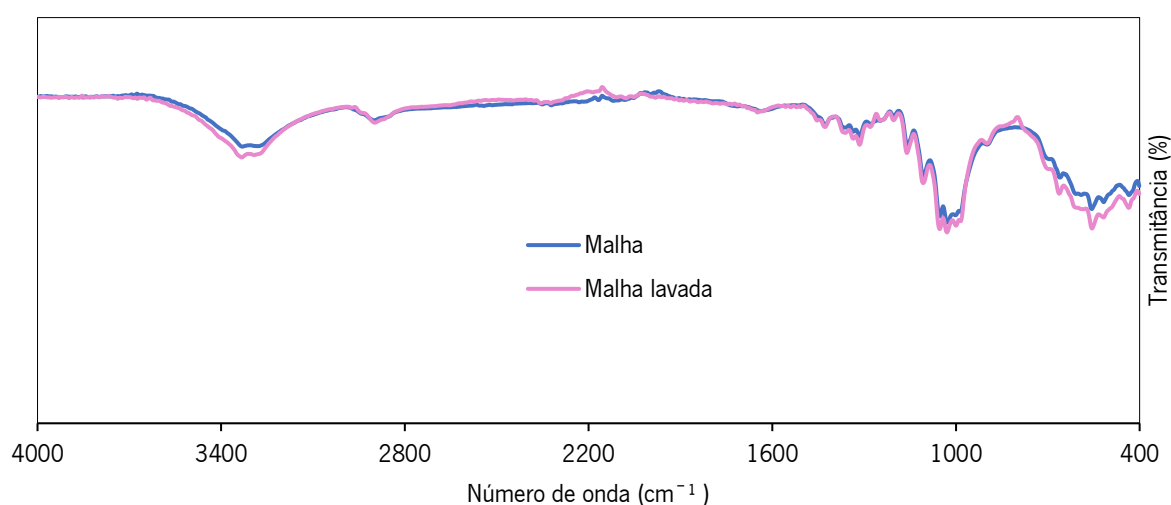


Figura 20: Espectros do FTIR para as amostras de malha

Em relação à malha, figura 20, os picos de absorção visíveis são os mesmos que os das outras amostras à exceção da banda de alongamento característica da presença de água a 1635 cm^{-1} , o que significa que as condições de secagem não permitiram eliminar toda a água residual presente. (Paiva, 2015).

Todos os espectros da malha sobrepõem-se sempre sendo que alguns da amostra lavada são mais alongados. O pico de absorção dos 3333 cm^{-1} pode significar que a lavagem foi acompanhada pelo aumento dos grupos hidroxilo e das ligações por pontes de hidrogénio., o pico dos 2900 cm^{-1} indica que houve um maior estiramento do C-H assim como a ligação assimétrica C-O-C ($\delta 1161,15$, $\delta 1107,14$, $\delta 1029,99$, $\delta 999,13\text{ cm}^{-1}$). Sendo esta malha uma mistura de algodão e poliamida, era de esperar que fossem visíveis picos de absorção típicos da poliamida como 1450 a 1670 cm^{-1} do grupo C=O, entre os 1680 a 1630 cm^{-1} e o dobramento N-H aproximadamente a 1550 cm^{-1} , mas como a quantidade é mínima, 3%, não são perceptíveis nenhum dos picos.

4.6. Força colorística (K/S) e coordenadas CIElab

É importante salientar que as distintas pastas estampadas originaram amostras com diferentes tonalidades e intensidades de cor.

Posto isto, procedeu-se à determinação das coordenadas colorimétricas CIElab através do programa *Color Shortcut* e medição da força colorística (K/S), tendo sido feitas três medições em posições diferentes de cada substrato têxtil, visíveis na tabela 15.

Tabela 15: Coordenadas de cor das amostras

Amostra	L*	a*	b*	ΔE
Amostra pasta 1 SF	$28,2 \pm 0,4$	$8,0 \pm 0,1$	$-36,6 \pm 0,4$	13,7
Amostra pasta 1 SF lavada	$37,8 \pm 0,4$	$3,7 \pm 0,2$	$-27,9 \pm 0,3$	
Amostra pasta 1 130	$27,9 \pm 0,1$	$8,1 \pm 0,1$	$-37,0 \pm 0,2$	
Amostra pasta 1 130 lavada	$27,7 \pm 2,4$	$6,5 \pm 0,3$	$-33,7 \pm 1,7$	3,8
Amostra pasta 2 SF	$29,1 \pm 0,1$	$7,7 \pm 0,0$	$-36,1 \pm 0,4$	10,1
Amostra pasta 2 SF lavada	$36,8 \pm 2,0$	$4,7 \pm 0,8$	$-30,3 \pm 2,0$	

Amostra pasta 2 130	28,9 ± 0,1	7,7 ± 0,0	-37,3 ± 0,0	3,0
Amostra pasta 2 130 lavada	30,1±0,3	5,2±0,2	-36,1± 0,2	
Amostra pasta 3 SF	27,4±0,3	5,8±0,1	-33,8±0,3	
Amostra pasta 3 SF lavada	36,9±0,8	2,8±0,1	-26,9±0,6	12,1
Amostra pasta 3 130	28,5± 0,4	5,8± 0,1	-34,2± 0,2	1,0
Amostra pasta 3 130 lavada	29,5± 0,1	5,5± 0,1	-34,2± 0,4	
Tela branca	83,8±0,4	-0,6±0,0	-0,0±0,0	
Tela branca lavada	83,9± 0,3	-0,6± 0,0	-0,0± 0,0	0,1
Malha branca	87,9± 1,1	-0,3± 0,1	5,4± 1,4	2,3
Malha branca lavada	90,1± 0,5	-0,7± 0,2	5,9± 0,7	

Analisando a tabela 15, os valores da coordenada L* são sempre maiores para as amostras com a pasta 1, com a pasta 2, pasta 3 e para a amostra estampada lavadas, o que indica que as amostras depois de lavar perderam luminosidade. Observando os valores de L* para a tela branca e malha branca são muito superiores o que indica que a intensidade é bem menor, mantendo-se a ideia da diminuição da intensidade de cor depois de lavadas.

Os valores para a coordenada a* para as amostras com pasta 1, pasta 2 e pasta 3 sem lavar são mais vermelhas que as amostras lavadas, onde há sempre diminuição da intensidade da cor. Além disso a tela branca e a malha possuem valores negativos, o que indica que são mais verdes.

Focando na coordenada b*, todas as amostras com pasta 1, pasta 2 e pasta 3 têm valores mais negativos, ou seja, são mais azuis que as amostras lavadas. Relativamente à malha branca, os valores são positivos, sendo a amostra lavada mais amarela o que pode indicar que ao lavar amareleceu devido a algum produto de lavagem. A tela branca possui um valor nulo o que indica que não tem cor azul.

Estes resultados estão de acordo com a análise efetuada pela análise visual das amostras estampadas assim como pelos valores obtidos no gráfico de K/S.

Como o principal componente do algodão é a celulose, que inclui regiões cristalinas, o tamanho das partículas foi reduzido até certo ponto, os defeitos intergranulares foram diminuídos depois da lavagem e a transparência aumentou, diminuindo então a intensidade da cor (Gan et al., 2021), confirmando-se os valores médios das amostras lavadas inferiores aos das não lavadas visíveis no gráfico da figura 22.

Relativamente à diferença de cor entre as amostras lavadas e não lavadas, esta é elevada principalmente quando não há fixação do pigmento. Quando há termofixação a 130°C a pasta 3 é a que apresenta uma diferença de cor mais baixa, 1, o que reflete as suas elevadas propriedades de solidez. A tela sem estampado sendo uma amostra branca e que passou pelos processos de tratamento prévio apresenta uma quase nula diferença de cor e a malha branca difere com a lavada em 2,3 o que indica que houve resíduos que saíram pós lavagem sendo esta uma amostra não tratada.

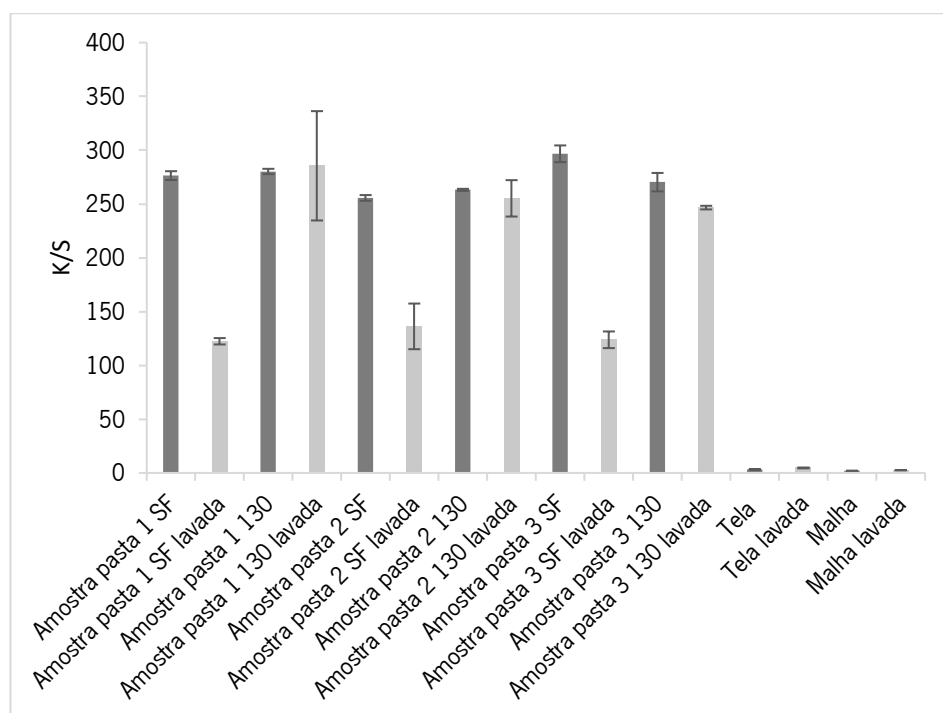


Figura 21: Valores de KS das amostras

4.7. Fator de proteção UV (UPF)

Na figura 23 são apresentados os valores de UPF para as amostras testadas. Através da análise da figura 23 verifica-se que as amostras depois de lavar aumentaram o valor médio de UPF. O índice UPF de muitos têxteis à base de algodão pode melhorar após serem lavados pelo menos uma vez pois o seu encolhimento permite que menos radiação UV passe através da estrutura. (Juan, 2001)

Todas as amostras com a pasta 1 apresentam um UPF classificado como “boa proteção” à exceção da amostra com a pasta 1 termofixada a 130°C lavada que apresenta muito boa proteção que pode ter ocorrido devido ao facto de ter sido termofixada, havendo então uniformização do pigmento juntamente com o facto de ter ocorrido um ligeiro encolhimento do tecido.

As amostras com a pasta 2 apresentam todas uma “muito boa proteção” pois na composição da receita adicionou-se uma maior quantidade de espessante em relação à pasta 1, o que ajudou na fixação e evitou o alastramento da pasta, uniformizando bem os produtos.

Relativamente às amostras estampadas com a receita 3, estas possuem também um UPF classificado como “muito boa proteção”, sendo que depois de termofixadas à temperatura de 130°C diminuiu ligeiramente, o que pode demonstrar que como esta pasta é a mais complexa com mais produtos auxiliares, a reação de um deles com a temperatura fez com que a superfície absorvesse mais radiação.

A tela branca apresenta baixa proteção à radiação UV porque não apresenta qualquer estampado e como tem uma grande quantidade de poros por ser um tecido, absorve a maior parte da radiação.

A malha branca apresenta um UPF classificado como “excelente proteção”, porque sendo apertada, menor é a distância entre as fibras o que traduz na pequena quantidade de poros e elevada espessura, dificultando a passagem de raios UV. Em relação à diferença entre a tela e a malha, é a estrutura têxtil como a porosidade e a densidade que influenciam o UPF.

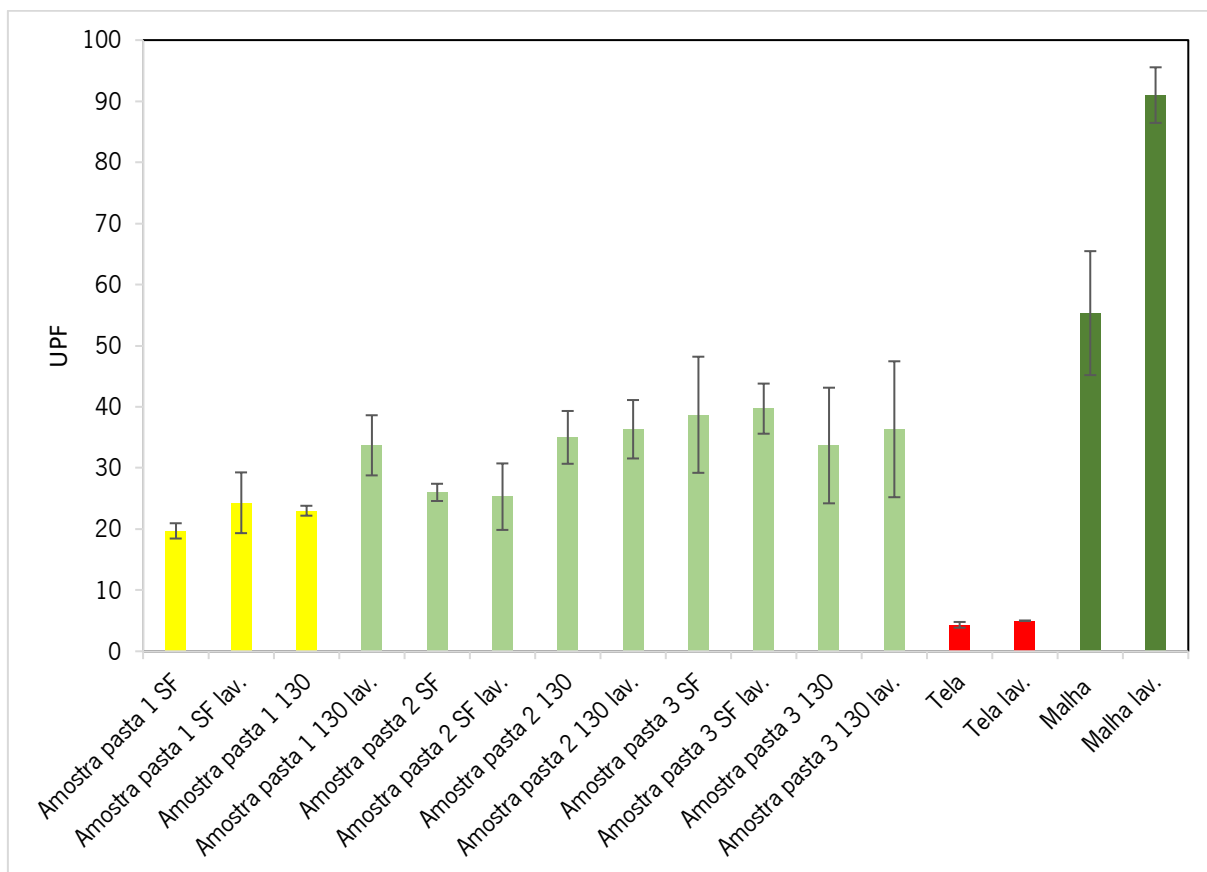


Figura 22: Valores médios do UPF das amostras



4.8. Consumo de gás

Devido ao aumento dos custos da energia, e sendo este um problema que influencia cada vez mais o futuro das empresas, efetuou-se um estudo com o intuito de se perceber se era mais rentável usar o vaporizador a 150°C ou a râmola a 100°C ou 130°C, determinando-se o consumo de gás de ambos.

Para isso, em cada um dos casos, enquanto um artigo entrava na respetiva máquina para termofixar/acabar, apontou-se o valor inicial da energia, os metros iniciais da amostra e o tempo que demorava a sair e no final retirou-se novamente o valor final da energia e os metros que tinham passado na máquina.

Com estes dados, calculou-se então o consumo de gás e custos para cada uma das temperaturas no vaporizador e na râmola, como podemos observar nas tabelas 17 e 18. O custo do gás natural é de 0,5643€/m³.

Tabela 16: Consumo de gás na râmola e vaporizador

Máquina	Temperatura	m^3	m^3/min	Peso/metro linear	Metro linear/kg
Râmola	100°C (secar a 120°C)	ΔE $\times$ fator de conversão $= 5,355$	$\frac{m^3}{t}$ $= 0,5355$	$\frac{peso}{\times largura}$ $= 243$	$\frac{1000}{largura}$ $= 4,1152$
Râmola	130°C	3,885	0,3885	308	3,2467
Vaporizador	150°C	3,432	0,2288	264	3,7879

Tabela 17: Consumo de gás na râmola e vaporizador

Máquina	Temperatura	kg/m	m^3/kg (consumo de gás)	€/kg (custos)
Râmola	100°C (secar a 120°C)	$\left(v \times 1000 \left metro \frac{linear}{kg} \right. \right)$ 1000 $= 6,8526$	$\frac{m^3/min}{Kg/m}$ $= 0,0781$	0,0781 $\times 0,5643$ $= 0,044€$
Râmola	130°C	9,6712	0,0402	0,0402 $\times 0,5643$ $= 0,023€$
Vaporizador	150°C	5,280	0,0433	0,0433 $\times 0,5643$ $= 0,024€$

De acordo com os resultados obtidos nas tabelas acima e dado o objetivo do projeto, a sustentabilidade, optou-se pela utilização da râmola a 130°C, passando à frente o processo de termofixação no vaporizador.

5. Resultados dos ensaios à amostra final

Para decisão final do projeto e segundo o objetivo referente ao mesmo, foi selecionada a utilização da pasta 2. Apesar da pasta 3 apresentar melhores resultados, esta apresentar caráter monetário mais elevado e visto que os resultados dos ensaios para a pasta 2 são próximos, optou-se pela escolha desta.

No fim de se estampar, a amostra não passou pelo processo de termofixação, secou na mansarda e foi acabar na râmola.

5.1. Solidez dos tintos à lavagem

Comparou-se, no espectrofotómetro de refletância Datacolor 4660, a diferença entre a amostra não lavada e a amostra lavada obtendo-se os resultados da alteração da cor e da avaliação da alteração de cor dos provetes.

Comparou-se também a diferença entre um tecido multifibras e o tecido multifibras lavado em conjunto com a amostra, obtendo-se os resultados do manchamento e a avaliação do manchamento na tabela 18.

Tabela 18: Avaliação da alteração da cor e manchamento após lavagem doméstica e industrial

Avaliação da alteração da cor	
4-5	
Avaliação do manchamento	
Lã	4-5
Acrílico	4
Poliéster	4-5
Poliamida 6.6	5
Algodão	4-5
Acetato da celulose	5

Tendo como objetivo uma alteração da cor de no máximo 4 e um manchamento de 3-4 como imposto pelas especificações internas que se encontram no Anexo 1, pode concluir-se, a partir da observação da tabela 18 que a amostra tem um bom desempenho perante a lavagem doméstica e industrial. Estes resultados, indicam que as moléculas do pigmento criaram ligações

sólidas com o substrato têxtil fazendo com que não alterasse significativamente a cor nas primeiras lavagens.

5.2. Solidez dos tintos à água

Para esta análise utilizou-se o espectrofotômetro de refletância *Datacolor 4660*, obtendo-se a escala de cinzentos para a avaliação do manchamento assim como a escala de cinzentos para a avaliação do manchamento exposta na tabela 20.

Tabela 19: Avaliação da alteração da cor e manchamento após água

Avaliação da alteração da cor	
4	
Avaliação do manchamento	
Lã	4-5
Acrílico	4
Poliéster	4-5
Poliamida 6.6	5
Algodão	3-4
Acetato da celulose	4-5

Os valores estabelecidos nas especificações internas, apresentadas no Anexo 1, relativamente ao teste da solidez dos tintos à água são de 4 para a alteração da cor e de 3-4 para o manchamento.

Observando a tabela acima, pode concluir-se que a amostra teve um bom desempenho, dentro dos valores esperados. Conclui-se que em ambas as fibras há resistência dos tintos quando há imersão de água.

5.3. Solidez dos tintos ao suor ácido e alcalino

Avaliou-se a alteração da cor dos provetes e o manchamento nos multifibras utilizando o espectrofotômetro de refletância *Datacolor 4660*.

Tabela 20: Avaliação da alteração da cor após suor ácido e alcalino

Avaliação da alteração da cor	
Ácido	4-5
Alcalino	4

Tabela 21: Avaliação do manchamento após suor ácido e alcalino

Avaliação do manchamento		
Ácido	Lã	4
	Acrílico	4
	Poliéster	4-5
	Poliamida 6.6	5
	Algodão	4-5
	Acetato da celulose	4-5
Alcalino	Lã	4-5
	Acrílico	4
	Poliéster	4-5
	Poliamida 6.6	4-5
	Algodão	2-3
	Acetato da celulose	4-5

Os valores fixados pelas especificações internas apresentadas no Anexo 1 são de um mínimo 4 para a alteração de cor e 3-4 para o manchamento. Observando as tabelas 20 e 21, conclui-se então que todos os valores obtidos tiveram um desempenho excelente, dentro dos valores esperados e que todos os valores são muito similares entre si. Em contacto com o suor humano, o estampado apresenta resistência concluindo-se assim que se trata de um pigmento que não desbota e que é durável.

5.4. Avaliação da solidez dos tintos à fricção

Avaliaram-se os tecidos de fricção no espectrofotómetro de refletância Datacolor 4660 (Tabela 22). Os dados obtidos encontram-se na tabela seguinte e as amostras físicas encontram-se no anexo 4.

Tabela 22: Resultados da solidez dos tintos à fricção a seco e húmido

Sem termofixação	Solidez dos tintos à fricção
Seco	5
Húmido	4-5

Segundo as especificações internas apresentadas no Anexo 1, o valor mínimo admitido para o manchamento à fricção a seco é 4 e para a fricção a húmido é 3. Sendo a solidez à fricção a seco e a húmido muito boa, é expectável que o pigmento se encontre já no interior da fibra e não à sua superfície. Se tal não acontecesse, parte dele seria facilmente removido no decorrer dos ensaios de solidez à fricção.

5.5. Avaliação da durabilidade do estampado às lavagens

Avaliou-se o estampado depois de lavar, no espectrofotómetro de refletância *Datacolor 4660* (Tabela 23).

Segundo as especificações internas apresentadas no Anexo 1, o valor mínimo admitido para a avaliação da alteração da cor de um provete aquando submetido ao teste na Durawash é 4-5.

A amostra física encontra-se anexada no Anexo 5.

Tabela 23: Resultado da durabilidade do estampado às lavagens

Durabilidade do estampado	
Sem termofixação	4-5

Assim, é possível verificar que o resultado obtido é excelente, mesmo não tendo passado pelo processo de termofixação. O fixador por si só ajudou a fixar o pigmento à fibra, conseguindo criar um estampado durável às inúmeras lavagens.

5.6. Avaliação da molhabilidade e ângulo de contacto

Com o goniómetro analisou-se a hidrofilicidade da amostra estampada sem lavar e lavada. Foram feitas três medições do ângulo de contacto de cada amostra que se refletem no gráfico da figura 24.

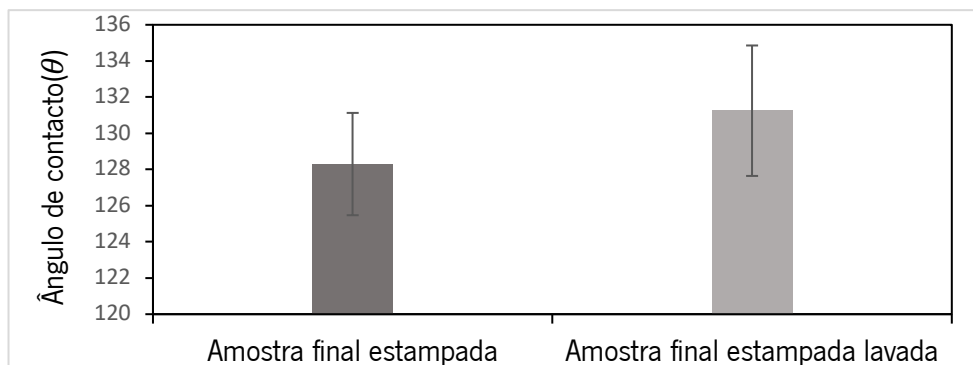


Figura 23: Ângulos de contacto da amostra final

Analisando o gráfico, verifica-se que a média dos valores dos ângulos de contacto para a amostra lavada é superior aos ângulos de contacto das amostras sem lavar.

Visto que esta amostra final não passou pelo processo de termofixação, após a lavagem da malha estampada, houve uniformização da pasta fechando alguns poros e fazendo com que a malha encolhesse como observamos nas imagens abaixo, aumentando assim o ângulo de contacto.



Figura 24: Encolhimento da amostra sem lavar para a amostra lavada

Ângulos de Contacto amostra final

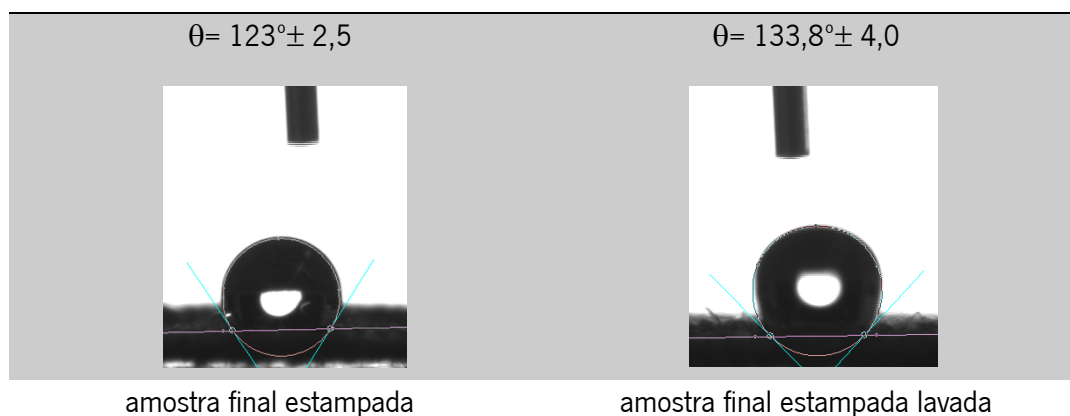


Figura 25: Imagens dos ângulos de contacto reais

Observando a figura 26 vemos valores de ângulos acima dos 90° , concluindo assim que se trata de uma superfície hidrófoba, o que é excelente. O formato da gota de água sobre a fibra mostra como as amostras possuem pouca afinidade com a água, sendo necessárias forças mecânicas para que a mesma possa penetrar no substrato.

5.7. Espectroscopia de Infravermelho com transformada de Fourier- ATR-FTIR

Neste ensaio de análise de espectroscopia de Infravermelho por Transformada de Fourier de reflexão total atenuada (FTIR-ATR) foram feitas três medições em zonas diferentes do substrato têxtil.

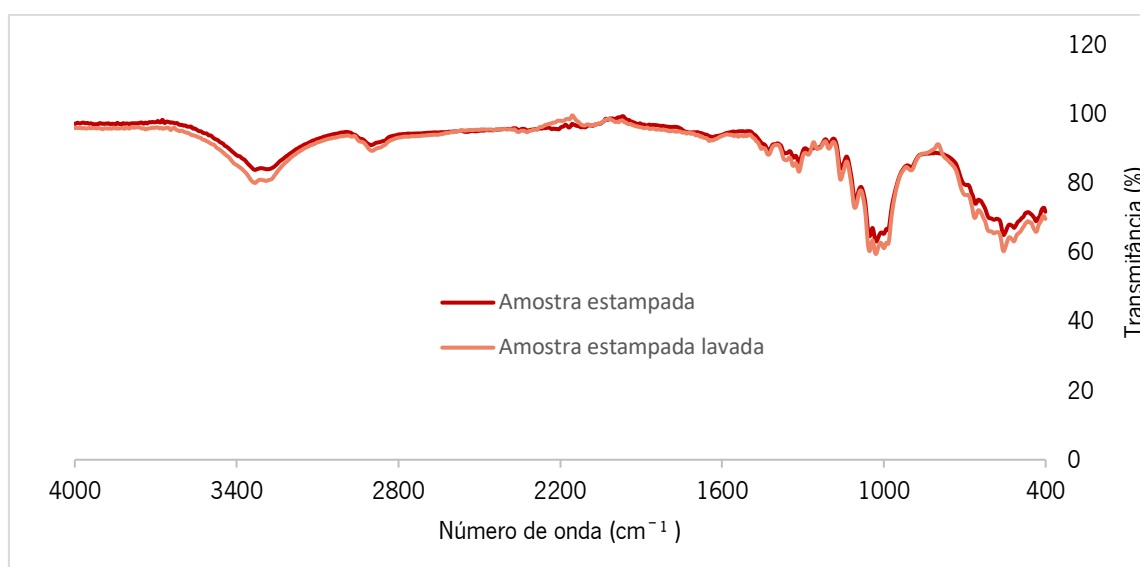


Figura 26: Espectros de FTIR

Nos dois espectros é possível confirmar a presença de picos característicos da celulose. É de notar as bandas de absorção dos grupos hidroxilo ($\delta 3332,99 \text{ cm}^{-1}$ – ligações intermoleculares e $\delta 3290 \text{ cm}^{-1}$ – ligações intramoleculares), grupo alifático C-H e presença de ligações glicosídicas ($\delta 2900, \nu 898,83 \text{ cm}^{-1}$), H-O-H ($\delta 1650 \text{ cm}^{-1}$), grupo alifático $-\text{CH}_2$ ($\delta 1315,45 \text{ cm}^{-1}$), assim como a ligação assimétrica C-O-C ($\delta 1161,15, \delta 1107,14, \delta 1029,99, \delta 999,13 \text{ cm}^{-1}$).

Como esta malha é constituída por 3% de poliamida era de esperar que se observasse bandas de absorção típicas como de 1450 a 1670 cm^{-1} do grupo C=O entre os 1680 a 1630 cm^{-1} e o dobramento N-H aproximadamente a 1550 cm^{-1} (Associada, 2021), o que não se comprova.

Na amostra lavada denota-se que a banda a 3333 cm^{-1} e 3290 cm^{-1} é mais larga e mais alongada podendo significar que a lavagem resultou num aumento dos grupos hidroxilo e das ligações por pontes de hidrogénio. Também os picos de absorção referentes à ligação C-O-C são mais intensos.

Estas bandas de absorção características identificadas encontram-se em concordância com a atual literatura. (Amaya Vergara et al., 2018); Yavuz et al., 2018); (Paiva, 2015).

É detetada a banda de alongamento característica da presença de água a 1635 cm^{-1} nas amostras não lavada e lavada, o que significa que as condições de secagem não permitiram eliminar toda a água residual presente. (Paiva, 2015).

5.8. Força colorística (K/S) e coordenadas CIELab

Para a medição da força colorística (K/S) e coordenadas CIELab foram feitas 3 medições em posições diferentes de cada amostra.

Tabela 24: Coordenadas de cor CIELab

Amostra	L*	a*	b*	ΔE
Amostra estampada	$41,5 \pm 4,9$	$-0,3 \pm 0,1$	$-0,3 \pm 0,7$	
Amostra estampada lavada	$44,9 \pm 4,7$	$-0,9 \pm 0,3$	$-0,0 \pm 0,8$	3,5

Analisando a tabela 24, os valores da coordenada L* são pouco elevados indicando que têm muita luminosidade, sendo que o da amostra depois de lavar é maior, o que revela que a amostra depois de lavar perdeu intensidade de cor.

Os valores para a coordenada a^* são negativos, o que indica que são mais verdes, aumentando depois de lavar.

Focando na coordenada b^* , a amostra possui um valor negativo muito baixo o que indica que é uma amostra com uma tonalidade pouco azulada, sendo que depois de lavar perdeu totalmente.

Olhando ao valor do delta E, a diferença de cor de 3,5 entre a não lavada e a lavada reflete que não houve muita diferença de perda de cor com a termofixada a 130°C, o que incide na não interferência da termofixação.

Estes resultados estão de acordo com a análise efetuada pela análise visual das amostras estampadas. Os valores obtidos no gráfico de K/S mostram pequenas diferenças entre as amostras o que indica que têm intrinsecamente forte efeito de dispersão e baixa intensidade de absorção.

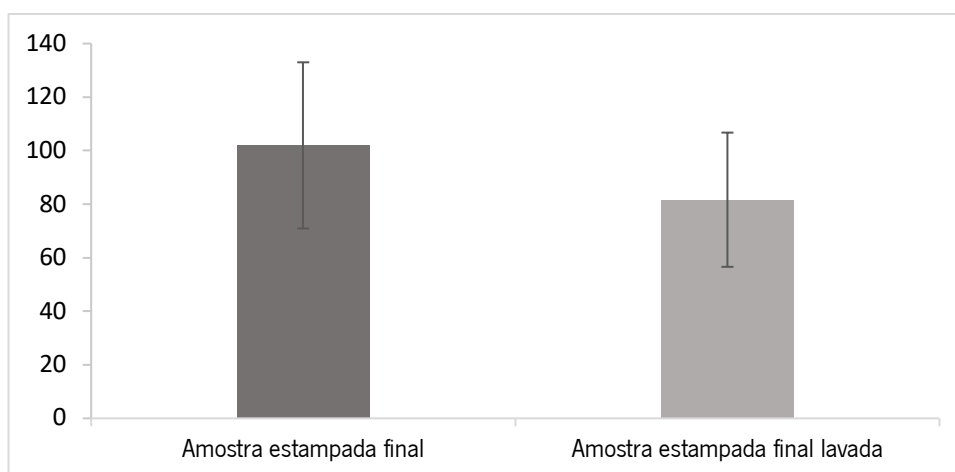


Figura 27: Valor do K/S das amostras

5.9. Fator de proteção UV (UPF)

Na figura 29 são apresentados os valores de UPF para a amostra final estampada.

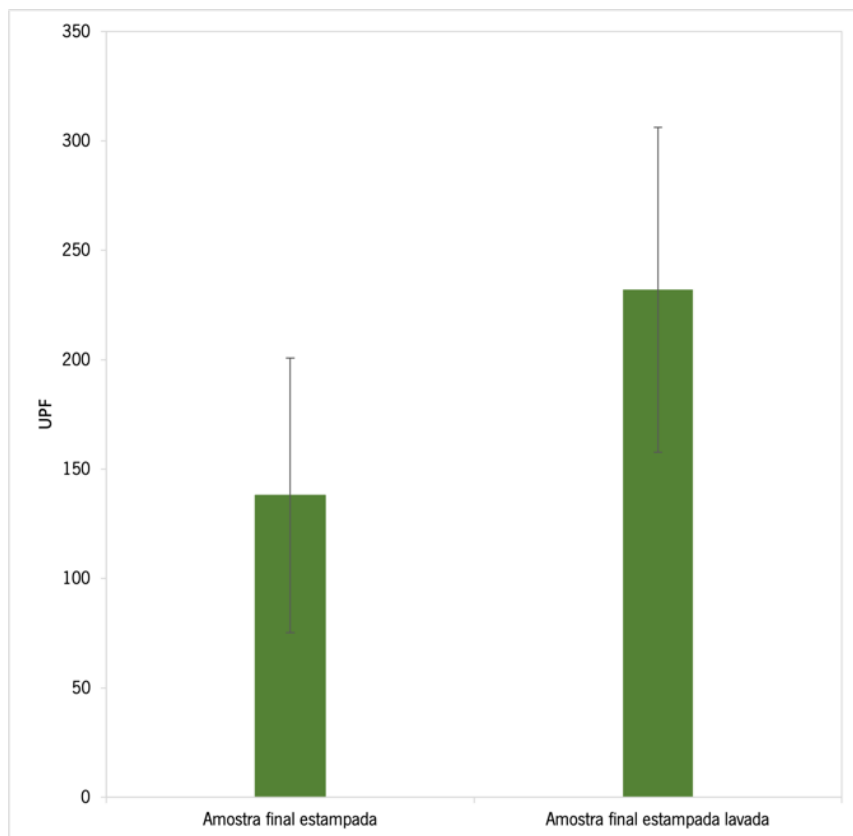


Figura 28: Valores médios dos UPF das amostras

Excelente Proteção

Através da análise da figura acima, verifica-se que as amostras apresentam um UPF classificado como “excelente proteção”, sendo que a amostra depois de lavar ainda aumentou o seu valor de UPF assim como a malha sem estampado.

Mais uma vez, após a lavagem a malha encolheu ficando mais apertada, traduzindo na menor distância entre as fibras e consequentemente menor quantidade de poros e elevada espessura, dificultando a passagem de raios UV.

6. Conclusões e Perspetivas Futuras

6.1. Conclusões finais

A divulgação dos inúmeros impactos ambientais e económicos causados pela indústria têxtil tem contribuído para a predileção por práticas sustentáveis nos processos têxteis.

Neste sentido, como os efluentes do processo de estampagem possuem uma alta carga tóxica por conter metais pesados provenientes dos pigmentos e corantes e dos diversos produtos não biodegradáveis usados e de forma a poupar custos nas operações de estamparia, foi realizado um estudo e análise das receitas de estamparia que a empresa usa, tendo em atenção a todos os seus constituintes, permitindo obter simultaneamente benefícios ambientais e sucesso nos resultados finais pretendidos.

De acordo com os resultados obtidos no decorrer da realização deste trabalho, é possível afirmar que o objetivo estipulado pela Estamparia Têxtil Adalberto Pinto da Silva, S.A. de estudar e analisar soluções em pasta e estamparia convencional mais sustentáveis em termos químicos e ecológicos foi alcançado com sucesso.

Primeiramente foram desenvolvidas três pastas diferentes, as duas primeiras com diferença apenas entre o ligante e o fixador e uma terceira mais robusta em que todos os constituintes se diferenciavam das outras, mas todas com o pigmento natural em comum, em que a ideia era a utilização de ligantes e fixadores de baixa temperatura de reticulação em substituição dos tradicionais ligantes e fixadores de alta temperatura de reticulação, mantendo a qualidade dos estampados.

Durante o estudo realizado, tendo em vista a eliminação do processo de termofixação, as amostras foram estampadas e termofixadas a 130°C e 160°C, deixando outras por termofixar, para posteriormente serem testadas por diversos ensaios como solidez dos tintos à fricção, durabilidade do estampado às lavagens, molhabilidade e ângulo de contacto, FTIR, rendimento colorístico e UPF.

Pela análise de todos os testes, é de salientar o melhor comportamento da pasta 3, realçando o melhor rendimento colorístico, mas sendo esta uma pasta cara e visto que os resultados para a pasta 2 eram próximos, optou-se pela escolha desta última.

Devido ao aumento dos custos da energia, e sendo esta uma problemática que questiona cada vez mais o futuro das empresas, efetuou-se um estudo com o intuito de se perceber se era

mais rentável usar o vaporizador a 150°C ou a râmola a 100°C ou 130°C, determinando-se o consumo de gás para ambos. A utilização da râmola a 130°C traz um custo para a empresa de 0,023€/kg, sendo a opção menos consumidora, eliminando-se o processo de termofixação no vaporizador.

Posto isto, usando a receita 2, estampou-se a malha, secando-a na mansarda e levou-se a reticular na râmola a 130°C, saltando assim o processo de termofixação.

De modo a avaliar o sucesso da escolha, testou-se esta amostra final aos diversos índices de solidez, que se mantiveram conforme o esperado, dentro das especificações internas, FTIR, molhabilidade e ângulo de contacto, UV-vis e UPF.

Relativamente ao FTIR esta apresentou todos os picos de absorção típicos da celulose, faltando os da poliamida devido à sua baixa percentagem. Pela análise dos valores de ângulo de contacto estes foram acima dos 90°, caracterizando-a como hidrófoba, e ainda o formato da gota de água sobre a fibra mostra como as amostras possuem pouca afinidade com a água. Pelo estudo do rendimento colorístico, é possível verificar que sem termofixação esta obteve resultados parecidos aos com termofixação, apresentando apenas 3,5 de ΔE , podendo concluir que as perdas de cor não ocorrem devido à não termofixação/termofixação e poderão resultar da concentração usada na pasta de fixador. Os valores médios do UPF classificam-na como “excelente proteção”, aumentando ainda os resultados depois da lavagem, que traduz numa menor distância entre as fibras e consequentemente menor quantidade de poros devido ao encolhimento.

Em suma, o trabalho realizado resultou na produção de uma pasta mais sustentável para aplicação em estampa convencional conseguindo eliminar o processo no vaporizador, resultando em menos gastos de energia e custos para a empresa.

6.2. Perspetivas Futuras

Este estudo permitiu tirar várias conclusões, tal como enunciado anteriormente. Todavia ainda há certas questões em aberto:

- i) Poder estampar com este método em grandes quantidades;
- ii) Avaliar a distribuição do pigmento no substrato têxtil;
- iii) Utilizar biopolímeros de modo a testar a reprodutibilidade destes assim como de um espessante natural;
- iv) Estudar a possibilidade de incorporar diferentes aditivos naturais na pasta de estampar, de forma a desenvolver estampados com diferentes funcionalidades.

Referências bibliográficas

- Abdelrahman, M. S., Nassar, S. H., Mashaly, H., Mahmoud, S., Maamoun, D., & Khattab, T. A. (2020). Review in textile printing technology. In *Egyptian Journal of Chemistry* (Vol. 63, Issue 9, pp. 3465–3479). NIDOC (Nat.Inform.Document.Centre). <https://doi.org/10.21608/ejchem.2020.23726.2418>
- Amaya Vergara, M. C., Cortés Gómez, M. P., Restrepo Restrepo, M. C., Manrique Henao, J., Pereira Soto, M. A., Gañán Rojo, P. F., Castro Herazo, C. I., & Zuluaga Gallego, R. (2018). Novel biobased textile fiber from colombian agro-industrialwaste fiber. *Molecules*, 23(10). <https://doi.org/10.3390/molecules23102640>
- ARAÚJO, T. M. (2014). *Estudo de processo e efluentes de empresas da cidade de Jardim de Piranhas-RN*.
- Associada, A. (2021). *INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES*. <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85134/tde-28012022-152653/publico/2021PeriniMapa.pdf>
- B.P. Saville. (1999). *Physical Testing of Textiles*. ScienceDirect.
- BRIGGS-GOODE Amanda. (2014). *Design de estamparia têxtil*. Porto Alegre: Bookman.
- Castro, M. I., Alves, C., Gomes, J., Professora, S., Teresa, D., Figueiredo, M., Ramos, P., & Miranda, M. (2016). *Universidade do Minho Escola de Engenharia Modificação química do poliéster para obtenção de efeitos “soil-release.”*
- CHATAIGNIER Gilda. (2006). *Fio a fio: tecidos, moda e linguagem*. São Paulo: Estação das Letras.
- Davis, R. & M. L. (2010). *Fourier transform infrared (FTIR): spectroscopy: a rapid tool for detection and analysis of foodborne pathogenic bacteria. Current research, technology and education topics...* 1582–1594.
- De, U., & De Araranguá, E. (2008). *MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE SANTA CATARINA*.
- Elnashar, Magdy. (2010). *Biopolymers*. IntechOpen.

- Gan, L., Xiao, Z., Zhang, J., Van Amber, R., Hurren, C., Xu, W., Wang, Y., & Wang, X. (2021). Coloured powder from coloured textile waste for fabric printing application. *Cellulose*, 28(2), 1179–1189. <https://doi.org/10.1007/s10570-020-03573-0>
- Georgouras, K. E., Standford, D. G., & Failthorpe, M. T. (1997). Sun protective clothing in Australia and the Australian/New Zealand standard: An overview. *Australasian Journal of Dermatology*, 38(S1), S79–S82. <https://doi.org/10.1111/j.1440-0960.1997.tb01016.x>
- Gomes, J. M. (2007). *Estamparia a metro e à peça* (Publindústria). Produção de Comunicação, Lda.
- Gümmüs, D. , & A. F. (2011). *Photocatalytic degradation of textile dye and wastewater. Water, Air and Soil Pollution*. 216(1–4), 117–124.
- Hassabo, A., Othman, H., & Ebrahim, S. (2021). Natural thickener in textile printing (A Mini Review). *Journal of Textiles, Coloration and Polymer Science*, 0(0), 0–0. <https://doi.org/10.21608/jtcps.2021.69482.1051>
- J.Neves. (2000). *Manual de Estamparia Têxtil* (Edição da Tec-Minho).
- Juan, A. R. (2001). Revista Textília- Têxteis Internacionais. *O Que é o UPF de Um Tecido*, 41.
- Kocić, A., Bizjak, M., Popović, D., Poparić, G. B., & Stanković, S. B. (2019). UV protection afforded by textile fabrics made of natural and regenerated cellulose fibres. *Journal of Cleaner Production*, 228, 1229–1237. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.355>
- Kullavanijaya, P., & Lim, H. W. (2005). Photoprotection. In *Journal of the American Academy of Dermatology* (Vol. 52, Issue 6, pp. 937–958). Mosby Inc. <https://doi.org/10.1016/j.jaad.2004.07.063>
- Kumar Roy Choudhury, A. (2022). *Principles of Textile Printing*. www.routledge.com/Textile-Institute-Professional-Publications/book-series/TIPP
- LEÃO, A. C. (2005). *Gerenciamento de cores para imagens digitais*. <http://hdl.handle.net/1843/JSSS-7XGFG3>

- Maria Isabel Castro da Costa Alves. (2016). *Modificação química do poliéster para obtenção de efeitos "soil-release."* <https://hdl.handle.net/1822/47308>
- Mariane De Almeida, B., Marchiori, E., De Souza Costa, F., Bomtempo, G., Martins, J. E., Pina, N., Pedro, S., Gentil, H., Tafuri, S., Taynara De Lima, E., Tuanny, F., & Nunes, N. (2013). *Engenharia do Meio Ambiente Indústria Têxtil*.
- Mario de Araújo; Castro; E.M. de Melo. (1984). *Manual de Engenharia Têxtil* (Vol. 2). Gráfica da Coimbra.
- Meza, C. M. M. (2010). *Produção mais limpa e otimização do tratamento de efluentes líquidos de estamparias em Brusque e Guabiruba*. <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/94079/281477.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Miles, L. W. C. (Leslie W. C. (2003). *Textile printing*. Dyers Company Publications Trust.
- Neves, J. (2010). *Manual de Estamparia* (1º ed.).
- Paiva, D. , L. G. , K. G. , & V. J. (2015). *Espectroscopia no Infravermelho. Em introdução à espectroscopia*. <https://www2.ufjf.br/quimicaead//files/2013/05/ESPECTROSCOPIA-NO-INFRAVERMELHO-PARTE1.pdf>
- Rodrigues Da Rocha, R. (2021). *Análise das práticas sustentáveis na Indústria Têxtil e do Vestuário: Estudo dos Relatórios de Sustentabilidade no Brasil Orientadora: Professora Doutora Arminda Maria Finisterra do Paço*. https://ubibliorum.ubi.pt/bitstream/10400.6/12104/1/8585_18511.pdf
- SALEM, V. (2010). *Tingimento Têxtil: Fibras, Conceitos Tecnologias* (Editora Blusher). https://storage.blucher.com.br/book/pdf_preview/9788521205555-amostra.pdf
- Schönberger, H., & Schäfer, T. (2003). *ENVIRONMENTAL RESEARCH OF THE FEDERAL MINISTRY OF THE ENVIRONMENT, NATURE CONSERVATION AND NUCLEAR SAFETY Research Report 200 94 329 UBA-FB 000325/e*. <http://www.umweltbundesamt.de>
- Shirvanimoghaddam, K., Motamed, B., Ramakrishna, S., & Naebe, M. (2020). Death by waste: Fashion and textile circular economy case. *Science of the Total Environment*, 718. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137317>

- Simonescu, C. M. (2012). Application of FTIR Spectroscopy in Environmental Studies. *Advanced Aspects of Spectroscopy*, 49–73.
- Tarbuk, A., Grancarić, A. M., & Šitum, M. (2016). Skin cancer and UV protection. *Autex Research Journal*, 16(1), 19–28. <https://doi.org/10.1515/aut-2015-0050>
- Yaman, N., Ozdogan, E., & Seventekin, N. (2012). *Improvement Fastnesses and Color Strength Of Pigment Printed Textile Fabric* (Vol. 7). <http://www.jeffjournal.org>
- Yavuz, G., Zille, A., Seventekin, N., & Souto, A. P. (2018). Structural coloration of chitosan coated cellulose fabrics by electrostatic self-assembled poly (styrene-methyl methacrylate-acrylic acid) photonic crystals. *Carbohydrate Polymers*, 193, 343–352. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.03.084>

Anexo 1

ESPECIFICAÇÕES INTERNAS

Solidez dos tintos à fricção a seco e a húmido	Manchamento a seco: 4 Manchamento a húmido: 3
Durabilidade do estampado às lavagens	Alteração da cor: 4-5
Solidez dos tintos à lavagem doméstica e industrial	Alteração da cor: 4 Manchamento: 3-4
Solidez dos tintos à água	Alteração da cor: 4 Manchamento: 3-4
Solidez dos tintos ao suor ácido e alcalino	Alteração da cor: 4 Manchamento: 3-4

Anexo 2

Ficha técnica da tela



chemitex
yarns and fabrics since 1978

your partner to



sustainability

TECHNICAL SPECIFICATION SHEET		DATE: October 2022	
Name: 30x30 76x68		Finish: Loomstate	
		Tarif code : 5208121900	

COMPOSITION	
Cotton 100%	

CONSTRUCTION	
Warp :	Ne 30/1
	76 ends/inch 30 ends/cm
Weft :	Ne 30/1
	68 picks/inch 27 picks/cm
Weave :	1/1
Selvages :	Open
Total Width (+/- 3cm) :	67 inch 170 cm
Usable Width (+/- 3cm) :	66 inch 168 cm
Weight (+/- 3%) :	115 g/m²

PHYSICAL SPECIFICATIONS		
Dimensional stability :	warp	weft
wash 40°C : ISO 6330	N/A	N/A
steam (WIRA) : BS 4323	/	/
ironing (domestic iron) :	/	/
dryclean :	/	/

WASHING INSTRUCTIONS for END USER
NA


 Avenue Louise 221/4 | 1050 Brussels | BELGIUM
 T 32 2 649 21 18
 VAT EORI BE 0407.685.456

This document is valid from October 2022 until April 2023

Anexo 3

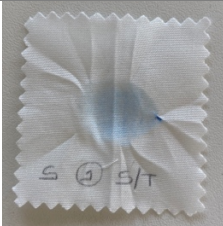
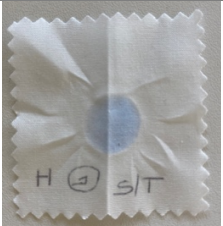
Ficha técnica da malha

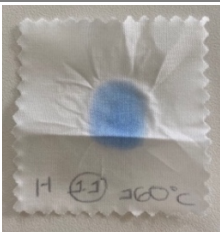
Visto que o artigo foi vendido ao cair do tear, este não possui uma ficha técnica acabada associada.

Possui +/- 1,40 mts e 245 grs. Composição: 31,5% PES 24,5% PES.REC.POS 22,5% CO 18,5% CO.REC.PRE 1,5% EL 1,5% AF.

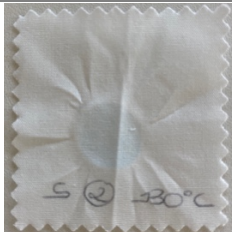
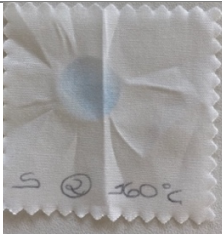
Anexo 4

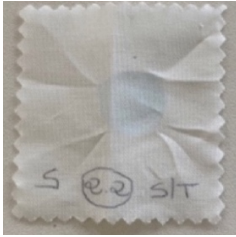
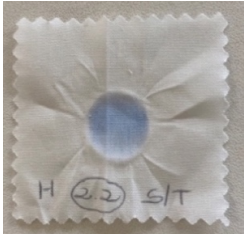
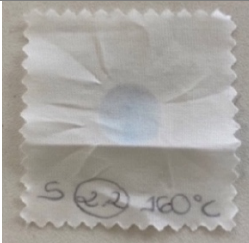
Resultados referentes à secção 4.2 – Solidez dos tintos à fricção a seco e húmido

Ensaio 1: Pasta 1	Seco	Húmido
Sem termofixar		
Termofixado a 130°C		
Termofixado a 160°C		

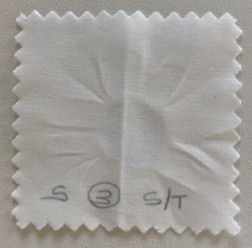
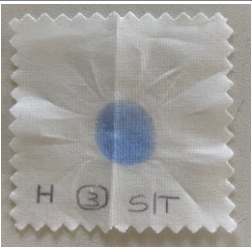
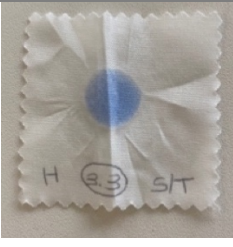
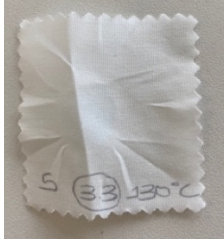
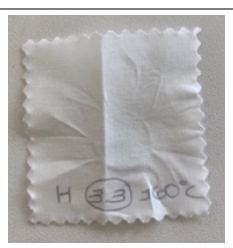
Ensaio 2: Pasta 1		
	Seco	Húmido
Sem termofixar		
Termofixado a 130°C		
Termofixado a 160°C		

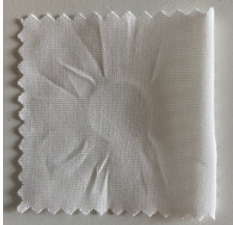
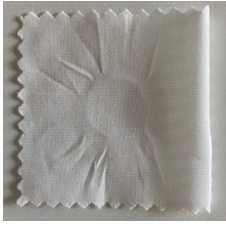
Ensaio 3: Pasta 1		
	Seco	Húmido
Termofixado a 160°C		

Ensaio 1: Pasta 2	Seco	Húmido
Sem termofixar		
Termofixado a 130°C		
Termofixado a 160°C		

Ensaio 2: Pasta 2	Seco	Húmido
Sem termofixar		
Termofixado a 130°C		
Termofixado a 160°C		

Ensaio 3: Pasta 2	Seco	Húmido
Termofixado a 130°C		

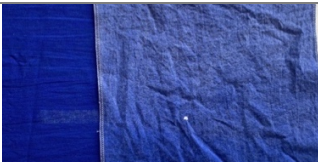
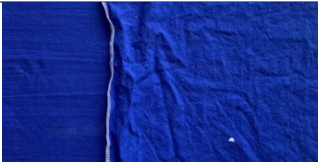
Ensaio 1:		Pasta 3	
		Seco	Húmido
Sem termofixar			
Termofixado a 130°C			
Termofixado a 160°C			
Ensaio 2:		Pasta 3	
		Seco	Húmido
Sem termofixar			
Termofixado a 130°C			
Termofixado a 160°C			

Amostra final estampada	Seco	Húmido
Termofixado a 130°C		

Anexo 5

Resultados referentes à secção 4.3 – Solidez dos tintos à durabilidade do estampado às lavagens

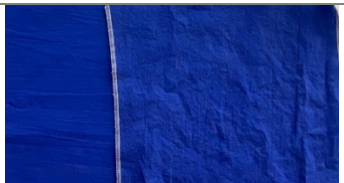
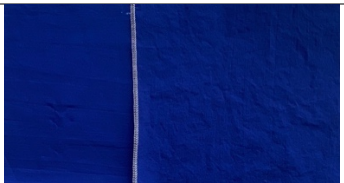
Ensaio 1: Pasta 1	Antes/Depois
Sem termofixar	
Termofixado a 130°C	
Termofixado a 160°C	

Ensaio 2: Pasta 1	Antes/Depois
Sem termofixar	
Termofixado a 130°C	
Termofixado a 160°C	

Ensaio 1: Pasta 2		Antes/Depois
Sem termofixar		
Termofixado a 130°C		
Termofixado a 160°C		

Ensaio 2: Pasta 2		Antes/Depois
Sem termofixar		
Termofixado a 130°C		
Termofixado a 160°C		

Ensaio 1: Pasta 3	Antes/Depois
Sem termofixar	
Termofixado a 130°C	
Termofixado a 160°C	

Ensaio 2: Pasta 3	Antes/Depois
Sem termofixar	
Termofixado a 130°C	
Termofixado a 160°C	

Ensaio final	Antes/Depois
Sem termofixar	

Anexo 6

Resultados referentes à secção 5.1 – Solidez dos tintos à lavagem

Amostra final	
WO	
PAN	
PES	
PA	
CO	
CA	

Anexo 7

Resultados referentes à secção 5.2 – Solidez dos tintos à água

Amostra final	
WO	
PAN	
PES	
PA	
CO	
CA	

Anexo 8

Resultados referentes à secção 5.3 – Solidez dos tintos ao suor ácido e suor alcalino

	Ácido	Alcalino
WO		
PAN		
PES		
PA		
CO		
CA		