



MAXIMIZAÇÃO DO RENDIMENTO COLORÍSTICO NO PROCESSO DE BRANQUEIO POR PAD-STEAM.

CARLA ANITA GOMES TAVARES

dezembro de 2017

\

MAXIMIZAÇÃO DO RENDIMENTO COLORÍSTICO NO PROCESSO DE BRANQUEIO POR *PAD-STEAM*.

Carla Anita Gomes Tavares

2017

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Mecânica

POLITÉCNICO
DO PORTO

isep

MAXIMIZAÇÃO DO RENDIMENTO COLORÍSTICO NO PROCESSO DE BRANQUEIO POR *PAD-STEAM*.

Carla Anita Gomes Tavares

1161455

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizada sob a orientação do Doutor Francisco José Gomes da Silva, Professor Adjunto do ISEP, e coorientação da Doutora Aldina Isabel de Azevedo Correia, Professora Adjunta da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico do Porto.

2017

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Mecânica



POLITÉCNICO
DO PORTO

isep

JÚRI

Presidente

Doutora Maria Teresa Pereira

Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Orientador

Doutor Francisco José Gomes da Silva

Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Coorientador

Doutora Aldina Isabel de Azevedo Correia

Professor Adjunto, Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico do Porto

Arguente

Doutor António Pereira

Professor, Universidade de Aveiro

AGRADECIMENTOS

De uma forma geral, gostaria de agradecer à minha família, que me acompanhou ao longo deste novo percurso académico. Ao meu Filipe, por todo o apoio e tempo dispensado nesta nova batalha.

Às pessoas queridas da produção da empresa, que sempre estiveram lá para me ajudar, um beijinho muito grande à equipa da engenharia do processo, que sempre esteve pelo gabinete para me elucidar sobre possíveis soluções de pequenos/grandes problemas e conquistas, que fomos partilhando. A todas as pessoas da produção, que sempre me ajudaram a compreender melhor a indústria têxtil, ao Eng^o Mário Jorge Machado, ao Eng^o Manuel Marques e ao Eng^o João Mirra, que sempre me ensinaram novas formas de resolver as dificuldades do dia-a-dia, e perceber como as diferentes variáveis de um processo podem influenciar o resultado final. Ao Sr. Silvério Torres, por acreditar nas minhas ideias.

Ao Professor Francisco Silva, muitíssimo obrigada por ter acreditado em mim e ter aceite orientar-me neste estágio de mestrado, pois desde a primeira aula que fiquei com o bichinho pela “mecânica” das coisas. À Professora Aldina por todo o apoio e esclarecimentos nas análises estatísticas fundamentais para conseguir identificar quais as variáveis críticas para o processo.

Aos meus colegas e amigos do MEGI um “*merci*” pela troca de experiências e histórias de vida, que me enriqueceram cada vez mais, e me fortaleceram nesta nova etapa.

PALAVRAS-CHAVE

Branqueio, *Pad-steam*, Rendimento colorístico, Algodão, Telas

RESUMO

A informação referente às variáveis críticas do processo de branqueio (transformação de um tecido cru em branqueado) por *pad-steam* é escassa, uma vez que, é considerado um processo recente na indústria têxtil.

As telas 100% algodão finas, apresentam grandes dificuldades na uniformização do seu branqueio ao longo de diferentes lotes de produção, sendo ainda mais dificultada quando não se conhece qual a constituição do tecido em cru, proveniente do fornecedor.

Para a avaliação de quais as variáveis que influenciavam o rendimento colorístico no processo de branqueio por *pad-steam* na Estamparia Adalberto Pinto da Silva, as condições utilizadas foram a reintrodução do processo de descolagem por *pad-batch*, lavagem e branqueio por *pad-steam* para telas, e as receitas químicas utilizadas.

Como resultados dessa avaliação: no ensaio 1, a variável que influencia o rendimento colorístico foi o grau de branco, já no ensaio 2, foi o pH de extração.

Ou seja, a alteração dos roteiros de produção para este tipo de tecidos 100% algodão finos e a aplicação da receita química do ensaio 2, foram os novos passos a serem tomados pela empresa, para aumentar a consistência dos resultados obtidos para todas as telas 100% algodão finas.

Neste trabalho, fez-se um controlo estatístico às características do produto obtido, comparando com os resultados existentes antes do estudo efetuado. Também são apresentadas sugestões de melhoria, algumas já implementadas. Depois foram comparados os resultados, tendo-se verificado uma melhoria significativa.

KEYWORDS

Bleaching, Pad-steam, Colour yield, Cotton, Woven fabric

ABSTRACT

Information concerning the critical variables of the bleaching process (transformation of a raw fabric into bleached) by pad-steam is scarce, since it is considered a recent process in the textile industry.

As 100% cotton fine fabrics, great difficulties in the standardization of its bleaching throughout different production lots, being even more difficult when it is not known for a constitution of the fabric in concurrent.

For this evaluation, of which variables are influencing the color yield in the bleaching process by pad-steam at Estamparia Adalberto Pinto da Silva. The conditions that we used, was the reintroduction of the process of desizing by pad-batch, and washing and bleaching by pad-steam, the other variable that we change was the chemical recipes (desizing and bleaching).

As results of this evaluation: in test 1, the variable that influenced the color yield was the whiteness degree (Berger), in the test 2, it was the extraction pH.

So, a change in the production itinerary for this type of 100% fine cotton s needed, and the application of the chemical used in the test 2, will be the nest step to take for the company, to improve the results consistence.

In this work, a statistical control was performed on the characteristics of the product obtained, comparing results before and during the study. Suggestions for improvement, some of them already implemented, are also presented. The results were then compared, being possible to observe a significant improvement.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Lista de Abreviaturas

Al	Alumínio
ANOVA	Análise da variância
BNC	Boletim de não conformidade
Branq	Branqueio
Ca	Cálcio
CIELab	Coordenadas de cores visíveis
CMC	Carboximetil de celulose
CO	Algodão
Cu	Cobre
Des	Desencolagem
DP	Grau de polimerização (<i>degree of polymerization</i>)
Fe	Ferro
Fe²⁺	Íon de ferro
GB	Grau de branco
GE	Grau de escuro
H₂O₂	Peróxido de hidrogénio ou água oxigenada
K	Potássio
Lav	Lavagem
Mg	Magnésio
MP	Matérias-primas
Na	Sódio
NaOH	Soda cáustica
Ne	Número inglês de contagem de fibras do algodão
NIP	Zona de impregnação de banho
O₂	Oxigénio atómico
OFR	Ordem de fabrico de reprocessamento
pH	Potencial de Hidrogénio
Proc	Processo
PVA	Álcool polivinílico
R:B	Relação de banho
TE	Taxa de expressão
TEGEWA	Escala de cores padrão
Tex	Peso em gramas, para 1000 metros de fio (g/m) ou massa linear
WI	Índice de Brancura (<i>whiteness index</i>)

Lista de Unidades

Bé	Baumé
C	Celsius
cm	Centímetro
cN/Tex	Centinewton por Tex
g	Gramma
h	Hora
in	Polegada (<i>Inch</i>)
kg	Quilograma
l	Litro
m	Metro
m²	Metro quadrado
min	Minuto
ml	Mililitro
mlinear	Metro linear
mm	Milímetro
nm	Nanómetro
seg	Segundo

Lista de Símbolos

-	Menos
%	Porcentagem
\bar{x}	Média amostral
€	Euro
+	Mais
=	Igual
≈	Aproximadamente
®	Marca registada
μ	Média
°	Graus
σ	Desvio padrão

GLOSSÁRIO DE TERMOS

Algodão	Fibra de celulose de origem vegetal, de cor branca, amarela ou castanha (dependendo da sua origem).
Amido	Tipo de ecolante adicionado ao fio, para lhe conferir resistência durante a tecelagem.
Artigo	Tipo de tecido utilizado, telas ou malhas.
Branqueio	Processo de transformação química de um tecido cru (amarelado) em branqueado.
Capilaridade	Capacidade de absorção de um tecido. Tempo que o tecido demora a absorver um cm de solução, durante 120 segundos.
Celulose	Principal constituinte da parede celular das plantas.
Desencolagem	Processo de remoção do amido adicionado ao fio na tecelagem, com a ajuda de enzimas (amílases), no caso de ser uma desencolagem enzimática.
Ecolante	Produtos que podem ser aplicados durante a tecelagem, para conferir resistência aos fios.
Grau de branco	Cor obtida na escala de graus Berger do tecido.
Grau de escuro	Cor obtida na escala de graus Berger do tecido, que valida o rendimento colorístico que o tecido apresente, após branqueio.
Hidrofilidade	Capacidade de absorção de um tecido, através da avaliação do formato da gota criado, assim que atinge o tecido.
Mercerização	Processo de aplicação de um banho de soda cáustica ao artigo de algodão, sob tensão, que confere que a fibra de algodão “inche” e realce mais as cores.
NIP	Zona de impregnação do banho de branqueio no tecido, entre dois <i>fouldards</i> horizontais.
Ourela	Posições laterais na largura do tecido.
<i>Pad-steam</i>	Máquina de processo de preparação em contínuo, que contém um vaporizador na sua constituição, para potenciar o branqueio.
PVA	Álcool polivinílico, tipo de ecolante adicionado ao fio de tecelagem, para lhe conferir resistência ao tear.
Rendimento colorístico	Capacidade de um artigo obter cores uniformes nos processos de tinturaria e estamparia.

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 – LOGÓTIPO ATUALIZADO DA EMPRESA ESTAMPARIA TÊXTIL ADALBERTO PINDO DA SILVA, S.A.	2
FIGURA 2 – EM A), CORTE TRANSVERSAL DE UMA FIBRA DE ALGODÃO EM FORMA DE FEIJÃO OU RIM. DE FORA PARA DENTRO DA REPRESENTAÇÃO, TEM-SE A PARTE EXTERIOR OU CUTÍCULA, SEGUE-SE A PAREDE PRIMÁRIA, A PAREDE SECUNDÁRIA E NO INTERIOR, TEM-SE O LÚMEN. EM B) TEM-SE A ESTRUTURA DE UMA FIBRA DE ALGODÃO, DE FORA PARA DENTRO, CUTÍCULA, PAREDE PRIMÁRIA, CAMADA TRANSITÓRIA, PAREDE SECUNDÁRIA, E LÚMEN. ADAPTADO DE [8], [13], [15].	6
FIGURA 3 – ESTRUTURA DA TEIA E TRAMA DE UM ARTIGO TIPO TELA (A) E TIPO MALHA (B). ADAPTADO DE [19].	7
FIGURA 4 – DANOS CATALÍTICOS NUM TECIDO DE ALGODÃO, APÓS O PROCESSO DE BRANQUEIO (A) [38]. DETECÇÃO DE FERRO ATRAVÉS DO MÉTODO DE TIACENATO DE AMÓNIO, EM QUE, O VERMELHO ESCURO NO TECIDO INDICA A PRESENÇA DE FERRO (B) [38] ,[39].	10
FIGURA 5 – REAÇÃO QUÍMICA DE BRANQUEIO OXIDATIVO DO PERÓXIDO DE HIDROGÉNIO (H_2O_2) NA PRESENÇA DE UM MEIO ALCALINO, LIBERTA OXIGÉNIO (O_2), OXIDANDO A COR AMARELADA DO TECIDO, TORNANDO—O BRANCO [47].	11
FIGURA 6 – DIFERENTES TIPOS DE BALSEIROS E FOULARDS DE IMPREGNAÇÃO DO BANHO. EM QUE, ASSIM QUE O ARTIGO É IMPREGNADO NO BANHO, É ESPREMEDIDO POR ROLOS ESPREMEDORES/FOULARDS QUE APLICAM UMA FORÇA UNIFORME, GARANTINDO QUE SE TEM A MESMA QUANTIDADE DE SOLUÇÃO EM TODA A LARGURA DO TECIDO [24]. ..	12
FIGURA 7 – REPRESENTAÇÃO DE UM PROCESSO DE BRANQUEIO TÍPICO POR PAD-BATCH. NO ÚLTIMO PASSO, O CAVALETE ENCONTRA-SE EM ROTAÇÃO CONSTANTE, PARA PERMITIR A MIGRAÇÃO DO BANHO UNIFORMEMENTE AO LONGO DA ESPESSURA DO ROLO DE ARTIGO FORMADO [48].	12
FIGURA 8 – REPRESENTAÇÃO DE UM PROCESSO DE BRANQUEIO POR PAD-STEAM [49].	13
FIGURA 9 – PROCEDIMENTO DA HIDROFILIDADE E CLASSIFICAÇÃO DA QUALIDADE DA GOTA, EM QUE, GOOD – BOA E BAD – MÁ, HIDROFILIDADE [39].	13
FIGURA 10 – TÉCNICA DE CAPILARIDADE, ASSIM QUE O PROVETE DO TECIDO A TESTAR É MERGULHADO NO CORANTE ATÉ AO PONTO A, ASSIM QUE O CORANTE ATINGE O PONTO B, CONTA-SE O TEMPO QUE DEMORA A CHEGAR A C, SE ESSE TEMPO FOR SUPERIOR A 120 SEGUNDOS, INDICA QUE A CAPACIDADE DE ABSORÇÃO É PÉSSIMA [39].	14
FIGURA 11 – ESCALA DE VIOLETAS TEGEWA [39].	14

FIGURA 12 – APARELHO DA MORAPEX® A, UTILIZADO PARA EXTRAIR O CONTEÚDO DO INTERIOR DAS FIBRAS DOS TECIDOS, PARA QUE SE CONSIGA POSTERIORMENTE VERIFICAR QUAL O PH QUE ESTE APRESENTA [39], [54].....	15
FIGURA 13 – ESCALA DE CORES DA MERCK PARA AVALIAÇÃO DO PH, COM O USO DO INDICADOR DE PH [39].....	15
FIGURA 14 – COORDENADAS DE COR TRIDIMENSIONAIS DO GRÁFICO CIELAB. ADAPTADO DE [55], [56].	16
FIGURA 15 – EXEMPLARES DOS ESPECTROFOTÓMETROS UTILIZADOS PARA AVALIAR O GB E GE DAS AMOSTRAS DE TECIDO. O APARELHO A) É UM EXEMPLAR PORTÁTIL DA XRITE, E O B) UM DATACOLOR SF 600 PLUS TRADICIONAL.	16
FIGURA 16 – CORTE TRANSVERSAL DE UMA FIBRA DE ALGODÃO SEM MERCERIZAÇÃO (A) E COM MERCERIZAÇÃO (B). ADAPTADO DE [57].	17
FIGURA 17 – EM A), ENTRADA DE UMA MÁQUINA DE MERCERIZAÇÃO E EM B), SAÍDA DE UMA MÁQUINA DE MERCERIZAÇÃO. FOTOGRAFIAS RECOLHIDAS NA ESTAMPARIA ADALBERTO PINTO DA SILVA.	17
FIGURA 18 – CARACTERIZAÇÃO DAS VARIÁVEIS ESTATÍSTICAS QUANTO À SUA NATUREZA. ADAPTADO DE MARÔCO (2011) [58].	18
FIGURA 19 – PROCESSO DE CARATERIZAÇÃO DE UMA POPULAÇÃO OU AMOSTRA ESTATÍSTICA, E DAS ANÁLISES QUE LHE SUCEDEM. ADAPTADO [58].	19
FIGURA 20 – MEDIDAS DESCRITIVAS DE TENDÊNCIA CENTRAL, DE DISPERSÃO, DE FORMA, DE ASSOCIAÇÃO OU DE REPRESENTAÇÃO GRÁFICA. ADAPTADO DE (2011) [58].	19
FIGURA 21 – CARACTERIZAÇÃO DA INFERÊNCIA ESTATÍSTICA RELATIVAMENTE AO TIPO DE FUNÇÕES UTILIZADAS, TEORIA DE ESTIMAÇÃO E TEORIA DE DECISÃO. ADAPTADO DE (2011) [58].	20
FIGURA 22 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA FUNÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO NORMAL, EM QUE Σ SIGNIFICA DESVIO PADRÃO, E X , MÉDIA [52].....	21
FIGURA 23 – PROCESSO FABRIL DA PREPARAÇÃO DE UMA TELA. FOTOGRAFIAS OBTIDAS NA ESTAMPARIA TÊXTIL ADALBERTO PINTO DA SILVA, S.A.	25
FIGURA 24 – PROCESSO FABRIL DA PREPARAÇÃO DE UMA MALHA, NA ESTAMPARIA TÊXTIL ADALBERTO PINTO DA SILVA, S.A.....	26
FIGURA 25 – DIAGRAMA ISHIKAWA PARA AS DIFERENTES VARIÁVEIS AVALIADAS EM CADA FASE DO PROCESSO DE PREPARAÇÃO DOS ARTIGOS (TELAS E MALHAS).....	26
FIGURA 26 – EXEMPLO DO TIPO DE ROBÔ DE COZINHA DA BIMBY, MODELO TM 31, UTILIZADO PARA SIMULAR O PROCESSO DE BRANQUEIO POR PAD-STEAM, SENDO, O BRANQUEIO E DESENCOLAGEM DESENVOLVIDO NA PARTE INFERIOR, E O VAPORIZADOR, NA PARTE SUPERIOR. AS LAVAGENS DOS TECIDOS FORAM REALIZADAS EM ÁGUA CORRENTE DA TORNEIRA.	27

FIGURA 27 – ESPECTROFOTÓMETRO COLORÍMETRO DATACOLOR SF 600 PLUS UTILIZADO PARA LER O GRAU DE BRANCO (BERGER) NO COMPRIMENTO DE ONDA COMPREENDIDO ENTRE 360 - 700 NM.....	29
FIGURA 28 – MÁQUINA MORAPEX® A PARA AVALIAR O PH QUE O TECIDO CONTÉM (1). PROTOCOLO DE DETEÇÃO DO PH POR EXTRAÇÃO (2).....	29
FIGURA 29 – PROCESSO DE AVALIAÇÃO DO AMIDO 1) ATRAVÉS DA UTILIZAÇÃO DE UMA GOTTA DE SOLUÇÃO DE IODO A 0,1% E 2) ESCALA DE VIOLETAS TEGEWA PARA VALIDAR A PRESENÇA DE AMIDO E A EFICIÊNCIA DA DESENCOLAGEM.	30
FIGURA 30 – REAÇÃO DA PRESENÇA DE FERRO APÓS APLICAÇÃO DO PROCEDIMENTO ANTERIOR. ADAPTADO DE [32], [39].....	31
FIGURA 31 – REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO PROCEDIMENTO DE HIDROFILIDADE. EM 1), APÓS DEIXAR CAIR UMA GOTTA DA SOLUÇÃO DE AZUL PATENTE V SOBRE O TECIDO (TELA OU MALHA) SECO, EM 2), VERIFICA-SE SE A DISPERSÃO DA GOTTA É UNIFORME (CIRCULO) OU NÃO, SE FOR CIRCULAR E RÁPIDA, CONSIDERA-SE QUE O TECIDO TEM UMA HIDROFILIDADE BOA, SE FOR IRREGULAR OU MUITO LENTA, CONSIDERA-SE QUE É MÁ. 31	
FIGURA 32 – PROCEDIMENTO DE AVALIAÇÃO DA CAPILARIDADE DE UM ARTIGO. EM 1), É MARCADO O ESQUEMA ACIMA, PARA QUE SE RECORTE DA AMOSTRA DE TECIDO (TELA OU MALHA) E POSTERIORMENTE É 2) Mergulhado sobre uma solução de 0,2% de azul patente V, de forma a que a zona A fique submersa. Assim que o provete fique molhado na zona B, começa-se a contar quanto tempo (segundos) demorou até atingir o ponto C, e esse é o tempo que se regista entre 0-120 seg. Os valores de absorção da solução compreendidos entre 30-60 seg são considerados bons para estampar e tingir.	32
FIGURA 33 – ESQUEMA REPRESENTATIVO DA FORMA COMO AS AMOSTRAS SÃO IDENTIFICADAS E ESTAMPADAS A QUADRO, PARA VALIDAR O RENDIMENTO DE COR DO TECIDO.....	32
FIGURA 34 – DIAGRAMA ISHIKAWA PARA AS DIFERENTES VARIÁVEIS AVALIADAS EM CADA FASE DO PROCESSO DE BRANQUEIO. A VERMELHO ESTÃO DELIMITADAS AS QUE SÃO POTENCIAIS CAUSAS DE VARIABILIDADE NO PROCESSO DE BRANQUEIO, E QUE AFETAM O RENDIMENTO COLORÍSTICO.....	34
FIGURA 35 – DISPLAY DO PROGRAMA DO COMPUTADOR PARA O CONTROLO DOS PARÂMETROS DA MÁQUINA (A), CAUDAL (L/H), TEMPERATURA (°C), TEMPO DE PERMANÊNCIA (MIN), PRESSÃO DOS FOULARDS (BAR), PICK-UP (%), EM (B), VELOCIDADE (M/ MIN), PESO DO ARTIGO (G/METRO LINEAR), SINCRONIZAÇÃO (%) E TENSÃO DO ARTIGO (%).	36
FIGURA 36 – DESENHO TÉCNICO DA PARTE INICIAL DA MÁQUINA DE BRANQUEIO POR PAD-STEAM. A ENTRADA DO TECIDO NA MÁQUINA PODE SER FEITA EM CAVALETE QUANDO É TELA (AZUL) E EM CARRO QUANDO É MALHA (LARANJA), O TECIDO É ACUMULADO E CONSUMIDO DE ACORDO COM O SEU PESO/M ² E VELOCIDADE DA MÁQUINA.....	39
FIGURA 37 – ESQUEMA TÉCNICO DOS COMPARTIMENTOS VG1, VTR1, VTR2 DA MÁQUINA DE PAD-STEAM, PELO QUAL OS ARTIGOS PASSAM.....	40

FIGURA 38 – DESENHO TÉCNICO DO NIP, DA ENTRADA DO VAPORIZADOR, BOOSTER E ZONA DE ACUMULAÇÃO DO TECIDO DENTRO DO VAPORIZADOR.	40
FIGURA 39 – DESENHO TÉCNICO COMPLETO DO VAPORIZADOR, E DA FORMA COMO O ARTIGO É ACUMULADO NO SEU INTERIOR.	41
FIGURA 40 – ESQUEMA TÉCNICO DOS COMPARTIMENTOS VG2 E VTR3, APÓS O ARTIGO SER VAPORIZADO.	41
FIGURA 41 – DESENHO TÉCNICO DOS COMPARTIMENTOS FINAIS DA PAD-STEAM, VTR3, VTR4 E VTR5, ONDE O ARTIGO É LAVADO E O PH NEUTRALIZADO.....	42
FIGURA 42 – REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DA PARTE FINAL DA MÁQUINA, E A FORMA COMO O ARTIGO É ARMAZENADO. SE FOR TELA (AZUL) SAI EM CAVALETE COM A AJUDA DE UM BRAÇO PNEUMÁTICO PARA GARANTIR A TENSÃO DO ARTIGO À MEDIDA QUE ESTE É ENROLADO; SE FOR MALHA (LARANJA), SAI EM CARRO EM FORMATO LIVRO, COM A AJUDA DO VAI-E-VEM.	42
FIGURA 43 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DAS FREQUÊNCIAS DAS VARIÁVEIS: A) TIPO DE ARTIGO, B) GRAU DE BRANCO, C) HIDROFILIDADE, D) PH, E) AMIDO E F) GRAU DE ESCURO.....	43
FIGURA 44 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DAS FREQUÊNCIAS DOS DADOS PARA O ENSAIO 1, PARA AS VARIÁVEIS: A) TIPO DE ARTIGO, B) GRAU DE BRANCO, C) GRAU DE ESCURO E D) PH.	45
FIGURA 45 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DAS FREQUÊNCIAS DOS DADOS PARA O ENSAIO 2, PARA AS VARIÁVEIS: A) TIPO DE ARTIGO, B) GRAU DE BRANCO, C) PH, D) GRAU DE ESCURO, E) AMIDO E F) CAPILARIDADE.	46
FIGURA 46 – ESTUDO DA ESTABILIDADE DAS PASTAS DE COR PRETA 362 E AZUL 424 PARA VALIDAÇÃO DO RENDIMENTO COLORÍSTICO, ATRAVÉS DA LEITURA POR ESPECTROFOTÓMETRO DAS COORDENADAS CIELAB (L), E DE GRAUS BERGER (GE).	49
FIGURA 47 – VALORES DAS PRINCIPAIS VARIÁVEIS ANALISADAS PARA OS TIPOS DE TELAS: 642, 901, 906, 1070 E 1538, ANTES DA IMPLEMENTAÇÃO DO NOVO ROTEIRO DE PRODUÇÃO.	51
FIGURA 48 – VALORES DAS PRINCIPAIS VARIÁVEIS ANALISADAS PARA OS TIPOS DE TELAS: 642, 901, 906, 1070 E 1538, APÓS A IMPLEMENTAÇÃO DO NOVO ROTEIRO DE PRODUÇÃO (JULHO – OUTUBRO DE 2017).	51
FIGURA 49 – PRINCIPAIS PROBLEMAS DAS OFRS ENTRE FEVEREIRO E JULHO DE 2017, NA ESTAMPARIA ADALBERTO PINTO DA SILVA, S.A.	52
FIGURA 50 – PRINCIPAIS PROBLEMAS DAS OFRS REFERENTES AO PERÍODO DE AGOSTO A OUTUBRO DE 2017, NA ESTAMPARIA ADALBERTO PINTO DA SILVA, S.A.....	53
FIGURA 51 – ANÁLISE DE PARETO PARA OS DEFEITOS DETETADOS NOS BNCS, ENTRE JANEIRO E JULHO DE 2017, PELA ESTAMPARIA ADALBERTO PINTO DA SILVA, S.A.....	54
FIGURA 52 – ANÁLISE DE PARETO PARA OS DEFEITOS DETETADOS NOS BNCS, ENTRE AGOSTO E OUTUBRO DE 2017, PELA ESTAMPARIA ADALBERTO PINTO DA SILVA, S.A.....	55

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 – CARACTERIZAÇÃO DAS FIBRAS TÊXTEIS, QUANTO À SUA ORIGEM: NATURAL OU NÃO-NATURAL. ADAPTADO DE [6], [9], [8].	5
TABELA 2 – FORMAS DAS FIBRAS CORTADAS TRANSVERSALMENTE. NA PRIMEIRA LINHA ESTÁ A DENOMINAÇÃO DAS FORMAS E NA SEGUNDA LINHA A SUA REPRESENTAÇÃO GRÁFICA. ADAPTADO DE [9].	6
TABELA 3 – CARACTERIZAÇÃO DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO ALGODÃO. ADAPTADO DE [12], [16], [17].	7
TABELA 4 – TABELA-RELATIVA À CARACTERIZAÇÃO DO ALGODÃO. ADAPTADO DE [16], [19].	8
TABELA 5 – RECEITA QUÍMICA DE UM BRANQUEIO OXIDATIVO CONVENCIONAL.	10
TABELA 6 – CARACTERÍSTICAS DAS TELAS 100% CO, DOS TIPOS DA CASA, RELATIVAMENTE AO TIPO DE FIOS, DENSIDADE, NE, PESO/M ² (G/M ²), LARGURA (CM) E FORNECEDOR.	28
TABELA 7 – CARACTERIZAÇÃO DOS DIFERENTES PRODUTOS UTILIZADOS NOS ENSAIOS EM ESTUDO, QUANTO AO SEU NOME, FORNECEDOR, ESPECIFICAÇÕES E PREÇO.	33
TABELA 8 – RECEITAS QUÍMICAS UTILIZADAS ANTES E NOS ENSAIOS 1 E 2 REALIZADOS EM PRODUÇÃO, COM A ALTERAÇÃO DO PROCESSO, EM QUE, DES., SIGNIFICA DESENCOLAGEM, BRANQ., SIGNIFICA BRANQUEIO, E PROC., PROCESSO.	35
TABELA 9 – CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSO DE LAVAGEM E BRANQUEIO POR PAD-STEAM, COMUM AOS ENSAIOS 1 E 2 REALIZADOS.	36
TABELA 10 – CLASSIFICAÇÃO DAS VARIÁVEIS QUANTO A SEREM QUANTITATIVAS (DISCRETA OU CONTÍNUA) OU QUALITATIVAS (ORDINAL OU NOMINAL).	43
TABELA 11 – RESUMO DOS DADOS DOS ENSAIOS REALIZADOS. QUANTO ÀS MÉDIAS (X) E DESVIO PADRÃO (Σ) DAS VARIÁVEIS: GRAU DE BRANCO (GB), GRAU DE ESCURO (GE), PH, HIDROFILIDADE OU CAPILARIDADE (ENSAIO 4) E AMIDO. EM QUE N/A, SIGNIFICA NÃO APLICÁVEL (UMA VEZ QUE APENAS FOI RECOLHIDA UMA AMOSTRA PARA A ANÁLISE). 50	

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Enquadramento do projeto.....	1
1.2	Descrição do projeto.....	1
1.3	Objetivos.....	1
1.4	Metodologia.....	1
1.5	Estrutura do relatório	1
1.6	Empresa	1
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1	Indústria têxtil.....	5
2.2	O algodão.....	6
2.3	Constituição de um tecido	7
2.4	Processos industriais de tratamento dos artigos têxteis.....	8
2.4.1	Cardação	8
2.4.2	Fiação	8
2.4.3	Tricotagem e tecelagem	8
2.4.4	Pré-tratamento ou preparação.....	9
2.4.4.1	Tipo de impurezas	9
2.4.5	Desencolagem e desmineralização.....	9
2.4.6	Branqueio.....	10
2.4.6.1	Tipo de processos de branqueio	11
2.4.6.1.1	Descontínuos (esgotamento).....	11
2.4.6.1.2	Semi-contínuos (pad-batch, pad-roll e pad-jigger)	11
2.4.6.1.3	Contínuo (pad-steam, termosol).....	12
2.4.6.2	problemas associados ao branqueio.....	13
2.4.7	Como verificar a qualidade do branqueio	13
2.4.7.1	Hidrofilidade ou capilaridade.....	13
2.4.7.2	Presença de amido	14
2.4.7.3	Presença de pva	14

2.4.7.4	Presença de Ferro	14
2.4.7.5	pH	15
2.4.7.6	Grau de branco e grau de escuro	15
2.4.8	Mercerização	16
2.4.9	Secagem e termofixação	17
2.5	Métodos estatísticos	18
3	DESENVOLVIMENTO	25
3.1	Caraterização do processo produtivo	25
3.2	Ensaio em laboratório	27
3.3	Caraterização das matérias-primas	27
3.4	Caraterização dos registos obtidos através do processo de desencolagem e branqueio por pad-steam na mesma máquina	28
3.5	Materiais e métodos	28
3.5.1	Avaliação do grau de branco	28
3.5.2	Avaliação do pH do tecido	29
3.5.3	Presença de amido	30
3.5.4	Deteção do PVA	30
3.5.5	Deteção de ferro	30
3.5.6	Avaliação da absorção do tecido	31
3.5.7	Avaliação do rendimento de cor	32
3.5.8	Caraterização dos produtos químicos	33
3.6	Identificação das variáveis críticas	34
3.7	Ensaio em produção	35
3.7.1	Receitas químicas	35
3.7.2	Condições utilizadas	36
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
4.1	Máquina de contínuo Pad-steam	39
5	ANÁLISE ESTATÍSTICA	43
5.1	PARTE I – DADOS PRODUÇÃO DO ANO DE 2017	43
5.2	PARTE II – ENSAIO 1	45

5.3	PARTE III – ENSAIO 2.....	46
6	DISCUSSÃO.....	48
6.1	Grau de escuro e rendimento colorístico.....	48
6.2	Condições mecânicas (pad-steam).....	49
6.3	Síntese dos resultados.....	50
6.4	Resultados de produção com a implementação da nova receita química.....	51
6.5	Indicadores da melhoria.....	51
7	CONCLUSÕES.....	59
7.1	CONCLUSÃO INICIAL.....	59
7.2	CONCLUSÃO FINAL.....	59
	Anexo 1 – Desenho técnico completo da Máquina de branqueio por pad steam.....	71
	Anexo 2 – Dados referentes aos ensaios realizados para as propriedades mecânicas da máquina de branqueio por pad-steam.	72
	Anexo 3 – valores médios de todos os dados recolhidos nos diferentes ensaios às telas moda 100% algodão no processo de branqueio por Pad-steam.....	73
	Anexo 4 – Dados referentes aos resultados Antes da implementação do novo processo e receita química de branqueio das telas moda 100% algodão Por Pad-steam.....	74
	Anexo 5 – Dados referentes aos resultados da implementação do novo processo e receita química de branqueio das telas moda 100% algodão Por Pad-steam.....	75

INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento do projeto

1.2 Descrição do projeto

1.3 Objetivos

1.4 Metodologia

1.5 Estrutura do relatório

1.6 Empresa

1 INTRODUÇÃO

1.1 ENQUADRAMENTO DO PROJETO

A temática do presente trabalho é a preparação de tecidos em cru numa indústria têxtil. Este é um tema de interesse, devido à elevada variabilidade do processo produtivo, mais concretamente o branqueio de telas 100% algodão, pelo processo de branqueio por *pad-steam*.

1.2 DESCRIÇÃO DO PROJETO

Neste projeto pretende-se a maximização do rendimento de branqueio por *pad-steam*. Assim, o trabalho consiste na identificação das variáveis críticas no processo de branqueio, que influenciam o rendimento colorístico.

1.3 OBJETIVOS

O projeto teve como principais objetivos a identificação das variáveis críticas que influenciavam o processo de branqueio de telas 100% algodão, e, conseqüentemente, que afetavam o rendimento colorístico obtido nos processos de tingimento e estamparia. A validação da sua influência no processo industrial, foi também um objetivo a atingir.

1.4 METODOLOGIA

Inicialmente, foi desenvolvido um processo laboratorial que tentasse replicar os resultados obtidos na máquina de branqueio por *pad-steam*, para se poder simular a influência das diferentes variáveis críticas no processo. Posteriormente, foram testados esses resultados na máquina, e validados. Estes resultados foram ainda comparados com os anteriormente obtidos.

1.5 ESTRUTURA DO RELATÓRIO

O presente trabalho está estruturado em seis capítulos principais: introdução, revisão bibliográfica, desenvolvimento, resultados e discussão, conclusões e referências bibliográficas. Na introdução pretende-se enquadrar o leitor com o tema desenvolvido neste trabalho, na revisão bibliográfica faz-se uma abordagem aos desenvolvimentos anteriormente realizados nesta temática e publicados em livros e periódicos científicos, no desenvolvimento descreve-se a abordagem realizada ao trabalho, nos resultados e discussão apresentam-se e comentam-se os resultados obtidos, nas conclusões faz-se uma síntese dos progressos realizados e nas referências bibliográficas indicam-se as fontes de informação usadas principalmente na revisão bibliográfica.

1.6 EMPRESA

A empresa onde foi desenvolvido o estágio curricular do presente trabalho foi a Estamparia Têxtil Adalberto Pinto da Silva, S.A. (logótipo na Figura 1). Esta está localizada na Rua Mourizes, 28, 4795-176 Rebordões. Santo Tirso. Esta estamparia foi construída em 1969, é do tipo privada e familiar, e é constituída por cerca de 250 funcionários.



Est — **adalberto** — 1969

Figura 1 – Logótipo atualizado da empresa Estamparia Têxtil Adalberto Pindo da Silva, S.A.

Esta empresa tem o NIF 500100616 e enquadra-se nas atividades seguintes: CAE 13302 – Estampagem; CAE 13303 – Acabamento de fios, tecidos e artigos têxteis, e; CAE 13920 – Fabricação de artigos têxteis confeccionados, exceto vestuário.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Indústria têxtil

2.2 O algodão

2.3 Constituição de um tecido

2.4 Processos industriais de tratamento dos artigos têxteis

2.4.1 Cardação

2.4.2 Fiação

2.4.3 Tricotagem e tecelagem

2.4.4 Pré-tratamento ou preparação

2.4.5 Desencolagem e desmineralização

2.4.6 Branqueio

2.4.7 Como verificar a qualidade do branqueio

2.4.8 Mercerização

2.4.9 Secagem e termofixação

2.5 Métodos estatísticos

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para contextualizar o trabalho realizado, fez-se uma pesquisa para enquadrar os diferentes temas e realçar a importância deste assunto para a indústria têxtil.

2.1 INDÚSTRIA TÊXTIL

A revolução industrial inglesa renovou a forma de criação dos tecidos e malhas da mão-de-obra artesanal para uma forma industrial [1] muito mais rápida, com maior qualidade e maior reprodutibilidade de resultados obtidos. Esta modernização das técnicas têxteis deu-se entre o século XVII e o século XIX, com a mecanização dos processos [1], [4].

A crescente procura por transformar os teares tradicionais em industriais estreou-se no Japão, com o Sr. Toyoda, que melhorou o negócio da família e o tornou mais rentável, aumentando a capacidade de carga de cada tear, tornando-os mais reprodutíveis, para que, em vez de ter apenas um, ter vários a funcionar em contínuo, para que a produção fosse superior [5].

Para que se consiga construir um tecido ou uma malha num tear, é necessária a combinação de diferentes fibras [6]. Estas podem ser fibras naturais, que podem ser de origem animal, como é o caso da lã e da seda, ou de origem vegetal, como o algodão, linho e a viscose, ou podem ainda ser fibras não-naturais, como acontece com as sintéticas, regeneradas e inorgânicas, [2], [5], [6], [8] e [9], como se pode observar na Tabela 1.

Tabela 1 – Caracterização das fibras têxteis, quanto à sua origem: natural ou não-natural. Adaptado de [6], [9], [8].

Fibras têxteis	Naturais		
		Animais	Secreção glandular (sedas) Pêlos (lãs, caxemira, angorá)
	Vegetais	Semente (algodão) Caule (linho) Folha (sisal) Fruto	
	Minerais	Basalto Amianto	
Não-Naturais			
	Sintéticas	Poliéster Poliamida Elastano	
	Regeneradas (artificiais)	Viscose Lyocel Modal	

As fibras podem ser classificadas como sendo fibras descontínuas ou filamentos e fios/estopa (*tow*). As fibras descontínuas são fibras curtas, que podem ter comprimento entre 3 - 20 cm; os filamentos são fibras com tamanho indefinido; e o fio/estopa consiste num conjunto de filamentos [9], [10].






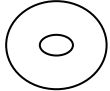
De acordo com [9], “um fio é uma estrutura com um determinado comprimento, constituído por fibras ou filamentos, com ou sem torção”. Este apresenta diferentes tipos, de acordo com

o conjunto de fibras ou filamentos que forme, monofilamento, multifilamento e simples ou torcido [9].

Para caracterizar um fio, existem dois tipos de sistemas. Um baseia-se no peso ou massa, de acordo com o tamanho do fio (peso por unidade de medida), o outro de acordo com o peso ou massa que lhe está associado (tamanho por unidade de massa) [3], [9]–[11].

Ao se cortar transversalmente uma fibra, existem diversas formas que se podem encontrar, como está apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Formas das fibras cortadas transversalmente. Na primeira linha está a denominação das formas e na segunda linha a sua representação gráfica. Adaptado de [9].

Redonda	Feijão ou rim	Trilobal	Multilobal	Serrilhada	Oca
					

2.2 O ALGODÃO

As fibras de algodão podem ser classificadas pelos diferentes tamanhos que apresentam, nomeadamente, 2 a 2,5 cm, 3 a 3,5 cm, e 4 a 4,5 cm [12]. Quando estas são cortadas transversalmente, podem apresentar a forma de feijão ou rim, como se pode observar na Figura 2 (A), mas a sua estrutura é composta por uma camada exterior, cutícula, seguida de uma parede primária, de uma camada de transição, uma parede secundária e no interior, tem-se o lúmen, Figura 2 B) [12]–[14].

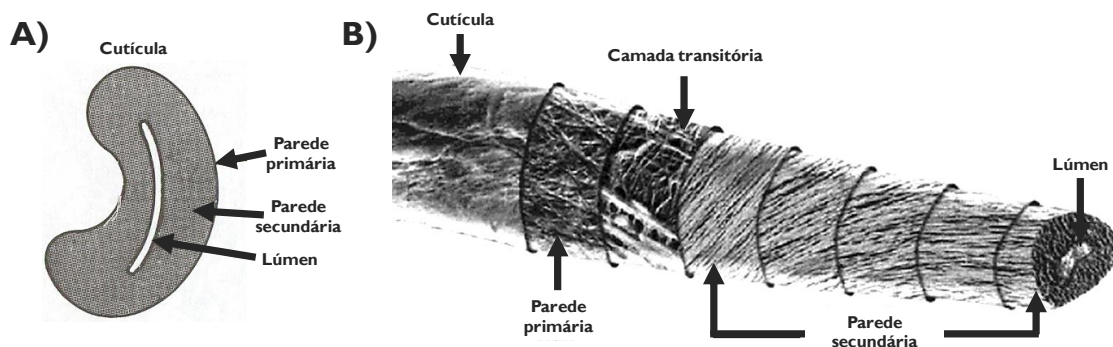


Figura 2 – Em A), corte transversal de uma fibra de algodão em forma de feijão ou rim. De fora para dentro da representação, tem-se a parte exterior ou cutícula, segue-se a parede primária, a parede secundária e no interior, tem-se o lúmen. Em B) tem-se a estrutura de uma fibra de algodão, de fora para dentro, cutícula, parede primária, camada transitória, parede secundária, e lúmen. Adaptado de [8], [13], [15].

O algodão é constituído maioritariamente por celulose. Como se pode observar pelo estudo realizado por Mather e Wardman (2011), cerca de 90% do algodão é composto por celulose e os restantes 10% são impurezas que são inseridas ao longo do processo têxtil [8], [12], [16], [17]. A forma como estas estão agrupadas, encontra-se representada na

Tabela 3.

Tabela 3 – Caracterização da composição química do algodão. Adaptado de [12], [16], [17].

Composição		Porcentagem em relação ao peso (%):
Celulose		88,0 – 96,0
Impurezas		4,0 – 12,0
Ceras	Ácidos gordos, álcool de cera, ésteres, glicerina e hidrocarbonetos.	0,4 – 1,2
Cinzas	Carbonatos, sulfatos, fosfatos e óxidos de: K, Mg, Ca, Fe, Na, Al.	0,7 – 1,2
Pectinas	Sais de Mg, Ca, Fe e ácidos.	0,4 – 1,2
Proteínas	Sais de poliamida originados das plantas mortas.	1,0 – 1,9
Outros	Ácidos orgânicos, lenhina, pigmentos, hemicelulose e açúcares.	0,5 – 8,0

Cada vez mais se tenta substituir as matérias-primas naturais por regeneradas ou sintéticas, pois a sua obtenção é mais rápida, fácil, económica e fornece maior durabilidade à estrutura das malhas e aos tecidos constituídos por este tipo de fibras, nomeadamente, o poliéster, poliamida, viscose [6], [13], [18].

2.3 CONSTITUIÇÃO DE UM TECIDO

Um tecido é sempre constituído por fios que compõem a teia e a trama de um artigo (Figura 3, A), sendo um jogo das agulhas e dos teares para constituírem diferentes tipos de estruturas, que criam telas (Figura 3, A) e malhas (Figura 3, B) de diferentes composições (pontos, pesos, larguras, *designs*, etc.) [19].

As telas são constituídas por dois conjuntos de fios [3], [19], um compõe a teia (largura) e outro a trama (comprimento) (Figura 3).

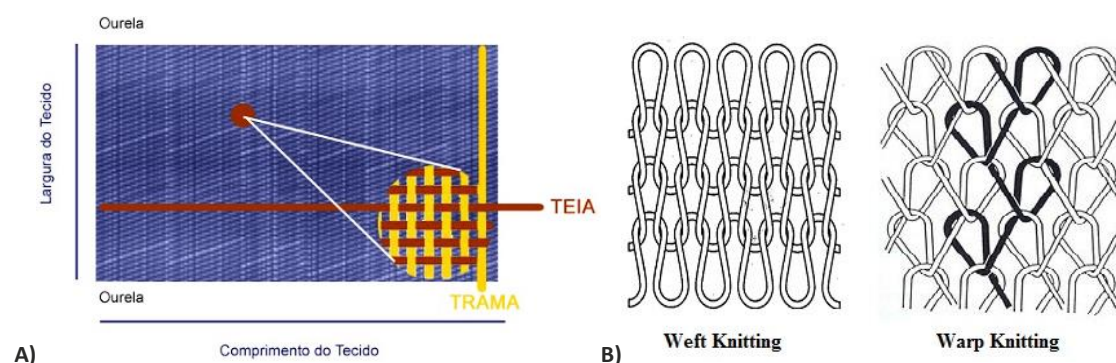


Figura 3 – Estrutura da teia e trama de um artigo tipo tela (A) e tipo malha (B). Adaptado de [19].

Para a construção de cada tipo de artigo (telas ou malhas) são tidas em atenção diversas características e especificações, para que a qualidade de cada tecido seja superior ou inferior, dependendo do objetivo pretendido. Algumas dessas características estão representadas na Tabela 4.

Tabela 4 – Tabela-relativa à caracterização do algodão. Adaptado de [16], [19].

Característica	Especificação
Comprimento da fibra	<u>Algodões de qualidade superior</u> : 25 – 60 mm. <u>Algodões americanos</u> : 13 – 33 mm. <u>Algodões indianos e asiáticos</u> : 9 – 25 mm.
Espessura	10 – 20 mm.
Gravidade específica	1,54 (um dos tipos de fibra mais pesada)
Tenacidade*	25 – 40 cN/tex, mas aumenta para 20% mais forte, quando molhada.
Alongamento à rotura	5 – 10%
Recuperação elástica	Baixa elasticidade.
Resiliência	Baixa, mas com alta resistência ao desgaste.
Recuperação da humidade	8,5%
Reação ao calor	O algodão não apresenta ponto de ebulição, o que o torna bastante resistente ao calor, mas, com elevadas temperaturas, amarelece o artigo.
Solidez à lavagem	Os artigos fabricados a partir do algodão podem ser lavados a diferentes temperaturas, e, além disso, secam e dobram-se facilmente.

*Tenacidade é considerada a proporção da força de rotura do fio, em relação à sua massa [20]

2.4 PROCESSOS INDUSTRIAIS DE TRATAMENTO DOS ARTIGOS TÊXTEIS

2.4.1 CARDAÇÃO

Para separar o algodão, fibra a fibra, é necessário pegar na matéria-prima (MP) e separar as fibras, soltando as impurezas com o auxílio de “escovas”, para que não prejudiquem a qualidade do fio [8].

2.4.2 FIAÇÃO

No caso das fibras naturais, é necessário recolhê-las e agrupá-las, para se passar ao processo de fiação, em que as fibras são separadas por tamanho [21]. Antes da fiação, são aplicados produtos de enzimação ao fio, para que se torne mais estável e de maneabilidade melhor. A fiação, no caso do algodão, é realizada através da limpeza e estiramento do algodão, para originar estruturas fibrosas. O fio pode ser do tipo: cortado, compacto, contínuo e convencional [21].

2.4.3 TRICOTAGEM E TECELAGEM

As malhas podem ser construídas a partir de três pontos de malha: laçada tricotada (*knit*), laçada acumulada (*tuck*) e laçada flutuante (*float*). Durante este processo, são inseridas impurezas nas fibras, como é o caso dos lubrificantes de agulha e das parafinas, que permitem que o fio se torne mais resistente à tricotagem [19].

Na tecelagem, os fios são passados num banho de ecolantes, maioritariamente de amido, álcool polivinílico (PVA) ou carboximetil celulose (CMC), para lhe conferir resistência às altas velocidades e tensões a que estão sujeitos no tear [22], [23].

2.4.4 PRÉ-TRATAMENTO OU PREPARAÇÃO

Este tipo de processos confere ao artigo a capacidade de serem tingidos ou estampados, dependendo da sua finalidade [24]. Estes processos iniciam-se com a fase de preparação do artigo em cru, em que o artigo necessita de preparar carga para se adaptar à forma como a carga do artigo chega à empresa, e tem de ser adequada à máquina ou processo pelo qual irá passar. Para que os processos de tinturaria e estamparia obtenham bons resultados, é necessário que sejam removidas do interior das fibras as impurezas que lhe são características, e todas as outras que são adicionadas ao longo do processo de fiação, para lhes conferir resistência [25]–[28].

2.4.4.1 TIPO DE IMPUREZAS

As impurezas podem ser naturais ou adicionadas, como por exemplo, as de origem vegetal: hemicelulose, pectinas, gorduras e minerais diversos [29], [30]. No caso do algodão, as que lhe são adicionadas são as mais difíceis de remover durante os processos de preparação, pois podem alterar as propriedades críticas para o tingimento e para a estampagem, como é o caso da hidrofiliabilidade, do pH, do grau de branco, do rendimento colorístico, do peso/m², da largura, dos encolhimentos e dos estiramentos [13], [31].

2.4.5 DESENCOLAGEM E DESMINERALIZAÇÃO

Os tecidos de algodão são a celulose mais utilizada nos têxteis, mas necessitam de ser pré-tratados, antes de serem tingidos ou estampados, para que se consiga remover os resíduos dos processos de fiação e tecelagem [27], [28].

O tipo de pré-tratamento é realizado de acordo com o tipo de artigo que se quer tratar. Os artigos de fibras naturais em cru, possuem uma cor bege, mais escura ou clara, dependendo da sua origem. No caso dos de origem vegetal (algodão, linho, viscose, lã e seda) a coloração deve-se aos componentes metálicos que foram absorvendo ao longo do seu crescimento, ou da limpeza, que é feita aos de origem animal [3], [11], [12], [32], [33].

Em cada tipo de artigo, malha ou tela, é necessário adequar a melhor forma de retirar os ecolantes do artigo. Os ecolantes são substâncias utilizadas para conferir resistência ao fio da teia, para que durante o processo de tecelagem, este não quebre, devido às velocidades elevadas a que está sujeito. A descolagem enzimática, tal como o próprio nome indica, recorre a enzimas para degradar ecolantes como o amido. Também fornece ao artigo um bom toque (suave) [7], [15]. Para tal, os fios são passados por um banho constituído por: amido, álcool polivinílico [23], [34], carboximetil de celulose (CMC) [35], óleos de fiação, ceras, parafinas, partículas de metal, agentes anti-estáticos, lubrificantes e outros constituintes, que necessitam posteriormente de ser removidos da tela, para se proceder a um branqueio [29].

Estes podem ser removidos de forma química, enzimática ou mecânica. O processo mais utilizado para a remoção do amido é o enzimático, através da utilização de amilases [7], e, no caso dos restantes componentes, são removidos através de lavagem alcalina (pH superior a 7), com agentes/detergentes dispersantes [36].

A desmineralização é feita nas malhas (e deve ser realizada a valores de pH inferiores a 3), com a ajuda de agentes sequestrantes de metais, agentes molhantes e outros agentes que facilitem a remoção das impurezas metálicas do interior das fibras do algodão [28].

Este processo de desmineralização serve para atingir o interior da fibra do algodão e, assim, conseguir remover os metais e outros aditivos que a malha possa libertar, depois do processo de desmineralização na lavagem. O caso mais preocupante neste tipo de artigo é a presença de Fe^{2+} , Cu, Mg que em contacto com a água oxigenada/peróxido de hidrogénio (H_2O_2) da solução de branqueio, oxidam e originam danos catalíticos (Figura 4) [26], [37], [38].

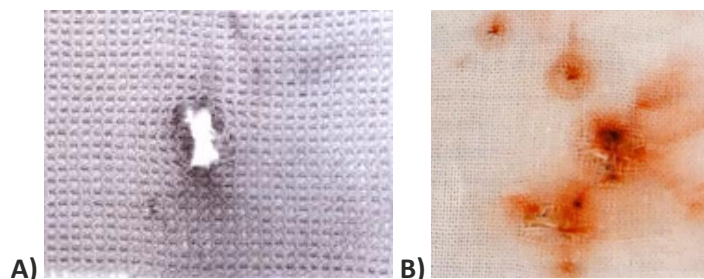


Figura 4 – Danos catalíticos num tecido de algodão, após o processo de branqueio (A) [38]. Detecção de ferro através do método de tiacenoato de amónio, em que, o vermelho escuro no tecido indica a presença de ferro (B) [38], [39].

2.4.6 BRANQUEIO

O branqueio, ou branqueamento, é o processo de remoção da cor natural que a fibra de celulose possui (bege, amarela ou castanha), como é o caso do algodão [40], [41], ou ainda dos vestígios de cascas e outras impurezas provenientes da planta, que não conseguiram ser removidas pelos processos antecedentes [18], [22], [37], [42].

Este pode ser realizado de duas formas, o branqueio oxidativo e o branqueio redutor [18]. O primeiro pode ser realizado pelo sistema peróxido ou pelo sistema cloro. No primeiro utilizam-se substâncias químicas como o peróxido de sódio e o peróxido de hidrogénio; no segundo utiliza-se o hipoclorito de sódio, o clorito de sódio, etc. [40], [43], [44]. De acordo com Karmarkar (1999), o branqueio redutor, é feito por agentes redutivos, como é o caso do dióxido sulfúrico, do hidrossulfito de sódio, etc. [13].

O efeito do branqueio é potenciado pela temperatura, alcalinidade e utilização de catalisadores, mas o processo tem de ser controlado pelos agentes estabilizadores (orgânicos e inorgânicos) que estabilizam a reação do peróxido de hidrogénio (água oxigenada), para que este reaja de uma forma lenta com a soda cáustica, para que não danifique as fibras [44], [45].

Um exemplo de uma receita de branqueio para um processo em descontínuo, é mostrada na Tabela 5.

Tabela 5 – Receita química de um branqueio oxidativo convencional.

Concentração (ml/L)	Substância
1,0 – 2,0	Agente molhante.
1,0 – 2,5	Agente alcalino (soda cáustica ou carbonato de sódio).
0,5 – 1,5	Agente estabilizador.
2,0 – 10,0	Peróxido de hidrogénio (água oxigenada).

Processo é realizado durante 40-60 min, a 98°C, na relação de banho (**R:B**) 1:10, seguindo-se o arrefecimento e lavagem com um pH neutralizado (com ácido e enzima catálase).

O processo de branqueio pode ser feito por esgotamento, em que o artigo é impregnado num banho químico constituído por peróxido de hidrogénio/água oxigenada (H₂O₂), soda cáustica (NaOH) [28], agente estabilizador do peróxido de hidrogénio [43], agente sequestrante de metais, desencolantes e outros, numa temperatura perto da de ebulição, e com um estabilizador do pH. Como esta solução tem um pH alcalino, utiliza-se o ácido cítrico [46], para baixar o pH e, desta forma, neutralizar o pH no interior das fibras.

Posteriormente, se o pH for superior ou inferior a esses valores de pH neutros (próximos de 7), poderá levar a problemas de tingimento ou de estamparia, pois, os corantes poderão reagir de forma diferente com o artigo, e, assim, isso não se verifica.

O branqueio oxidativo do peróxido de hidrogénio necessita de um ativador alcalino (NaOH) para que a reação se dê (Figura 5) e o oxigénio seja libertado para oxidar a cor natural do tecido em cru [47].

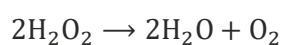


Figura 5 – Reação química de branqueio oxidativo do peróxido de hidrogénio (H₂O₂) na presença de um meio alcalino, liberta oxigénio (O₂), oxidando a cor amarelada do tecido, tornando-o branco [47].

O peróxido decompõe-se na presença de metais como o cobre, o ferro, o magnésio e o crómio, e outros óxidos, o que leva à degradação da celulose quando encontra zonas no tecido com esses metais, formando danos catalíticos ou *pinholes* [37]. Esse enfraquecimento da celulose leva a problemas de resistência da fibra e do grau de polimerização (DP) [37].

2.4.6.1 TIPO DE PROCESSOS DE BRANQUEIO

2.4.6.1.1 DESCONTÍNUOS (ESGOTAMENTO)

O artigo é imerso no banho durante um determinado tempo de permanência e a uma temperatura adequada, para que se dê a reação de branqueio com as fibras, através do processo de esgotamento do banho com o artigo. O tipo de máquinas que são mais utilizadas para estes processos são os *jets*, os *jiggers* e as *barcas* [48].

Um fator muito importante a este tipo de processo é a relação de banho (R:B), que é a quantidade de litros de banho que necessito por cada kg de artigo seco. Então, por exemplo:

R. B. : 1: 10 – significa que por cada kg de artigo seco,
tem que se colocar 10 litros de banho.

2.4.6.1.2 SEMI-CONTÍNUOS (*PAD-BATCH*, *PAD-ROLL* E *PAD-JIGGER*)

No caso dos processos semicontínuos, o artigo é impregnado em contínuo e espremido num *foulard*, o restante processo mantém-se em descontínuo. Como exemplo destes tem-se: o *pad-batch*, o *pad-roll* e o *pad-jigger*.

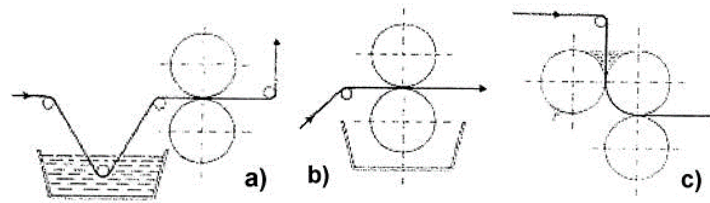


Figura 6 – Diferentes tipos de balseiros e *foulards* de impregnação do banho. em que, assim que o artigo é impregnado no banho, é espremido por rolos espremedores/*foulards* que aplicam uma força uniforme, garantindo que se tem a mesma quantidade de solução em toda a largura do tecido [24].

Nestes processos, quando o artigo passa no balseiro, Figura 6, zona onde o banho é aplicado no tecido, e é depois espremido pelos rolos espremedores/*foulards*, é calculada uma taxa de expressão (TE) ou *pick-up*, definida pela expressão (1):

$$\text{Pick-up} = \frac{\text{peso do artigo molhado} - \text{peso do artigo seco}}{\text{peso do artigo seco}} \times 100 \quad (1)$$

Assim que o artigo é impregnado, para que o branqueio ou tingimento seja bem-sucedido, é necessário que o tecido passe pelo processo descontínuo, em que é enrolado a baixas rotações em cavalete, para que haja a migração do banho através da força da gravidade, e a ação do processo no artigo seja intensificada.

Nos *pad-batch*, a maturação do artigo é efetuada à temperatura ambiente, em que o artigo após ser impregnado no banho de branqueio, é enrolado em cavaletes e fica a maturar num intervalo de tempo previamente definido, para que a oxidação da celulose se dê [48], como se pode observar pela Figura 7.

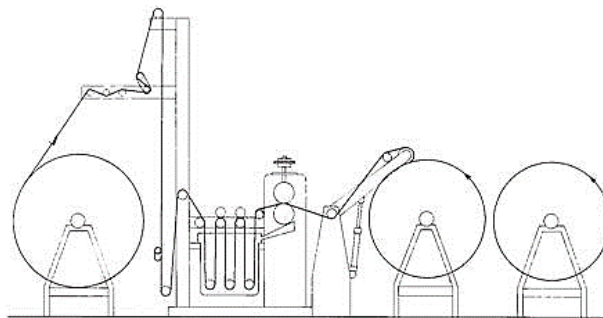


Figura 7 – Representação de um processo de branqueio típico por *pad-batch*. No último passo, o cavalete encontra-se em rotação constante, para permitir a migração do banho uniformemente ao longo da espessura do rolo de artigo formado [48].

2.4.6.1.3 CONTÍNUO (*PAD-STEAM*, *TERMOSOL*)

O processo em contínuo é o mais rápido, pois após a impregnação do artigo no banho, seguem-se a fixação, as lavagens e as secagens. Os processos mais conhecidos deste tipo de branqueio são o *pad-steam* e o *termosol* [48].

No processo por *pad-steam*, assim que o tecido é impregnado, passa um determinado tempo de permanência na vaporização (dependendo do tipo de artigo que se está a branquear). Um dos exemplos de uma máquina típica deste processo encontra-se na Figura 8.

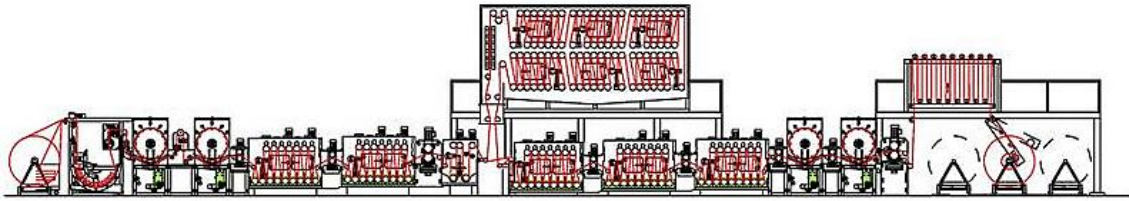


Figura 8 – Representação de um processo de branqueio por *pad-steam* [49].

No caso do termosol, o artigo depois de ser impregnado, é secado e posteriormente fixado a altas temperaturas (râmola ou secadeira).

2.4.6.2 PROBLEMAS ASSOCIADOS AO BRANQUEIO

Se o branqueio apresentar um déficit na remoção de óleos, gorduras, ecolantes e parafinas, pode levar a tingimentos e estampagens não uniformes, fraca solidez à lavagem, amarelecimento, aparecimento de manchas e fraca hidrofiliidade (capacidade de absorção de água/cores) [50].

No caso de não se remover os iões dos metais alcalinoterrosos e pesados, pode levar a problemas de tingimento, danos catalíticos (buracos aleatórios ao longo de toda a produção, ou apenas em parte), e ainda perda de resistência do fio [2], [26], [37].

Um baixo grau de branco, na escala de Berger ou CIELab, poderá causar problemas na obtenção de cores claras uniformes ao longo de várias produções, e problemas de consistência das cores em toda a largura do tecido (ourela, centro, ourela).

2.4.7 COMO VERIFICAR A QUALIDADE DO BRANQUEIO

2.4.7.1 HIDROFILIDADE OU CAPILARIDADE

A hidrofiliidade ou capilaridade, é a capacidade de absorção do artigo. A hidrofiliidade é avaliada (Figura 9) através da colocação de uma gota de corante de azul patente V sobre o tecido, e observar qual o formato que a gota assume. Se a gota se espalhar em formato circular, considera-se que a hidrofiliidade é boa, se a gota tiver uma dispersão irregular, a hidrofiliidade é considerada má [39].



Figura 9 – Procedimento da hidrofiliidade e classificação da qualidade da gota, em que, *Good* – boa e *Bad* – má, hidrofiliidade [39].

A capilaridade pode ser avaliada através da utilização de uma solução de azul de bromotimol ou azul patente V, em que se conta o tempo necessário, durante 120 segundos, para o provete do artigo absorver 1 cm dessa solução (Figura 10) [39].

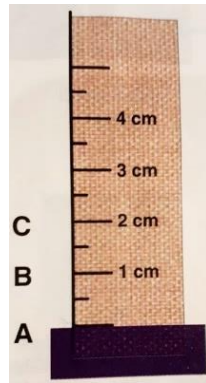


Figura 10 – Técnica de capilaridade, assim que o provete do tecido a testar é mergulhado no corante até ao ponto A, assim que o corante atinge o ponto B, conta-se o tempo que demora a chegar a C, se esse tempo for superior a 120 segundos, indica que a capacidade de absorção é péssima [39].

2.4.7.2 PRESENÇA DE AMIDO

Outro parâmetro importante a ser controlado é a eficiência da descolagem realizada. Para perceber qual a melhor receita química de descolagem a ser aplicada, avalia-se a quantidade de amido através de uma solução de iodo, que se coloca sobre o artigo e compara-se a cor obtida com a escala de violetas TEGEWA (Figura 11), que varia entre 1 (elevada concentração de amido) e 9 (sem amido), e assim, consegue-se adequar a descolagem de acordo com o valor obtido. Para maior precisão, o teste deve ser realizado antes e depois do processo ocorrer [39].

TEGEWA violet scale

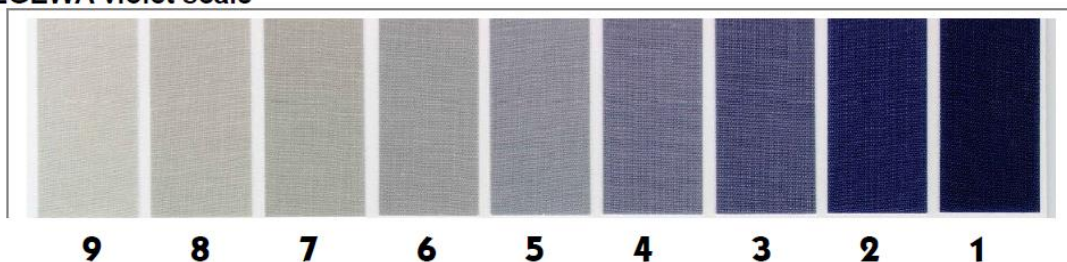


Figura 11 – Escala de violetas TEGEWA [39].

2.4.7.3 PRESENÇA DE PVA

O método de deteção do álcool polivinílico (PVA) é realizado através da reação provocada pelo ácido crómico com a soda cáustica e, sobre a zona do tecido que se quer avaliar. Primeiro, coloca-se uma gota de ácido crómico sobre o tecido e, de seguida, aplicam-se três gotas de soda cáustica a 48° Baumé (Bé). Assim que há reação, observa-se a cor obtida. Se for verde, não há indicações que haja presença de PVA, se for castanho, indica que tem PVA nesse local [32].

2.4.7.4 PRESENÇA DE FERRO

A presença de ferro no tecido tem de ser detetada à entrada e validada ao longo do processo produtivo, pois só assim se consegue controlar o estado das máquinas (se não estão a libertar limalhas para o tecido), controlando-se o estado do tecido em cru, para que, ao se branquear, não se criem danos catalíticos às fibras de celulose [38], [50]–[52].

Para se detetar a presença deste tipo de metais, pode-se recorrer a dois protocolos diferentes, o de tiacenoato de amónio e o de azul de metileno, sendo mais utilizado o primeiro. Este protocolo consiste na adição de uma gota de água destilada, seguido da adição de quatro gotas de ácido clorídrico, e a colocação de, aproximadamente, 0,01 g de tiacenoato de amónio sobre o tecido. Se a coloração obtida for um vermelho escuro, indica presença de ferro em quantidades elevadas, se for uma cor salmão, indica que tem ferro, mas em baixas quantidades [39], [53].

2.4.7.5 PH

O pH que o tecido apresenta, é avaliado com recurso ao aparelho Morapex® A (Figura 12), que num intervalo entre 30 seg – 5 min, consegue extrair 5 ml de uma área de 52 cm² do tecido, a uma temperatura entre 20 e 95°C [54].



Figura 12 – Aparelho da Morapex® A, utilizado para extrair o conteúdo do interior das fibras dos tecidos, para que se consiga posteriormente verificar qual o pH que este apresenta [39], [54].

Assim que a máquina termina a colheita, o tubo de ensaio é recolhido e arrefecido à temperatura ambiente. De seguida, colocam-se cinco gotas de indicador de pH da Merck, e compara-se a cor do líquido obtido com a escala de pH, presente na Figura 13.



Figura 13 – Escala de cores da Merck para avaliação do pH, com o uso do indicador de pH [39].

2.4.7.6 GRAU DE BRANCO E GRAU DE ESCURO

O grau de branco (GB) é obtido através da medição da “cor” do artigo, dobrado as vezes que forem necessárias, através de um espectrofotómetro, na escala de Berger ou de CIELab (Figura 14 e (2)), que são as coordenadas das cores [46], em que o **L** mede a luminosidade da cor. Quanto mais próximo o **L** for de 0, a cor tende para preto, e quanto mais próximo de 100o **L** estiver, a cor tende para branco. No caso do **a**, quando apresenta valor negativo, tende para verde, quando apresenta valor positivo tende para vermelho. No caso do **b**, se positivo, tende para amarelo e, se negativo tende para azul [55].

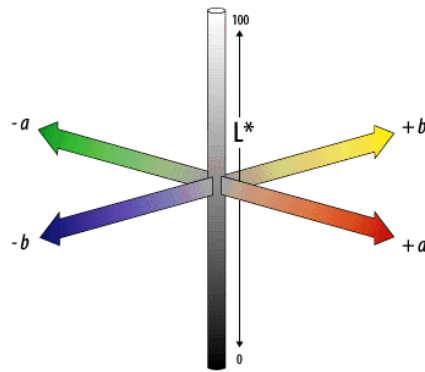


Figura 14 – Coordenadas de cor tridimensionais do gráfico CIE Lab. Adaptado de [55], [56].

A leitura do grau de branco é realizada através das coordenadas do CIE Lab, fornecida pela fórmula (2):

$$\text{GB ou WI} = *L + 3 *a - 3 *b \quad (2)$$

Fórmula de obtenção do grau de branco através das coordenadas CIE Lab, em que, *L, luz, *a, são as coordenadas correspondentes à cor verde e, *b, coordenadas correspondentes à cor amarelo. Adaptado de [45].

O grau de escuro (GE), na Estamparia Adalberto Pinto da Silva, S.A., é a leitura de grau Berger de uma barra estampada, de corante azul marinho, sobre o tecido. Este valor é considerado de GE, e valida o processo de pré-tratamento do tecido.

Este tipo de leituras é realizado através de um espectrofotômetro, como é o caso dos exemplares representados na Figura 15.

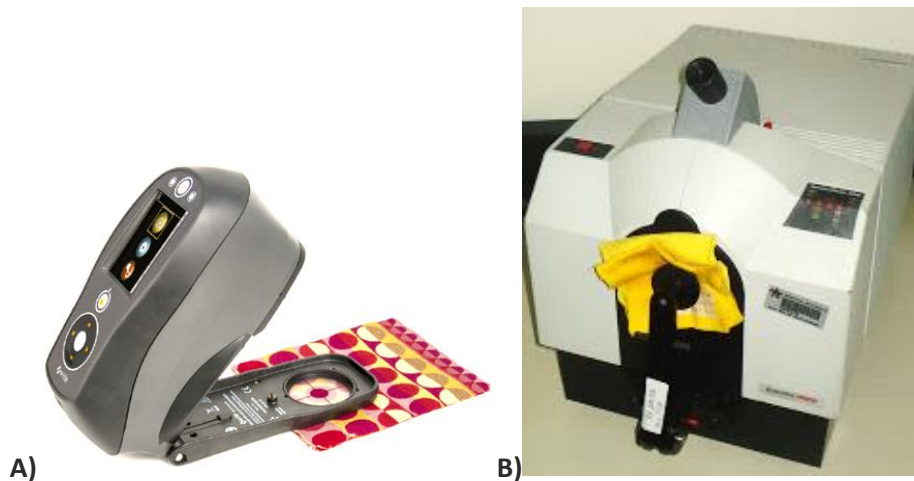


Figura 15 – Exemplares dos espectrofotômetros utilizados para avaliar o GB e GE das amostras de tecido. O aparelho A) é um exemplar portátil da Xrite, e o B) um Datacolor SF 600 Plus tradicional.

2.4.8 MERCERIZAÇÃO

Assim que o branqueio termina, o tecido é seco em estufa, secadeira ou râmola, e se necessário, é mercerizado. O processo de mercerização tem como princípio melhorar as características da fibra de algodão, nomeadamente, o lustro, a afinidade aos corantes e a força/resistência [57].

A mercerização, no caso do algodão, consiste em passar o tecido sob uma tensão definida num banho com soda cáustica a 28° Bé. Desta forma, altera a morfologia da fibra, como se pode observar na Figura 16.

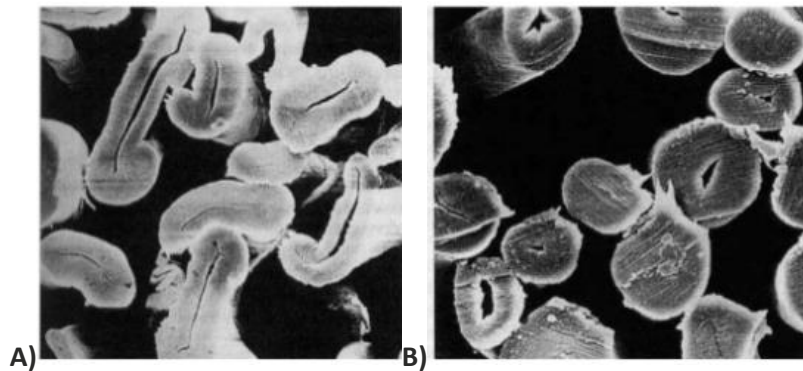


Figura 16 – Corte transversal de uma fibra de algodão sem mercerização (A) e com mercerização (B). Adaptado de [57].

Este processo (Figura 17) permite que a fibra de algodão “inche”, e se obtenham posteriormente, cores mais brilhantes nos processos de tinturaria e estamparia.



Figura 17 – Em A), entrada de uma máquina de mercerização e em B), saída de uma máquina de mercerização. Fotografias recolhidas na Estamparia Adalberto Pinto da Silva.

2.4.9 SECAGEM E TERMOFIXAÇÃO

Os tecidos e malhas, após serem branqueados têm de passar pelo processo de secagem, pois quando saem das máquinas de branqueio, ainda estão molhados. A secagem pode ser realizada em diferentes máquinas, como: rãmolas e estufas. Se for malha ou tela, associa-se uma determinada temperatura, tempo de permanência e tensão no interior da máquina [15]. A secagem também é realizada entre processos de estamparia e tingimento, para garantir que não há contaminações de corantes, que possam provocar manchas ao longo do tecido [15], [48].

A termofixação é utilizada para artigos que tenham elastano na sua constituição, sendo o primeiro processo a ser realizado antes do branqueio [15], [48], com a finalidade de se garantir determinadas características, definidas pelo cliente, no final do processo industrial, como é o caso da largura e do peso/m² do tecido.

2.5 MÉTODOS ESTATÍSTICOS

Para perceber como se comporta um produto alterando as variáveis críticas do processo, a sua influência deve ser analisada através de métodos estatísticos. Estes permitem compreender como as diferentes variáveis intervenientes estão ou não relacionadas, e qual é o efeito da variação numa na(s) outra(s) [58].

Uma variável pode ser definida como um objeto de análise estatístico, que pode ser agrupada em duas subclasses principais: qualitativas e quantitativas. Estas ainda se subdividem de acordo com o que se pode observar no esquema da Figura 18.

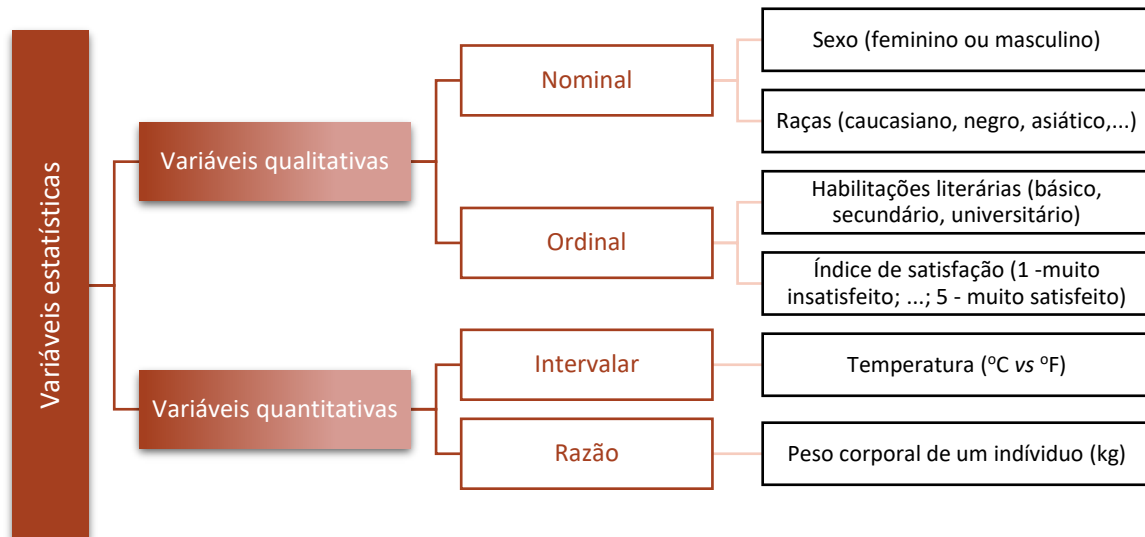


Figura 18 – Caracterização das variáveis estatísticas quanto à sua natureza. Adaptado de Marôco (2011) [58].

Assim que as variáveis são bem caracterizadas, tem que se perceber se estamos a analisar uma amostra ou uma população. A amostra é o objeto de estudo de uma população, dependendo do estudo que se pretende realizar. Se se pretende estudar um conjunto de dados da população portuguesa na totalidade (população teórica), e de alguma característica dessa população portuguesa, deve estudar-se essa característica apenas num conjunto de alguns indivíduos da população (amostra), que se pretende que seja representativo da população.

Caracteriza-se essa amostra através de estatística descritiva, para que depois se possa concluir algo dessa característica para a população. Nesse caso, está-se a fazer inferência estatística [58], [59], como se pode ilustrar pelo esquema da Figura 19.

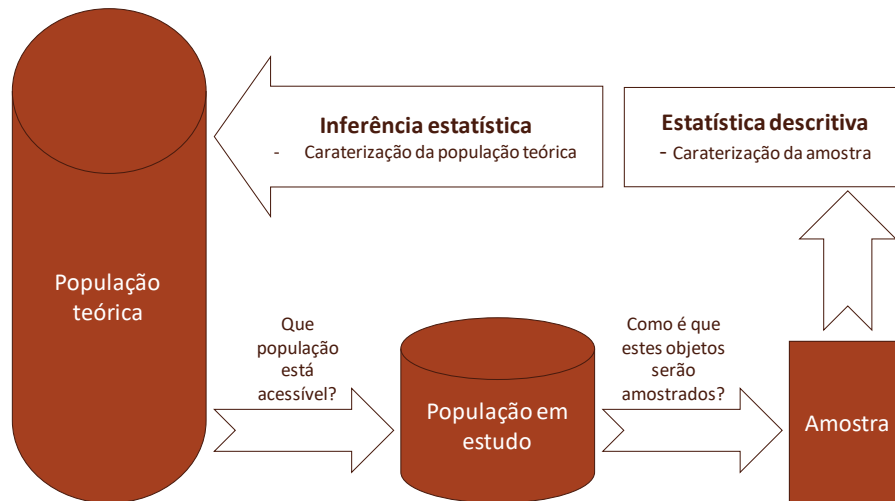


Figura 19 – Processo de caracterização de uma população ou amostra estatística, e das análises que lhe sucedem. Adaptado [58].

Isto só é válido se as amostras são representativas da população em estudo. Duas amostras podem ser independentes ou emparelhadas, no primeiro caso, quando não existe nenhuma relação entre os elementos das amostras, e no segundo caso, quando existe uma relação entre os elementos das amostras [58].

Após construir a amostra do estudo, é necessário caracterizá-la. Para isso, recorre-se à estatística descritiva, que irá caracterizar a tendência das variáveis do estudo, nomeadamente, recorrendo à utilização de diversas medidas descritivas, ilustradas no esquema da Figura 20.

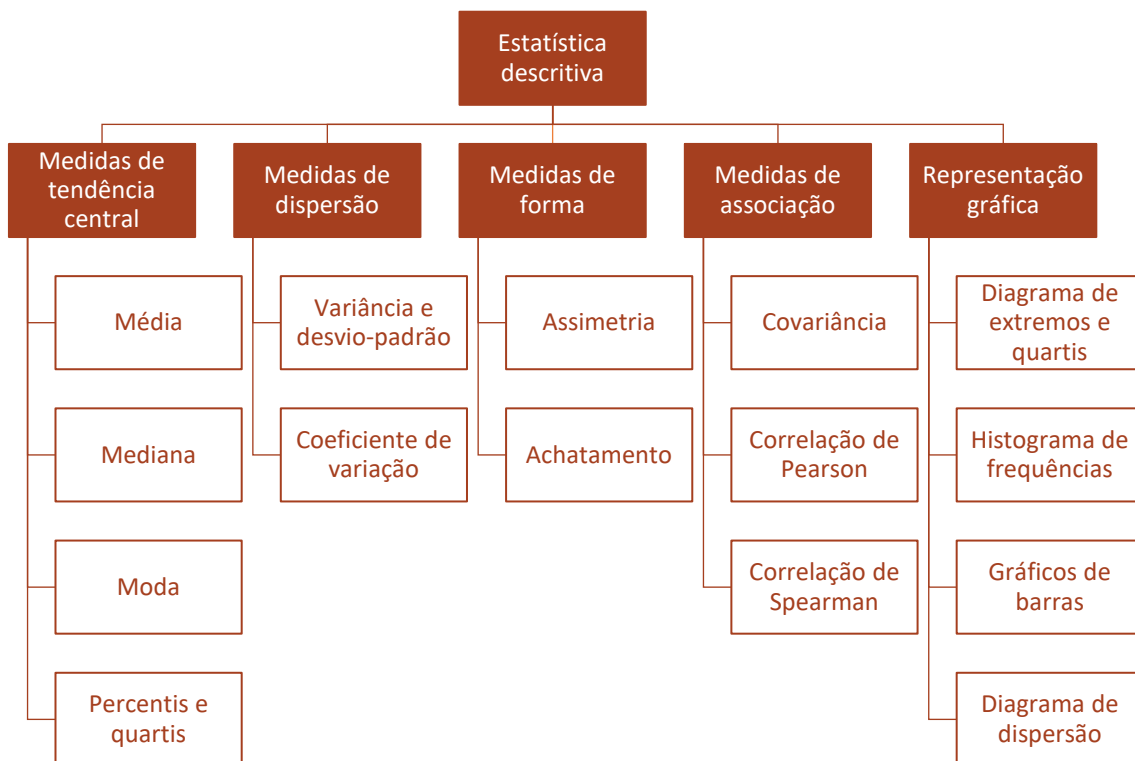


Figura 20 – Medidas descritivas de tendência central, de dispersão, de forma, de associação ou de representação gráfica. Adaptado de (2011) [58].

O processo que sucede à análise da estatística descritiva é a inferência estatística, que se subdivide em teoria de estimação e teoria da decisão. Na teoria de estimação, o objetivo é estimar o valor das variáveis através de estimativas, e na teoria de decisão, o objetivo é basear-se em testes de hipóteses, referentes às variáveis em estudo da população [58]. As técnicas de inferência podem ser sintetizadas no esquema da Figura 21.

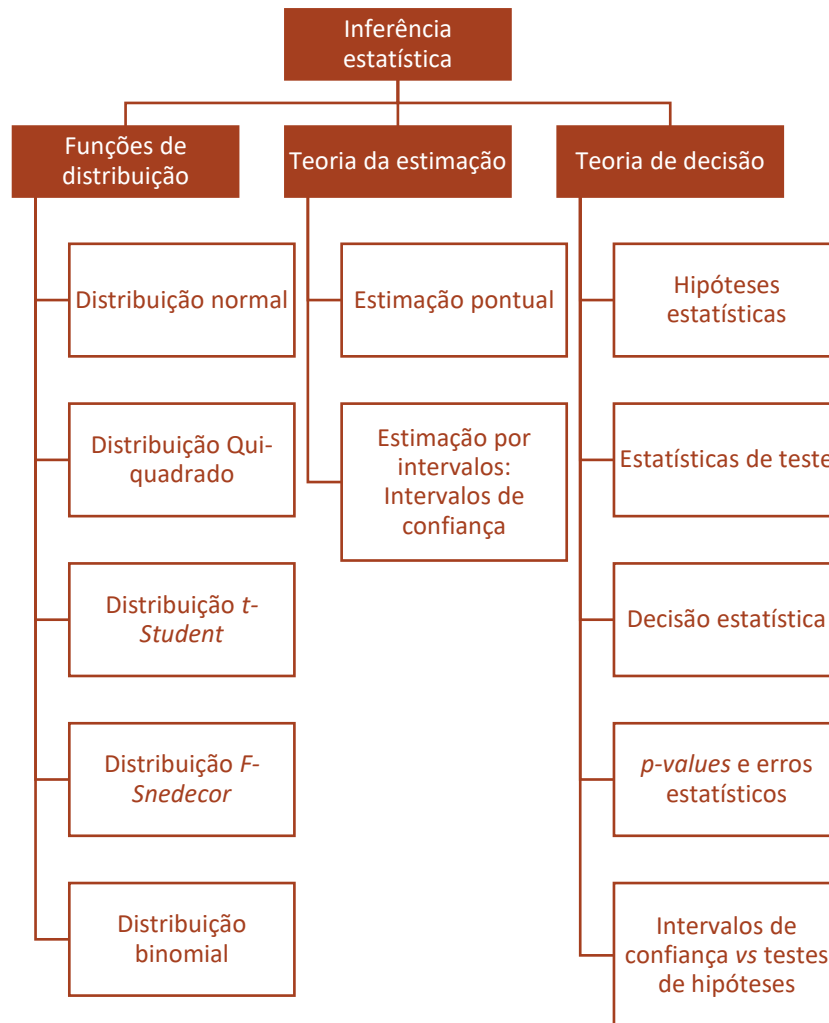


Figura 21 – Caracterização da inferência estatística relativamente ao tipo de funções utilizadas, teoria de estimação e teoria de decisão. Adaptado de (2011) [58].

Com todas estas análises realizadas, consegue-se caracterizar a população e, desta forma, identificar quais as variáveis que influenciam o estudo.

De acordo com Freitas (2016), para se avaliar a variabilidade do processo deve-se recolher diversas amostras em intervalos de tempo iguais, e avaliar a distribuição que os dados seguem. No caso de seguirem uma distribuição normal, os limites de controlo são iguais à média, mais ou menos três desvios padrão (Figura 22), ou seja, se a amostra seguir uma distribuição normal, é possível afirmar que [52], [58]:

- 68,2% da distribuição está compreendida entre a média \pm um desvio padrão;
- 95,4% da distribuição está compreendida entre a média \pm dois desvios padrão;
- 99,7% da distribuição está compreendida entre a média \pm três desvios padrão.

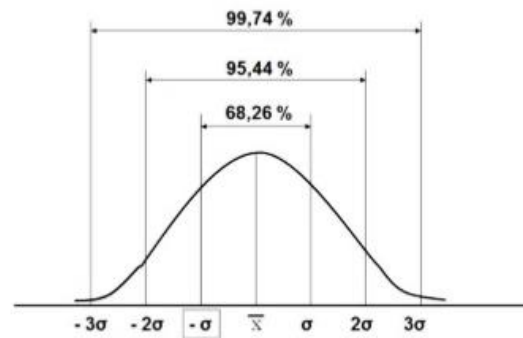


Figura 22 – Representação gráfica da função da distribuição normal, em que σ significa desvio padrão, e \bar{x} , média [52].

Para avaliar a relação de dependência de uma variável (dependente) com as restantes (independentes), podem usar-se, por exemplo métodos de previsão, como a regressão linear múltipla, que permite estimar os valores da variável dependente para um determinado conjunto de dados, ou estimar os valores das variáveis independentes [52], [58].

A regressão linear é, então, uma equação utilizada para se estimar o valor esperado de uma variável (independente), dados os valores de outras variáveis (dependentes). Os modelos de regressão linear são frequentemente ajustados, usando o método dos mínimos quadrados, que permite determinar o modelo linear que melhor se ajusta ao conjunto de dados, com os menores erros ou resíduos associados [58]–[60].

Para se estimar o valor esperado da variável resposta, usa-se uma equação do tipo (3):

$$Y_j = \beta_0 + \beta_1(x_{1j}) + \beta_2(x_{2j}) + \varepsilon_j \quad (j = 1, \dots, n) \quad (3)$$

Onde:

- Y é a variável explicada (dependente) e é o valor que se pretende estimar;
- β_0 é uma constante (que no caso univariado, representa a intercetação da reta com o eixo vertical, isto é, a ordenada na origem, quando o $x_{ij} = 0$; $i=1$);
- β é um vetor de constantes (ou uma constante, no caso univariado, que representa o declive ou coeficiente angular da reta);
- x_j é a variável explicativa (independente), representa o fator explicativo na equação;
- ε_j a variável que inclui todos os fatores residuais, mais os possíveis erros de medição e o seu comportamento é aleatório (dependendo da variação natural de Y) [58], [59], [61], [62].

Para que o modelo de regressão possa ser aplicado, os erros devem satisfazer alguns pressupostos, nomeadamente: serem variáveis com distribuições normais; terem a mesma variância e média nula; devem ser independentes e independentes das variáveis explicativas x_i [58], [59], [62].

DESENVOLVIMENTO

- 3.1 Caracterização do processo produtivo
 - 3.2 Ensaio em laboratório
 - 3.3 Caracterização das matérias-primas
- 3.4 Caracterização dos registos obtidos através do processo de descolagem e branqueio por *pad-steam* na mesma máquina.
 - 3.5 Materiais e métodos
 - 3.5.1 Avaliação do grau de branco
 - 3.5.2 Avaliação do pH do tecido
 - 3.5.3 Presença de amido
 - 3.5.4 Detecção do PVA
 - 3.5.5 Detecção de ferro
 - 3.5.6 Avaliação da absorção do tecido
 - 3.5.7 Avaliação do rendimento de cor
 - 3.5.8 Caraterização dos produtos químicos
 - 3.6 Identificação das variáveis críticas
 - 3.7 Ensaio em produção
 - 3.7.1 Receitas químicas
 - 3.7.2 Condições utilizadas
- 4.1 Máquina de contínuo *pad-steam*

3 DESENVOLVIMENTO

O processo de preparação e branqueio de uma tela, baseia-se em transformar a cor amarela do tecido em branca, sem danificar as fibras do algodão, e mantendo as ótimas propriedades do tecido.

3.1 CARATERIZAÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO

Como se pode observar pelo esquema da Figura 23, o processo inicia-se com a preparação da carga para os cavaletes, depois, se for necessário, a tela é gasada, para remover pêlos na superfície do tecido, e impregnada no banho de descolagem. Esse banho é maturado no cavalete em rotação, à temperatura ambiente, durante um intervalo de tempo definido. Logo que termina esse tempo, a tela entra na máquina de *pad-steam* em cavalete, onde nos primeiros compartimentos o artigo é lavado e impregnado no NIP com o banho de branqueio, passa para o vaporizador, e volta a ser lavado nos últimos compartimentos, sendo enrolado novamente para cavaletes no final.

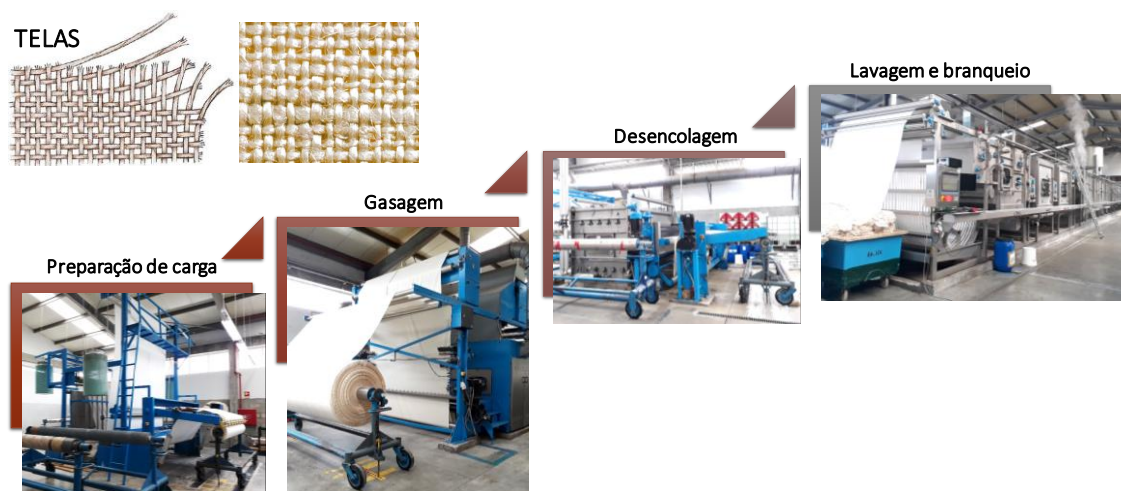


Figura 23 – Processo fabril da preparação de uma tela. Fotografias obtidas na Estamparia Têxtil Adalberto Pinto da Silva, S.A.

Assim que a carga é preparada de acordo com as preferências da ordem de fabrico, a tela é gasada, se necessário, e descolada, através da impregnação da receita química desejada. Para que o efeito seja mais eficaz, a tela vai maturar em cavalete, em constante rotação durante um intervalo de tempo previamente definido, à temperatura ambiente. Quando esse tempo termina, o artigo entra na máquina de *pad-steam* em cavalete, sendo lavado nos três primeiros compartimentos, é impregnado no NIP e vaporizado de seguida, voltando a ser lavado e neutralizado nos últimos quatro compartimentos.

No caso das malhas, a forma como o artigo vem em cru decide qual o processo de preparação de carga que o procede. Se vem em malha fechada, segue para uma máquina, se vem em malha aberta, segue para outra máquina, como se pode verificar pela Figura 24. A preparação de carga das malhas é, então, feita de duas formas (Figura 24): se a malha vem fechada, tem de se coser peça a peça e abri-la pela falha de agulha (zona que delimita o meio da malha, por onde se deve cortar) numa máquina, para construir a carga; se a malha vem em aberto, apenas necessita de ser cosida peça a peça, para criar a carga associada à encomenda. Assim que preparada, a malha entra em carro na máquina de *pad-steam*, onde nos primeiros

compartimentos o artigo é lavado, o banho de branqueio é impregnado no NIP, segue para o vaporizador e volta a ser lavada nos últimos compartimentos, saindo em carro.

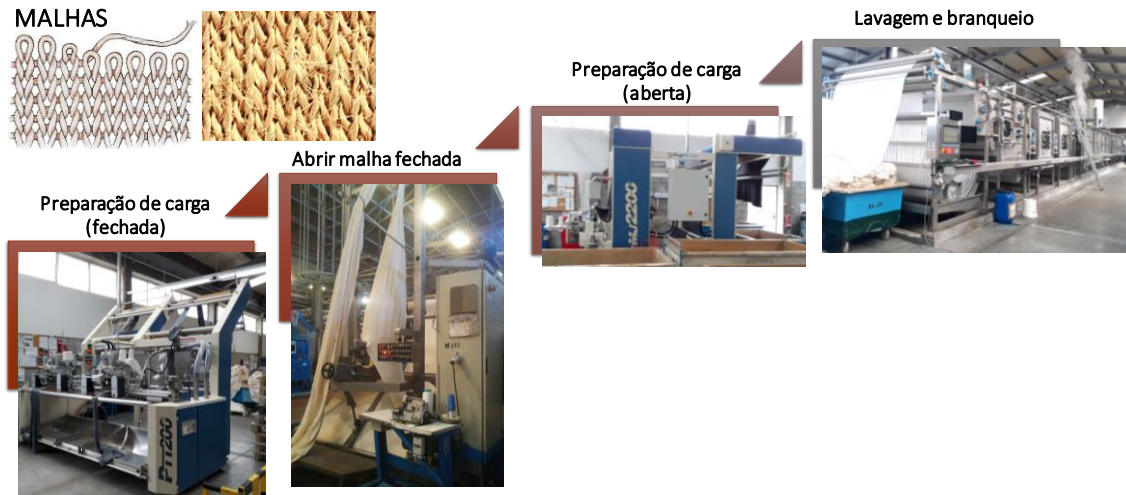


Figura 24 – Processo fabril da preparação de uma malha, na Estamparia Têxtil Adalberto Pinto da Silva, S.A..

Para as diferentes variáveis que intervêm no processo de transformação de um artigo cru em branco, foi realizado um diagrama *Ishikawa* (Causa-Efeito) para as agrupar em quatro grandes grupos: propriedades do artigo, máquina, descolagem e desmineralização e branqueio, como se observar pelo esquema da Figura 25.

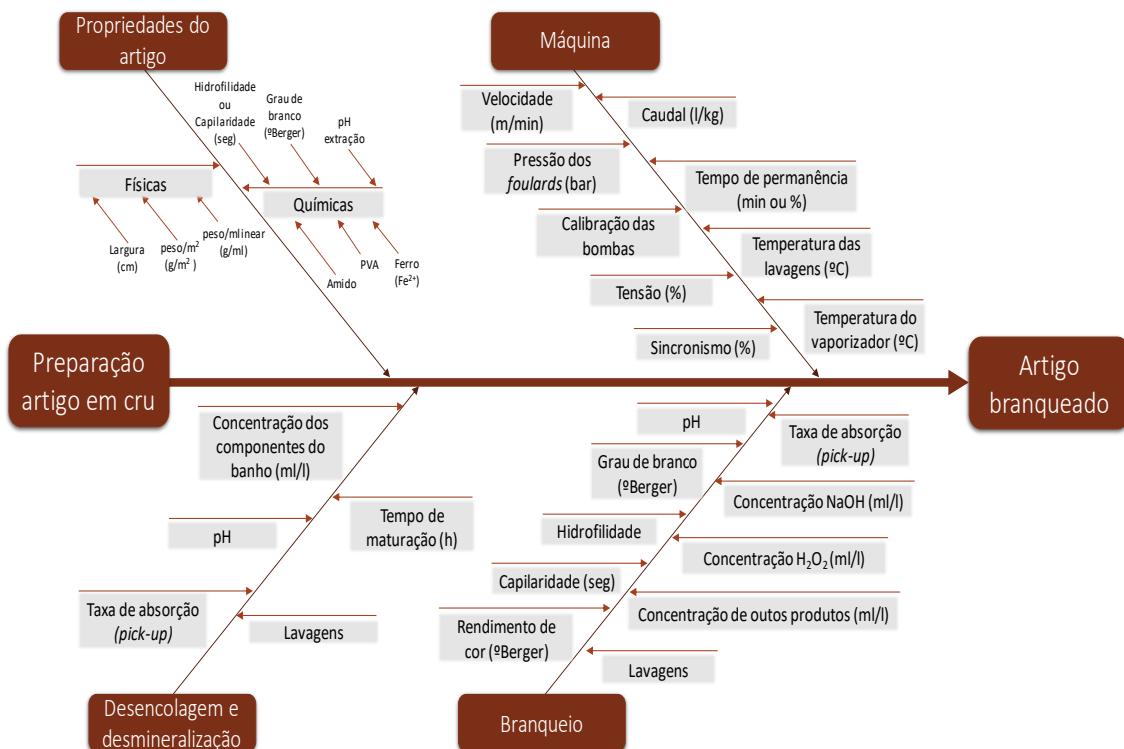


Figura 25 – Diagrama *Ishikawa* para as diferentes variáveis avaliadas em cada fase do processo de preparação dos artigos (telas e malhas).

Com esta caracterização dos processos e identificação das variáveis críticas, passaram-se para os ensaios em laboratório, para tentar minimizar os custos associados aos ensaios realizados em produção, e criar-se um protocolo de simulação do processo de branqueio em laboratório.

3.2 ENSAIOS EM LABORATÓRIO

Inicialmente, tentaram-se replicar os resultados obtidos na produção em laboratório, através do uso de um robô de cozinha, ilustrado na Figura 26, para se perceber qual o melhor caminho a tomar para criar um protocolo laboratorial que minimizasse a intrusão na produção industrial, com os custos inerentes.



Figura 26 – Exemplo do tipo de robô de cozinha da Bimby, modelo TM 31, utilizado para simular o processo de branqueio por *pad-steam*, sendo, o branqueio e descolagem desenvolvido na parte inferior, e o vaporizador, na parte superior. As lavagens dos tecidos foram realizadas em água corrente da torneira.

Devido à complexidade do processo de *pad-steam* e, uma vez que, os resultados não eram semelhantes aos obtidos na produção, e ainda porque o *scale-up* posterior seria dificultado pela quantidade de tecido que se consegue aplicar no cesto do robô de cozinha, esta não seria a melhor forma de recriar o processo de branqueio por *pad-steam*.

Outro problema que se verificou, foi o facto de não se conseguir aplicar tensão no artigo, como acontece na máquina. Assim, esta possibilidade foi abandonada.

3.3 CARATERIZAÇÃO DAS MATÉRIAS-PRIMAS

Uma vez que as telas de origem 100% algodão (CO) estavam com maiores diferenças de uniformidade entre diferentes lotes de produção do mesmo tipo de tela e do mesmo fornecedor, foi realizada uma análise mais pormenorizada para as telas, especialmente para as telas moda finas, pois os rendimentos de cor obtidos em diferentes lotes de produção não eram uniformes.

Para tal, analisaram-se cinco tipos de telas, nomeadamente, os tipos da casa: 642, 901, 906, 1070, 1538, caracterizados quanto ao tipo de fios, densidade, NE, peso, largura e fornecedor na Tabela 6.

Tabela 6 – Características das telas 100% CO, dos tipos da casa, relativamente ao tipo de fios, densidade, Ne, peso/m² (g/m²), largura (cm) e fornecedor.

Tipo de artigo	Tipo de fios	Densidade (nº fios por 1 in/2,5 cm)	Ne	Peso/m ²	Largura cru (cm)	Fornecedor
642	Penteados	118x76	40x40	125	160	TOOTAL
901	Cardados e <i>open-end</i>	60x45	20x16	146	213	URENTEL
906	Penteados	144x80	50x50	115	160	TOOTAL
1070	<i>Open-end</i> e convencional	48x35	16x5	252	167	URENTEL
1538	Penteados	136x122	60x60	110	162	CHEMITEX

3.4 CARACTERIZAÇÃO DOS REGISTOS OBTIDOS ATRAVÉS DO PROCESSO DE DESENCOLAGEM E BRANQUEIO POR *PAD-STEAM* NA MESMA MÁQUINA.

O processo inicial de tratamento de uma tela em cru era realizado na mesma máquina (*pad-steam*), mas a inconsistência de resultados levou a alterar-se o processo produtivo para as telas 100% CO, pois segundo a bibliografia e os especialistas têxteis contactados, ao se fazer a descolagem por apenas 3 min, não era o suficiente para remover os ecolantes presentes no fio de algodão.

3.5 MATERIAIS E MÉTODOS

Foram realizadas análises para se conseguir quantificar os diferentes parâmetros relevantes, com vista a classificar o branqueio de um tecido ou de uma malha.

Assim que o artigo é branqueado, é colocado a secar nas condutas de vapor da máquina de *pad-steam*, e assim que fica seco, são realizados os diferentes testes para validar os diferentes parâmetros em análise: grau de branco (GB), pH extração, absorção (hidrofilidade ou capilaridade), grau de escuro (GE), amido e ferro (se for necessário).

3.5.1 AVALIAÇÃO DO GRAU DE BRANCO

Um dos parâmetros que foi validado para este trabalho foi o grau de branco (GB) à saída da máquina de *pad-steam*. A sua avaliação é realizada após a amostra estar branqueada e ser seca ao ar. Para a sua leitura, dobra-se a amostra em quatro, ou as vezes que forem necessárias até que não haja interferência de luz para contaminar a leitura do branco obtido após o processo de branqueio, coloca-se no sentido da teia (comprimento) sobre a zona de leitura, e faz-se a leitura do GB (Figura 27).



Figura 27 – Espectrofotômetro colorímetro Datacolor SF 600 Plus utilizado para ler o grau de branco (Berger) no comprimento de onda compreendido entre 360 - 700 nm.

3.5.2 AVALIAÇÃO DO PH DO TECIDO

O pH que o tecido apresenta é mais uma das características que se controla, pois afeta os corantes que lhe são aplicados durante o tingimento ou estamparia, uma vez que os corantes são afetados pelo pH da superfície e do interior do tecido. Uma das formas que se tem para avaliar o pH de todas as camadas da estrutura de tecido é através da utilização da máquina Morapex[®] A, que realiza uma extração de 5 ml de matéria contida no tecido, numa área circular de 52 cm² da amostra. Essa extração é feita com o uso de água destilada, para que não haja mais interferências na análise, como se pode verificar pela Figura 28.

O protocolo de detecção do pH inicia-se com a recolha da amostra e a sua colocação sobre o dispositivo circular, como se pode observar pelo tecido azul na Figura 28 1), e inicia-se o programa da máquina. De seguida, Figura 28 2), colocam-se cinco gotas de indicador de pH num tubo de ensaio vazio. Assim que a máquina termina o processo, recolhem-se 5 ml do volume obtido, e vertem-se sobre o indicador, agita-se um pouco o tubo de forma a uniformizar a mistura, e valida-se a cor obtida com a escala de cores da Merck, para registar o valor de pH obtido.

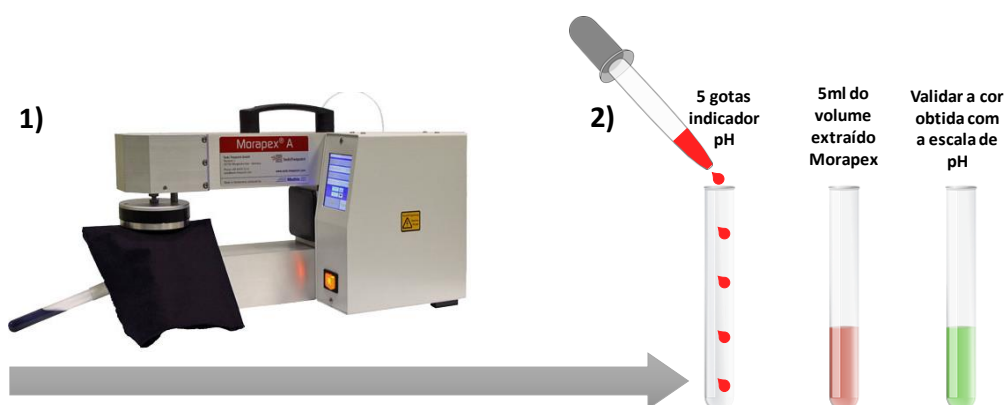


Figura 28 – Máquina Morapex[®] A para avaliar o pH que o tecido contém (1). Protocolo de detecção do pH por extração (2).

O processo de identificação do valor de pH traduz-se na colocação de cinco gotas do indicador de pH sobre um tubo de ensaio vazio, seguido com 5 ml do volume extraído pelo Morapex[®] A

da amostra. Depois, compara-se o resultado obtido com a escala de cores da Merck (Figura 13).

3.5.3 PRESENÇA DE AMIDO

Outro parâmetro controlado é a existência de amido no final do branqueio, para validar se a descolagem dos ecolantes adicionados no processo de tecelagem para conferir resistência ao fio, se mantiveram ou se foram removidos. Como o amido é o mais utilizado, recorre-se ao uso de amílases para a sua remoção. Para determinar o grau de descolagem, utiliza-se uma gota de solução de iodo a 0,1% sobre o tecido (Figura 29), espera-se 5 min, e compara-se a coloração obtida da reação com a escala de violetas - TEGEWA.

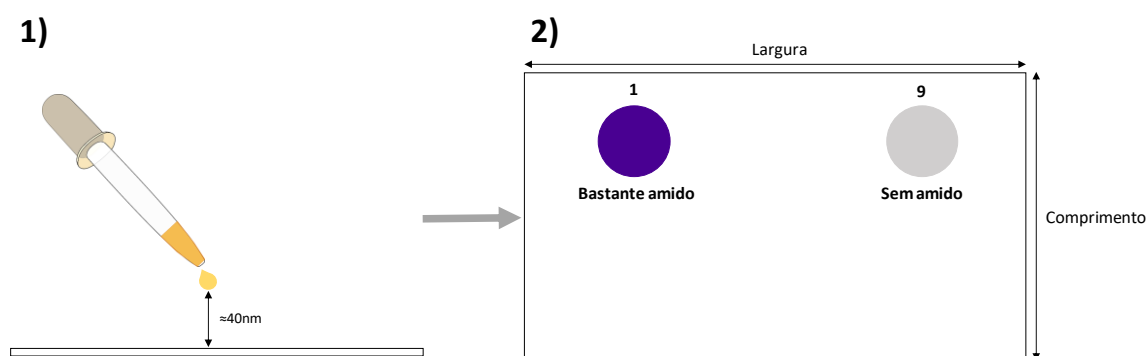


Figura 29 – Processo de avaliação do amido 1) através da utilização de uma gota de solução de iodo a 0,1% e 2) escala de violetas TEGEWA para validar a presença de amido e a eficiência da descolagem.

Para completar a avaliação, o artigo não deverá apresentar amido no final do processo de branqueio. Deverá apresentar um valor da escala entre 7 – 9 (Figura 11 **Erro! A origem da referência não foi encontrada.**). Caso isso não aconteça, deve ser reprocessado.

3.5.4 DETEÇÃO DO PVA

Para a detecção do PVA, é aplicado sobre o tecido uma gota de ácido crômico e 3 gotas de NaOH 48° Bé, e é observada qual a coloração obtida: se é verde, não existe PVA no tecido, se é castanha, existe PVA naquela zona do tecido.

3.5.5 DETEÇÃO DE FERRO

A detecção de ferro no tecido é caracterizada pelo reagente de tiacenato de amónio (NH_4SCN) (Figura 30). A presença de metais na fibra, em contacto com o peróxido de hidrogénio (H_2O_2) provoca danos catalíticos, originando buracos no tecido [32], [38], [39].



Figura 30 – Reação da presença de ferro após aplicação do procedimento anterior. Adaptado de [32], [39].

A sua presença é detetada inicialmente pela reação entre o ácido clorídrico e o tiacenato de amónio. O procedimento inicia-se com a adição de uma gota de água destilada, seguida de quatro gotas de ácido clorídrico, e por fim, adiciona-se cerca de 0,05 g de tiacenato de amónio, homogeneizando sempre com o auxílio de uma vareta de vidro. Assim que a reação se der, a presença de ferro apresenta cor vermelha escura. Se tiver pouco ferro, fica cor salmão.

3.5.6 AVALIAÇÃO DA ABSORÇÃO DO TECIDO

A absorção que um tecido apresenta, pode ser analisada de duas formas: através do teste da gota, para avaliar a hidrofiliabilidade, ou do teste de capilaridade.

Para o teste de hidrofiliabilidade, é necessário usar uma solução de 0,2% (0,2 g/L) de azul patente V. O procedimento compreende a deposição de uma gota de solução sobre uma altura aproximada de 4 cm sobre o tecido (tela ou malha), e observa-se o formato que a gota apresenta, como se pode observar pela Figura 31.

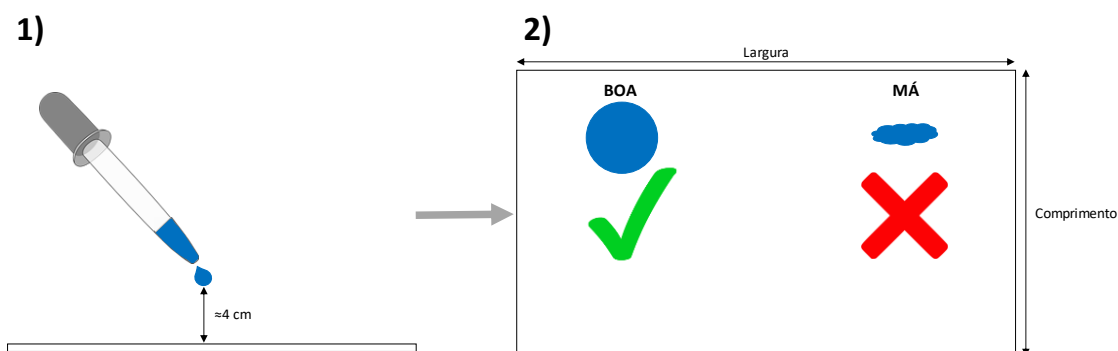


Figura 31 – Representação esquemática do procedimento de Hidrofiliabilidade. Em 1), após deixar cair uma gota da solução de azul patente V sobre o tecido (tela ou malha) seco, em 2), verifica-se se a dispersão da gota é uniforme (círculo) ou não, se for circular e rápida, considera-se que o tecido tem uma hidrofiliabilidade boa, se for irregular ou muito lenta, considera-se que é má.

No caso de se avaliar a absorção através da técnica de capilaridade, apresentada pela Figura 32, após a recolha e marcação do provete da amostra do tecido (tela ou malha), verte-se sobre um gobelet alto de 250 ml, 50 ml de solução de 0,2 g/l azul patente V, mergulha-se o provete até atingir a marca A, e espera-se que a solução atinja a marca B. Depois, conta-se o tempo que demora a atingir o ponto C, e esse valor é o que se regista como valor de capilaridade. Se esse valor for superior a 120 seg, indica que a capacidade de absorção do tecido é péssima.

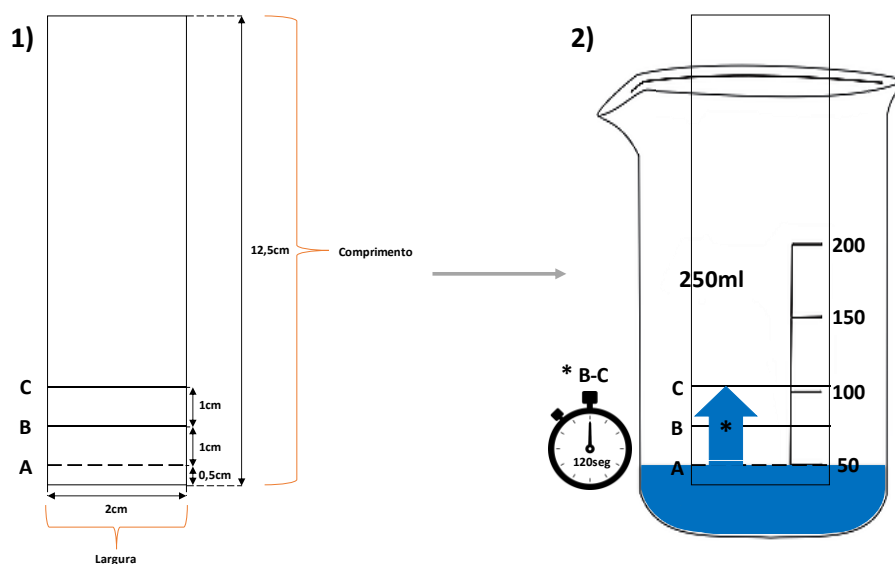


Figura 32 – Procedimento de avaliação da capilaridade de um artigo. Em 1), é marcado o esquema acima, para que se recorte da amostra de tecido (tela ou malha) e posteriormente é 2) mergulhado sobre uma solução de 0,2% de azul patente V, de forma a que a zona A fique submersa. Assim que o provete fique molhado na zona B, começa-se a contar quanto tempo (segundos) demorou até atingir o ponto C, e esse é o tempo que se regista entre 0-120 seg. Os valores de absorção da solução compreendidos entre 30-60 seg são considerados bons para estampar e tingir.

3.5.7 AVALIAÇÃO DO RENDIMENTO DE COR

O grau de escuro, ou rendimento de cor, é avaliado através da medição do grau Berger médio do valor lido pelo espectrofotómetro, num comprimento de onda compreendido entre 360 - 700 nm, obtido através da leitura das barras estampadas a quadro, com a pasta azul-marinho (424) e com a concentração de 50 g/L (Figura 33).

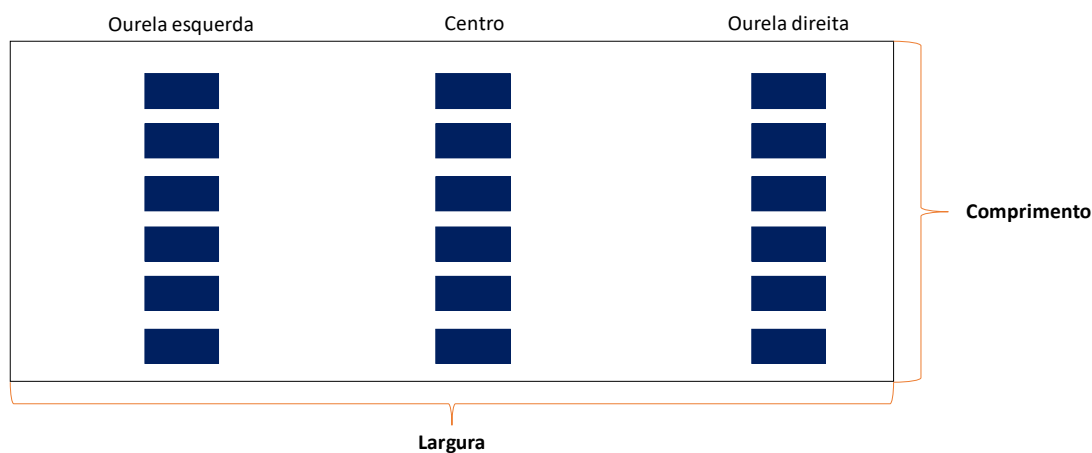


Figura 33 – Esquema representativo da forma como as amostras são identificadas e estampadas a quadro, para validar o rendimento de cor do tecido.

Na Estamparia Têxtil Adalberto Pinto da Silva, S.A., as amostras são estampadas a quadro, secas numa estufa a 150°C, vaporizadas a 102°C durante 10 min, lavadas em água a 100°C e secas numa estufa a 150°C, até ficarem sem humidade. A sua leitura é realizada com a amostra dobrada em dois, para que não haja interferência do fundo e da tridimensionalidade do tecido, na leitura com o espectrofotómetro colorimétrico portátil (Figura 15, A).

3.5.8 CARACTERIZAÇÃO DOS PRODUTOS QUÍMICOS

Para que um tecido em cru seja branqueado, além do processo mecânico que lhe é associado, também a receita química que lhe é aplicada é bastante importante. Assim, garante-se que se obtenham os melhores resultados, e que se consigam reproduzir posteriormente.

As características de cada produto, o preço e a forma como se possam interligar diferentes produtos de fornecedores distintos, tornam estas receitas muito importantes para a produção e reprodutibilidade de resultados a outras origens de tecido (viscoses, lãs, sedas, etc).

Os produtos que foram utilizados nos diferentes ensaios, encontram-se caracterizados na Tabela 7 de acordo com o seu nome, fornecedor, especificações e preço (€/kg).

Tabela 7 – Caracterização dos diferentes produtos utilizados nos ensaios em estudo, quanto ao seu nome, fornecedor, especificações e preço.

Nome do produto	Fornecedor	Especificações	Preço (€/kg)
FELOSAN Fox	CHT	Detergente que ajuda na limpeza do artigo.	2,54
H ₂ O ₂ 50%	Ângelo Coimbra & CA, S.A.	Água oxigenada 50%.	0,34
NaOH 48°Bé	Quimitécnica	Soda cáustica 50%.	0,23
Ácido cítrico 35%	Quimitécnica	Neutralizar o banho alcalino.	0,47
AVCO-BLANC AB-LF	AVCO Chemicals	Agente molhante.	4,10
AVCOZIM POR	AVCO Chemicals	α - Amílase.	2,45
AVCOTEX CAN	AVCO Chemicals	Agente molhante e desarejante.	
POLIQUEST 1096E	AVCO Chemicals	Agente sequestrante.	1,50
BEISOL T2090	CHT	Amílase.	1,08
BEIXON Q	CHT	Agente sequestrante e dispersante.	1,85
SUBITOL	CHT	Agente molhante	
BIOLUZE MAX	AVCO Chemicals	Agente emulsionante.	3,10
CERRIOSTAR RN	Farbotex Fast Solutions, SpA	Agente estabilizador do peróxido e sequestrante de metais.	1,45
AVCO-BIOLUZE KCB	AVCO Chemicals	Agente molhante.	2,80
AVCO-STABILIZER HSF	AVCO Chemicals	Estabilizador do peróxido de hidrogénio, sem silicatos.	1,40
AVCO-TRYL FCE	AVCO Chemicals	Agente complexante e dispersante.	-
CONTAVAN CIL	CHT	Estabilizador do peróxido.	1,34
NEUTRACID NCS	CHT	Agente neutralizante dos processos alcalinos.	1,73
CALGON T	Quiterma – Indústria Química, S.A.	Complexante e sequestrante.	2,57
QUITEST HSF	Quiterma – Indústria Química, S.A.	Agente dispersante.	0,78

3.6 IDENTIFICAÇÃO DAS VARIÁVEIS CRÍTICAS

Após reunir quais as principais variáveis que afetavam o processo de preparação de um artigo em branqueado, identificaram-se quais as variáveis que mais influenciavam o processo de branqueio (Figura 34).

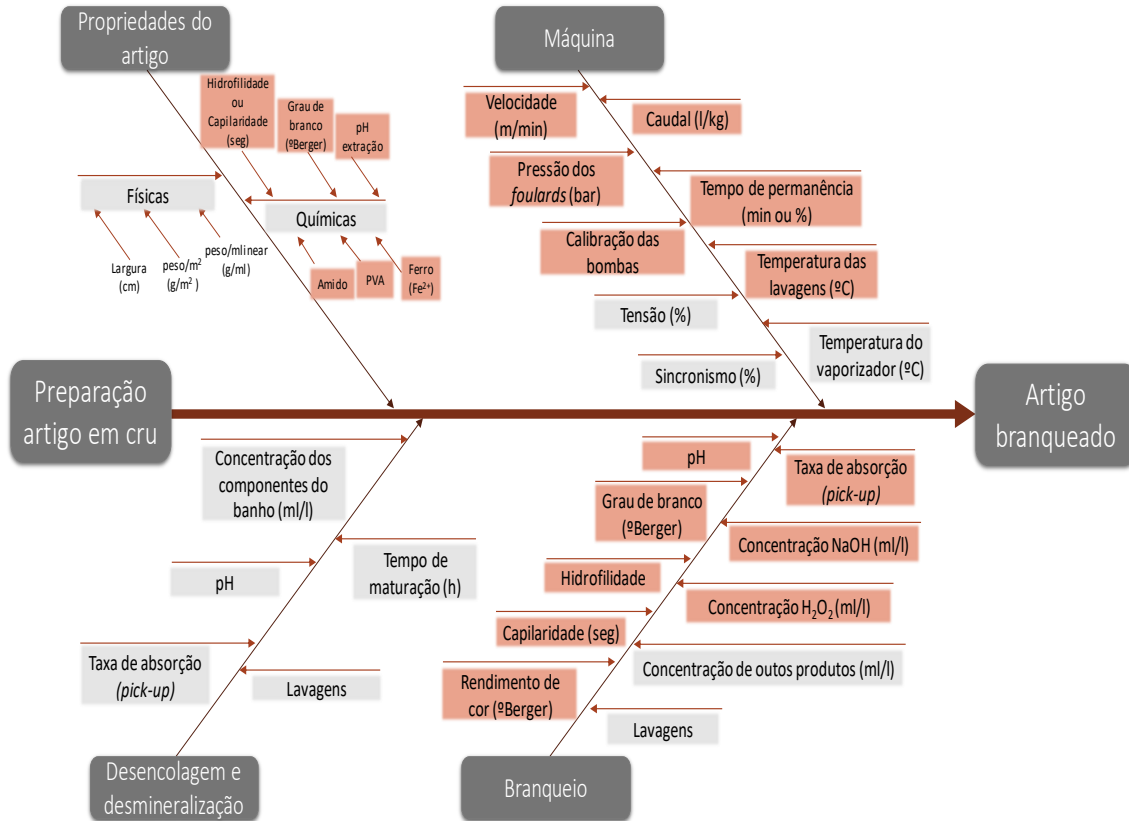


Figura 34 – Diagrama *Ishikawa* para as diferentes variáveis avaliadas em cada fase do processo de branqueio. A vermelho estão delimitadas as que são potenciais causas de variabilidade no processo de branqueio, e que afetam o rendimento colorístico.

3.7 ENSAIOS EM PRODUÇÃO

Uma vez que não se conseguiram reproduzir os ensaios em laboratório, então, com a ajuda de especialistas, criaram-se novas receitas para aplicar no novo processo de preparação das telas 100% CO.

3.7.1 RECEITAS QUÍMICAS

No início do estágio, realizava-se o processo de descolagem e branqueio na máquina de *pad-steam*. Nos ensaios 1 e 2, a descolagem foi desenvolvida por *pad-batch*, seguidas de lavagem e branqueio por *pad-steam*.

As receitas químicas que foram utilizadas para as telas finas 100% CO encontram-se representadas na Tabela 8.

Tabela 8 – Receitas químicas utilizadas antes e nos ensaios 1 e 2 realizados em produção, com a alteração do processo, em que, Des., significa descolagem, Branq., significa branqueio, e Proc., Processo.

Nome do produto	Antes	Proc. máquina	Ensaio 1	Proc. máquina	Ensaio 2	Proc. máquina
FELOSAN FOX	2 ml/l		4 ml/l		-	
BEISOL T2090	4 ml/l		5 ml/l		-	
AVCOZIM POR	-		-		4 g/l	
BEIXON Q	3 ml/l		3 ml/l	Des. <i>Pad-batch</i>	-	Des. <i>Pad-batch</i>
SUBITOL	-		1,5 ml/l		-	
AVCOTEX CAN	-		-		2 g/l	
POLIQUEST 1096E	-		-		5 g/l	
BIOLUZE MAX	-	Des. e Branq. <i>Pad-steam</i>	-		5 g/l	
BIOLUZE MAX	-		-		2,5 ml/l	
AVCOBLANC AB-LF	-		-		15 ml/l	
AVCO-STABILIZER HSF	-		-		15 ml/l	
AVCOTRYL FCE	-		-	Lav. e branq. <i>Pad-steam</i>	5 ml/l	Lav. e branq. <i>Pad-steam</i>
FELOSAN FOX	-		1 ml/l		-	
CONTAVAN CIL	15 ml/l		30 ml/l		-	
CERRIOSTAR RN	25 ml/l		-		-	
H ₂ O ₂ 50%	140 ml/l		95 ml/l		130 ml/l	
NaOH 48°Bé	40 ml/l		30 ml/l		40 ml/l	

3.7.2 CONDIÇÕES UTILIZADAS

A descolagem das telas de algodão foi utilizada na máquina em contínuo de *pad-batch* com a receita facultada por cada fornecedor. A velocidade utilizada foi de 100 m/min, e todos os artigos foram maturados por 6 horas à temperatura ambiente, para garantir que a descolagem fosse eficaz.

Na máquina de *pad-steam* da *Erbatech*, a velocidade utilizada nos diferentes ensaios foi de 50 m/min, a tensão foi de 50%, a sincronização de 5% e a pressão do NIP de 2,3 bar

As pressões utilizadas foram constantes ao longo dos ensaios realizados com receitas químicas de fornecedores diferentes, as temperaturas dos diferentes compartimentos e o caudal de água foram os mesmos, para perceber a influência do novo processo e da receita química utilizada. Para que se obtivesse a mesma dispersão do banho de branqueio, utilizou-se um *pick-up* de 30%. Os restantes parâmetros definidos, encontram-se na Tabela 9.

Tabela 9 – Caracterização do processo de lavagem e branqueio por *Pad-steam*, comum aos ensaios 1 e 2 realizados.

	VG1	VTR1	VTR2	NIP	Vaporizador	VG2	VTR3	VTR4	VTR5
Caudal (l/h)	6,0	-	-	-	-	-	5,0		4,0
Temperaturas (°C)	80	80	60	RT	102	90	80	70	60
Tempo de permanência (min)	3	-	-	-	10	3	-	-	-
Pressão <i>foulard</i> (bar)	3,5	3,5	5,5	2,3	3,5	3,5	3,3	3,5	5 - 6

Todos estes parâmetros conseguem controlar-se em tempo real no computador da máquina, como se pode observar pela Figura 35.

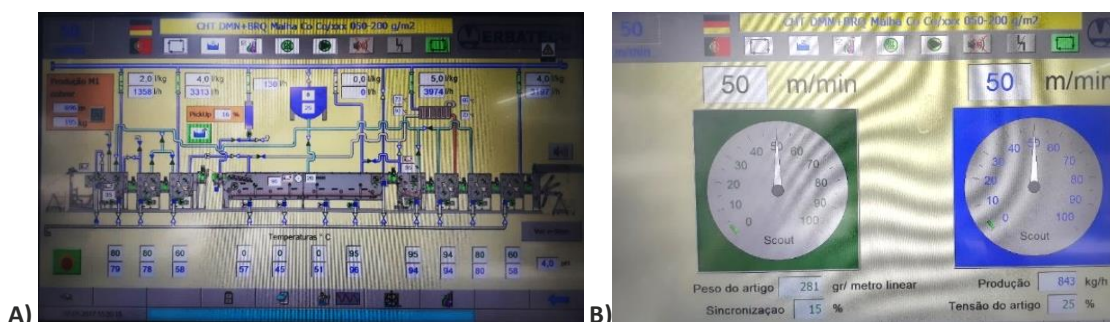


Figura 35 – *Display* do programa do computador para o controlo dos parâmetros da máquina (A), caudal (l/h), temperatura (°C), tempo de permanência (min), pressão dos *foulards* (bar), *pick-up* (%), em (B), velocidade (m/ min), peso do artigo (g/metro linear), sincronização (%) e tensão do artigo (%).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 PARTE I – DADOS PRODUÇÃO DO ANO DE 2017

5.2 PARTE II – ENSAIO 1

5.3 PARTE III – ENSAIO 2

6.1 Grau de escuro e rendimento colorístico

6.2 Condições mecânicas (*pad-steam*)

6.3 Síntese dos resultados

6.4 Resultados de produção com a implementação da nova receita química

6.5 Indicadores da melhoria

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para sintetizar a forma de apresentação dos resultados, inicia-se com a caracterização da máquina de *pad-steam*, segue-se a análise estatística dos resultados de 2017 e dos dois ensaios que foram realizados com o novo processo e diferentes receitas químicas, terminando este capítulo com uma discussão dos resultados.

4.1 MÁQUINA DE CONTÍNUO *PAD-STEAM*

Na máquina em contínuo de *pad-steam* (Anexo 1), o artigo assim que entra na máquina já vem devidamente acondicionado de acordo com o seu tipo, se for malha vem em carro, se for tela, vem em cavalete. Nesta parte do processo são controladas diversas variáveis como se pode observar pelo esquema da Figura 36.

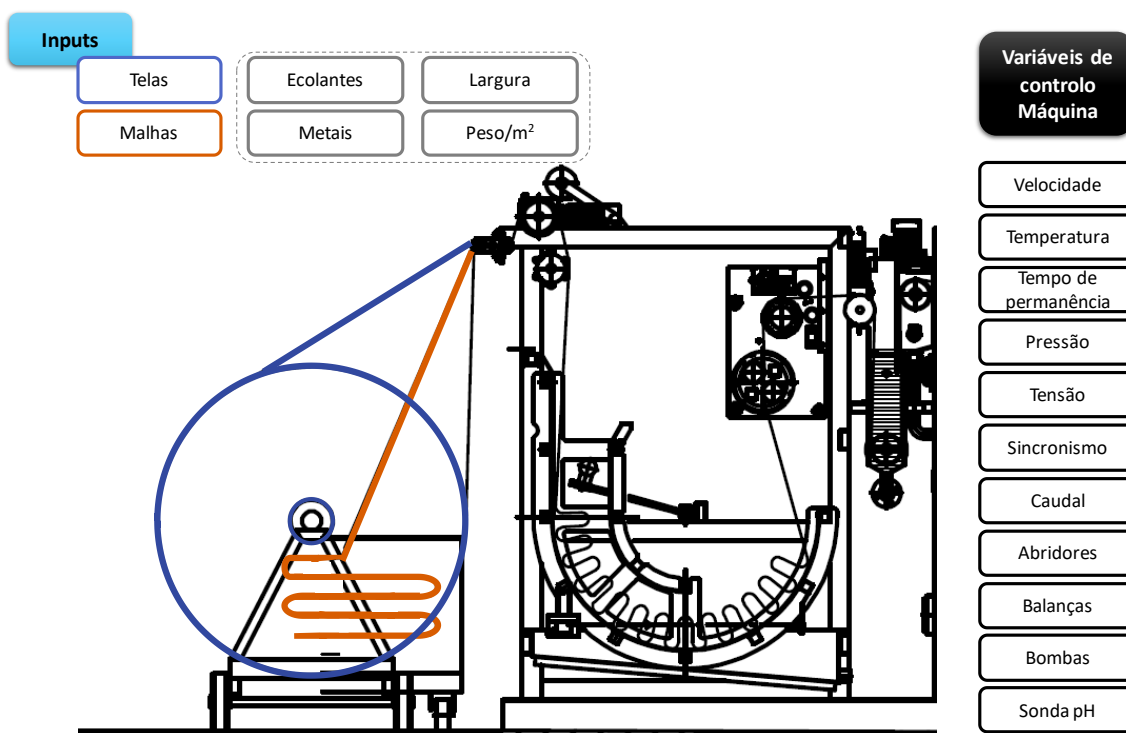
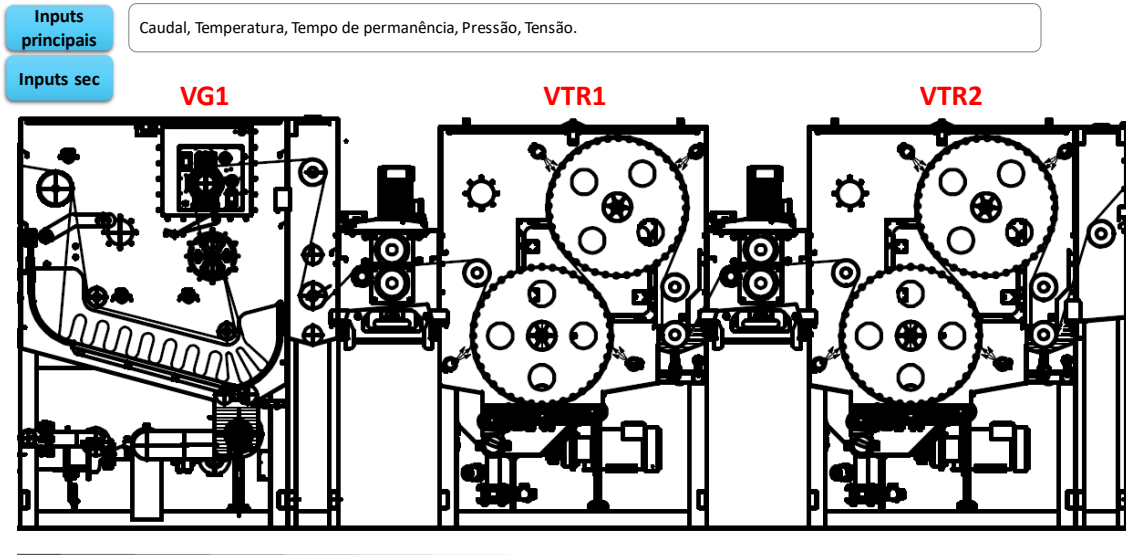


Figura 36 – Desenho técnico da parte inicial da máquina de branqueio por *pad-steam*. A entrada do tecido na máquina pode ser feita em cavalete quando é tela (azul) e em carro quando é malha (laranja), o tecido é acumulado e consumido de acordo com o seu peso/m² e velocidade da máquina.

De acordo com a ordem de fabrico, o programa da máquina é ajustado ao tipo de artigo e às especificações exigidas. Assim que o artigo entra na máquina, é acumulado na zona de acumulação de tecido e segue para o VG1 (compartimento onde é lavado o tecido, a uma temperatura definida e, se necessário, introduz-se um agente molhante para facilitar a “penetração” da água no interior das fibras, e potenciar a eficiência de lavagem do artigo), durante uma percentagem de tempo de permanência (entre 3 – 5 minutos).

As variáveis abridores e balanças, durante este estudo foram consideradas sem importância, uma vez que, são mantidas constantes pelo programa da máquina. No caso das bombas de introdução de produtos químicos na máquina, são calibradas sempre que se muda a receita química, e a sonda de pH também é calibrada semanalmente, para reduzir os erros de pipetagem, muitas vezes associados à falta de químicos na máquina.

Assim que termina esse intervalo de tempo, o tecido é espremido por um *foulard* à pressão de 3,5 bar e passa para o compartimento seguinte onde é lavado por jatos de água em tambores circulares sobre tensão, assim que sai do compartimento é novamente espremido num *foulard* a 3,5 bar, como está representado na Figura 37.

**Outputs**

Lavagem do artigo, de forma a remover encolantes, metais e outras impurezas do interior da fibra, para que os reagentes do branqueio sejam melhor absorvidos.

Figura 37 – Esquema técnico dos compartimentos VG1, VTR1, VTR2 da máquina de *pad-steam*, pelo qual os artigos passam.

Ao sair do VTR2 o tecido é espremido no *foulard* a 5,5 bar, e impregnado no banho de branqueio do NIP a uma pressão de 2,3 bar, onde é calculado instantaneamente o *pick-up*, e entra no *booster* do vaporizador, para potenciar o efeito do branqueio. O tecido é então depositado na base do vaporizador durante um intervalo de tempo definido, sendo puxado para o final do compartimento por um tapete de barras de metal (Figura 38).

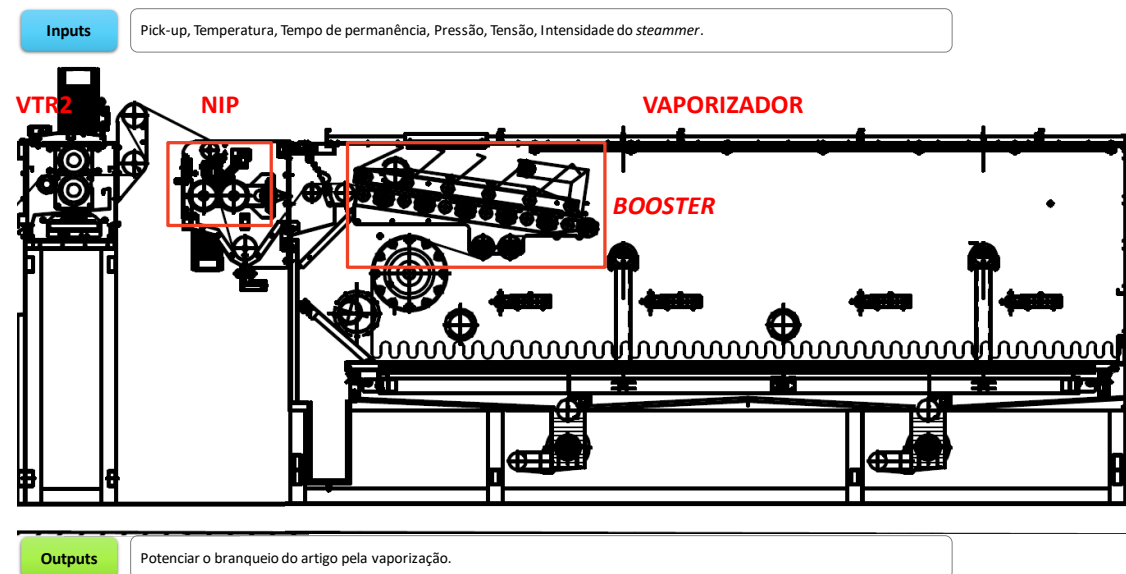


Figura 38 – Desenho técnico do NIP, da entrada do vaporizador, *booster* e zona de acumulação do tecido dentro do vaporizador.

Ao longo do compartimento de vaporização a deposição do artigo é feita sem tensão o que pode provocar algumas diferenças na dispersão do vapor ao longo do comprimento do tecido. No fim do vaporizador o artigo volta a ficar com tensão e é novamente espremido por um *foulard* a 3,5 bar (Figura 39).

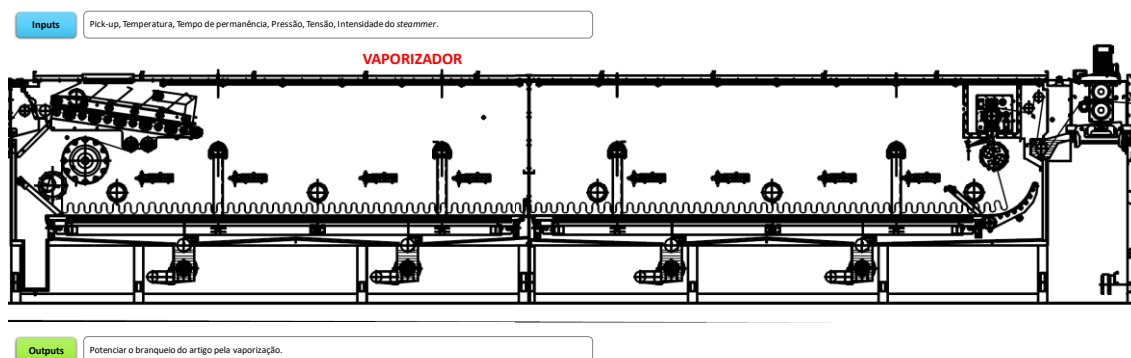


Figura 39 – Desenho técnico completo do vaporizador, e da forma como o artigo é acumulado no seu interior.

Assim que o tecido é espremido do vaporizador entra no VG2 (zona de lavagem a uma temperatura elevada, durante uma determinada percentagem de tempo de permanência), para garantir que não ocorre um choque térmico e não se danifique as fibras. O tecido é espremido a 3,5 bar após esse tempo, entra no VTR3 onde é lavado e aplicado ácido cítrico a 35% para neutralizar o pH do banho, que devido ao branqueio e à soda cáustica, tem um valor de pH muito alto, e é espremido a uma pressão de 3,3 bar (Figura 40).

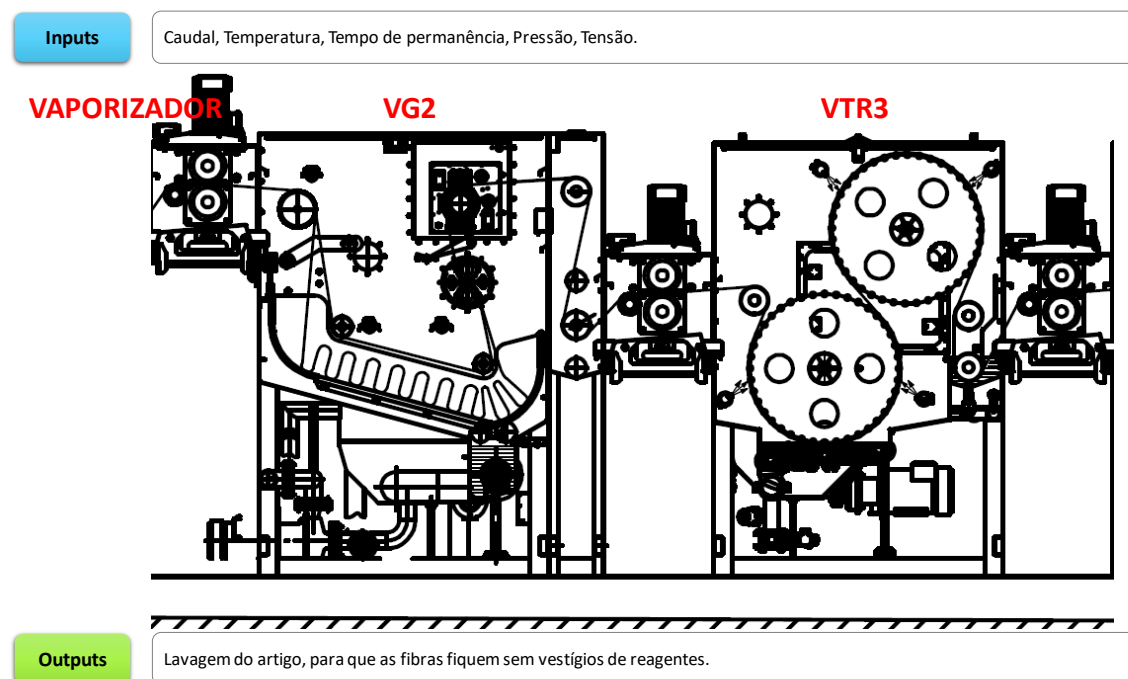


Figura 40 – Esquema técnico dos compartimentos VG2 e VTR3, após o artigo ser vaporizado.

Nas válvulas de saída do compartimento VTR3 e VTR4, é controlado o valor do pH, para se conseguir neutralizar o interior da fibra, para não causar reatividade do pH com as cores que lhe serão posteriormente aplicadas no tingimento ou na estampagem. No VTR5, o tecido é apenas lavado. Nestes três compartimentos o artigo é lavado sobre tensão nos tambores, à

saída de cada um deles o artigo é sempre espremido à pressão respectiva de 3,3 bar, 3,5 bar e 5-6 bar, como se pode observar na Figura 41.

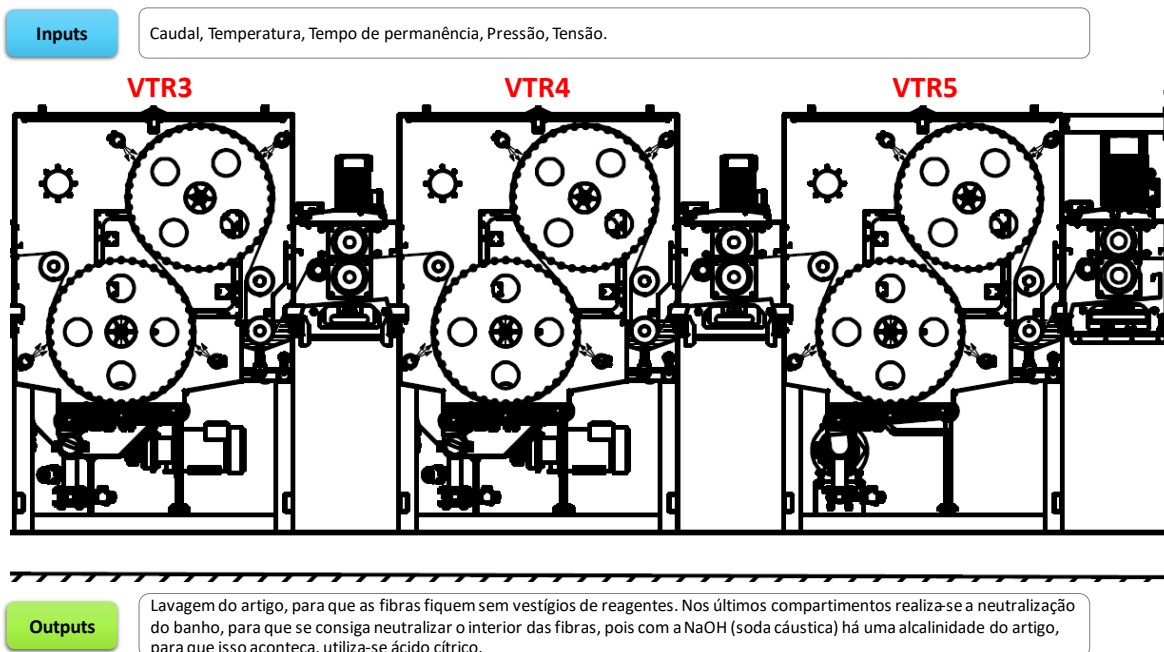


Figura 41 – Desenho técnico dos compartimentos finais da *pad-steam*, VTR3, VTR4 e VTR5, onde o artigo é lavado e o pH neutralizado.

Quando o tecido chega ao final do processo é armazenado para carro, em vai e vem, em formato livro, se for malha; no caso da tela, com a ajuda de um braço pneumático o artigo é enrolado no cavalete, como se pode verificar pela a análise da Figura 42.

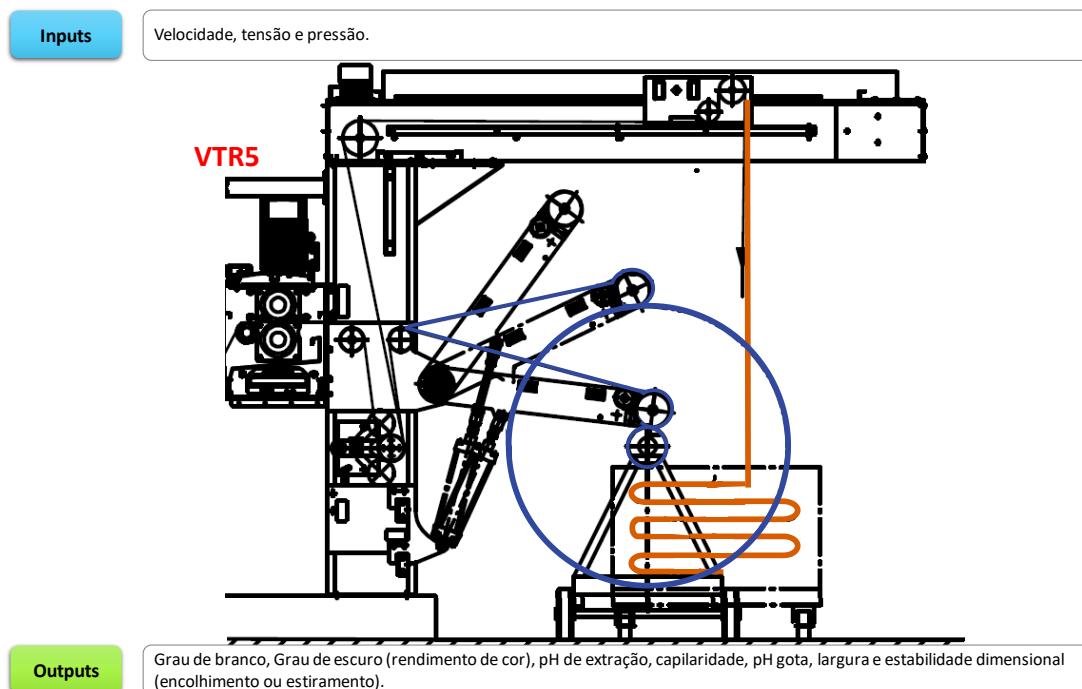


Figura 42 – Representação esquemática da parte final da máquina, e a forma como o artigo é armazenado. Se for tela (azul) sai em cavalete com a ajuda de um braço pneumático para garantir a tensão do artigo à medida que este é enrolado; se for malha (laranja), sai em carro em formato livro, com a ajuda do vai-e-vem.

5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

5.1 PARTE I – DADOS PRODUÇÃO DO ANO DE 2017

Para se iniciar uma análise pormenorizada às variáveis que influenciavam o processo produtivo, utilizaram-se os registos que os operadores da máquina de *pad-steam* foram recolhendo de 2 de janeiro de 2017 até 28 de julho de 2017.

Após essa recolha, as variáveis que mais se salientaram para validar a eficiência de um branqueio foram: tipo de artigo, grau de branco, hidrofiliidade, pH, amido e grau de escuro. A sua classificação encontra-se sintetizada abaixo na Tabela 10.

Tabela 10 – Classificação das variáveis quanto a serem quantitativas (discreta ou contínua) ou qualitativas (ordinal ou nominal).

Variável	Tipo de artigo	Grau de branco	Hidrofiliidade	pH	Amido	Grau de escuro
Classificação	Qualitativa nominal	Quantitativa contínua	Qualitativa nominal	Qualitativa ordinal	Qualitativa ordinal	Quantitativa contínua
Técnica estatística de associação entre dois ou mais variáveis	Teste do Qui-quadrado	Correlação de <i>Spearman</i> ou <i>Pearson</i> (se a distribuição for normal)	Qui-quadrado	Qui-quadrado ou correlação de <i>Spearman</i>	Qui-quadrado ou correlação de <i>Spearman</i>	Correlação de <i>Spearman</i> ou <i>Pearson</i> (se a distribuição for normal)

A frequência de cada uma dessas variáveis pode observar-se na Figura 43.

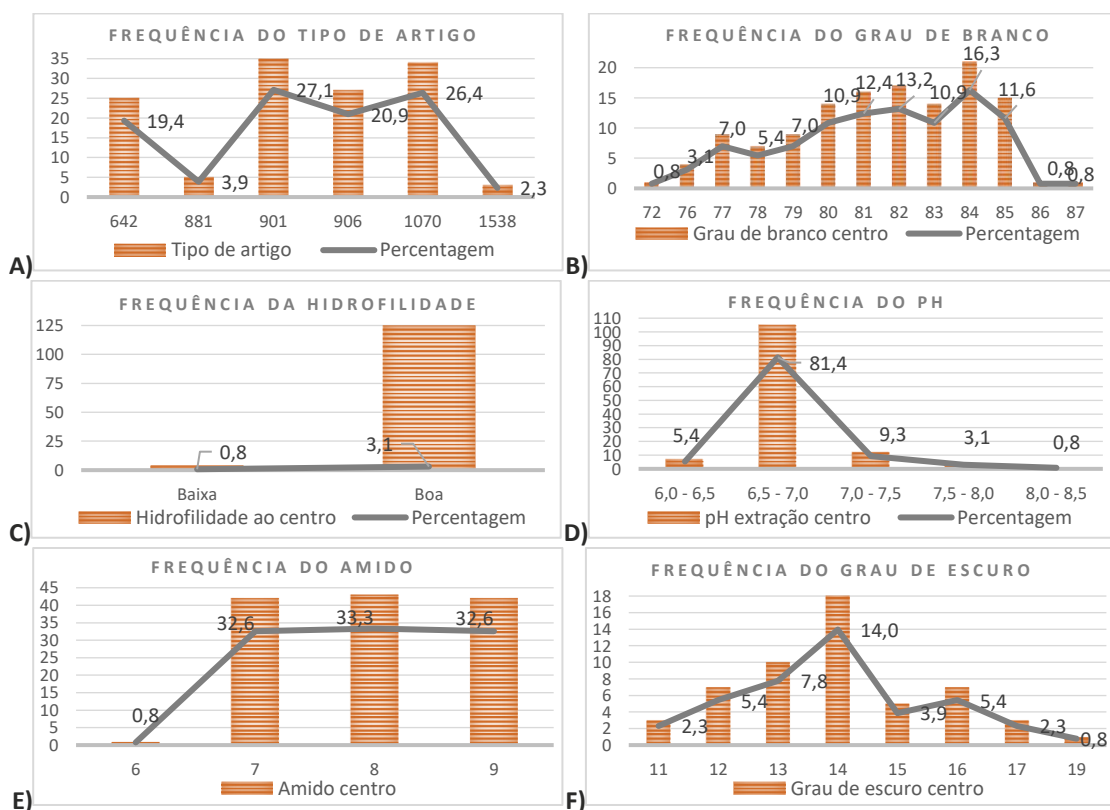


Figura 43 – Representação gráfica das frequências das variáveis: A) tipo de artigo, B) grau de branco, C) hidrofiliidade, D) pH, E) amido e F) grau de escuro.

O tipo de artigo mais registado, conforme se pode observar pela Figura 43 A), foi o 901 com uma percentagem de registos de 27,1%, seguido do 1070 com 26,4%. Em terceiro lugar apresentou-se o artigo 906 com 20,9% dos registos.

No caso do grau de branco (GB), representado pela Figura 43 B), com maior frequência de registos efetuados tem-se os valores de 84 graus Berger com uma percentagem de registos de cerca de 16,3%; seguindo-se os valores de 82 graus Berger com 13,2% dos registos e, por último os valores de 81 graus Berger com uma percentagem de registos de cerca de 12,4%.

A variável hidrofiliidade é considerada boa em 96,9% dos casos, como se pode verificar pela análise da pela Figura 43 C).

O pH de extração, representado pela Figura 43 D), apresenta a maior frequência de registos de dados, 81,4%, para o intervalo de valores entre 6,5-7,0.

Já o amido apresenta uma frequência de registos de cerca de 33,6% para o valor de 8, e de cerca de 32,8% para cada um dos valores, 7 e 9, como se pode observar pela Figura 43 E).

Em último, o grau de escuro (GE) apresenta uma maior frequência de registos para o valor de 14 graus Berger com uma percentagem de cerca de 33,3%, seguido do valor 13 graus Berger com uma percentagem de registos de cerca de 18,5%, e os valores 12 e 16 graus Berger com 13% cada de registos.

Com os resultados obtidos podemos referir que esta industria têxtil está mais focada em telas 100% algodão do tipo, 901, 906 e 1070, cujo grau de branco é maioritariamente de 84 graus Berger, com boa hidrofiliidade, um pH de extração entre os valores 6,5-7,0, e um grau de escuro ou rendimento colorístico de 14 graus Berger.

Com o objetivo de analisar a existência de relações entre as variáveis em estudo, avaliou-se a correlação de *Pearson* que existe entre as variáveis.

Como a correlação de *Pearson* apenas pode ser realizada para variáveis quantitativas, e de acordo com o teste, para um nível de significância de 5%, as correlações entre as variáveis GE e GB não se manifestaram significativas, as restantes correlações foram descartadas da análise.

Para compreender qual a relação entre o GE e as restantes variáveis, através do modelo de regressão linear. Neste modelo, apenas 14% da variabilidade do GE poderá ser explicado pelo modelo, para um intervalo de confiança de 95%. Ou seja, é um valor bastante baixo para se perceber qual o efeito do pH no GE.

Para tal, foram excluídas as variáveis: tipo de artigo, GB, hidrofiliidade e amido. Apenas foi inserido no modelo o pH de extração tendo como variável dependente o GE. A expressão da regressão linear encontra-se representada abaixo.

$$GE = 21,122 - 1,756 \text{ pH}$$

Isto significa, que o aumento de um valor de pH, reflete-se em -1,756 do grau Berger do GE obtido. Para um nível de significância de 5%.

5.2 PARTE II – ENSAIO 1

O tamanho do ensaio é apenas de $n=6$, muito inferior a 30, não se podendo concretizar nenhum teste de hipóteses paramétrico.

A análise iniciou-se com uma análise estatística sobre a forma como os dados estavam agrupados por cada tipo de variável, como se pode constar abaixo pela Figura 44.

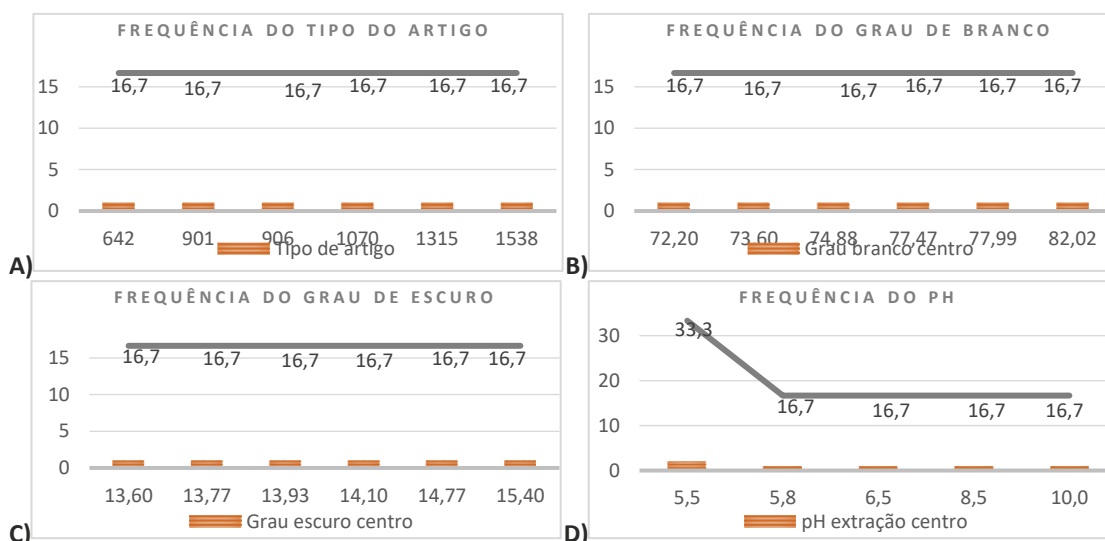


Figura 44 – Representação gráfica das frequências dos dados para o ensaio 1, para as variáveis: A) tipo de artigo, B) grau de branco, C) grau de escuro e D) pH.

A frequência das variáveis é constante em três das variáveis, nomeadamente, tipo de artigo, grau de branco e grau de escuro, apenas o pH de extração apresentou uma frequência superior a 16,7%, manifestada pelos restantes dados, para o nível de pH de 5,5 com 33,3% de frequência.

Para compreender quais as variáveis que influenciavam o GE, recorreu-se ao modelo de regressão linear. Este modelo indica que 3,1% da variabilidade da variável GE pode ser explicada pelo GB. As variáveis que foram excluídas do modelo: tipo de artigo e pH de extração.

O modelo de regressão linear é dado pela seguinte expressão:

$$GE = 11,672 + 0,034 GB$$

Isto significa, que o aumento de um grau Berger do GB se reflete no aumento de um valor de GE em 0,034 graus Berger. Para um nível de significância de 5%.

5.3 PARTE III – ENSAIO 2

Para avaliar se existe alguma diferença entre as médias dos valores da variável GE por posição de recolha (ourela esquerda, centro e ourela direita), recodificou-se esta variável com a seguinte classificação:

- 1 – Centro;
- 2 – Ourela direita;
- 3 – Ourela esquerda.

As hipóteses a testar foram as seguintes:

$$H_0: \mu \text{ GE esquerda} = \mu \text{ GE centro} = \mu \text{ GE direita}$$

H_1 : Existe pelo menos uma das médias de GE que difere das restantes.

Através do teste ANOVA, para um nível de significância de 5%, não se rejeita H_0 . Isto significa que as médias do GE nas diferentes posições não diferem entre si. Logo, a posição de onde se recolhe a amostra no tecido é indiferente.

Para perceber qual a distribuição dos dados da amostra, recorreu-se a uma análise descritiva das frequências de cada variável: tipo de artigo, GB, pH, amido e capilaridade. Como se pode verificar pelos gráficos de frequências abaixo Figura 45.

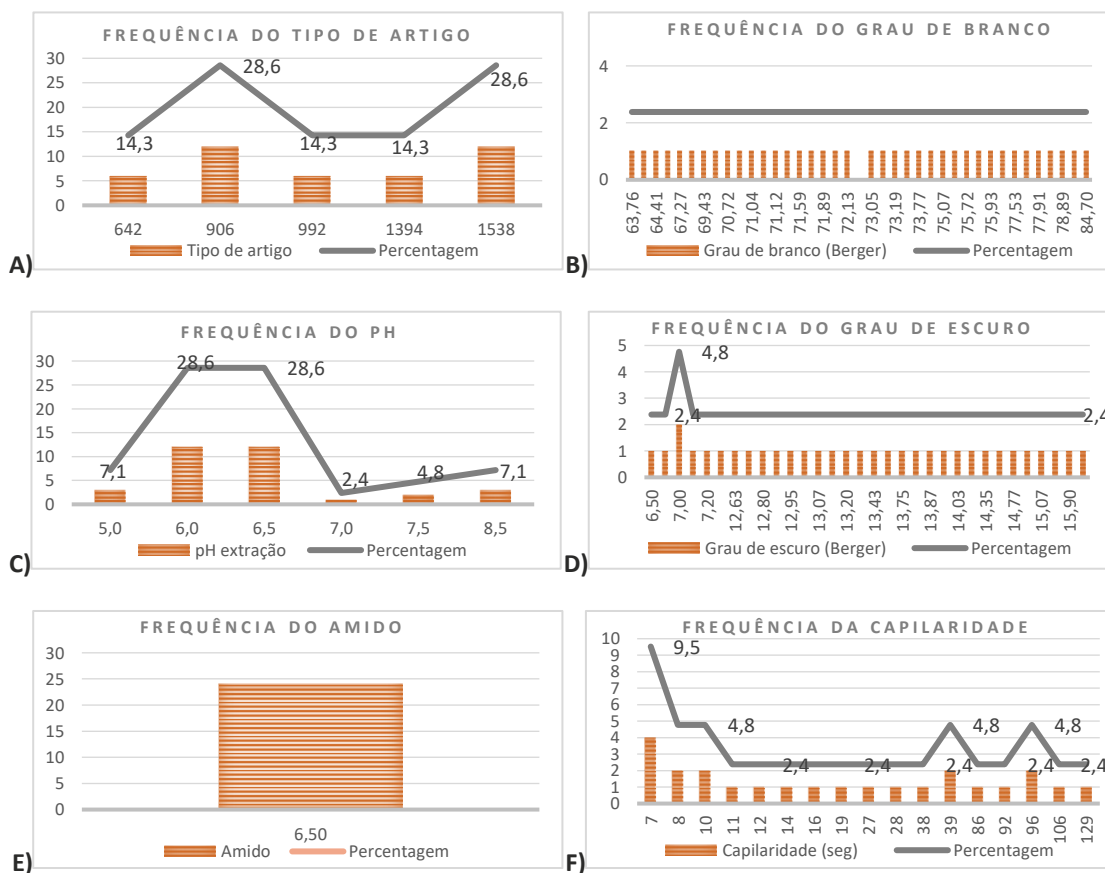


Figura 45 – Representação gráfica das frequências dos dados para o ensaio 2, para as variáveis: A) tipo de artigo, B) grau de branco, C) pH, D) grau de escuro, E) amido e F) capilaridade.

Neste ensaio a maioria dos dados analisados foram do tipo de artigo 906 e 1538, com uma frequência de cerca de 28,6% cada, seguindo-se do tipo 642 com 14,3%. Como se pode constatar pela análise da Figura 45 A).

Quanto aos valores de pH extração, representada pela Figura 45 C), com maior frequência de registos tem-se os valores: 6,0 e 6,5, com uma percentagem de 36,4% cada, e os 5,0 e 8,5, com uma percentagem de dados analisados de 9,1% cada.

No que diz respeito à capilaridade, o valor de absorção de 7 seg teve uma frequência de dados de cerca de 16,7% superior em relação aos restantes, como se pode observar pela Figura 45 F).

No caso do amido representado pela Figura 45 E), este não apresentou qualquer variabilidade nos valores obtidos. O mesmo se verificou para a variável GB como se pode observar pela Figura 45 B).

No modelo de regressão linear, obtém-se um modelo onde 48,1% da variabilidade do GE pode ser explicado pelo pH. As restantes variáveis não se mostraram significativas para explicar a variabilidade do no GE. O pH de extração manteve-se no modelo, enquanto o GB e capilaridade foram excluídos, o amido obteve valores omissos, logo não constaram no modelo, como se pode observar pela expressão abaixo.

$$GE = 10,446 + 0,396 \text{ pH}$$

Esta expressão traduz que, quando se aumenta um valor na variável pH, o valor de GE aumenta em 0,396 vezes.

6 DISCUSSÃO

Para uma melhor compreensão dos dados recolhidos, os valores das variáveis analisadas nos diferentes ensaios encontram-se representados nas tabelas presentes nos anexos.

O roteiro inicial de produção das telas não permitiu que o amido fosse totalmente removido no final do branqueio, daí se ter alterado o processo para descolagem enzimática por *pad-batch*, e lavagem e branqueio por *pad-steam*. Desta forma, garantiu-se que a enzima (amílase) tem mais tempo para atuar na degradação do amido, e assim passado o tempo de maturação de 6 h, a tela ao ser lavada na máquina de *pad-steam*, garante que a maior parte dele fica retido na água das lavagens, o restante é removido através dos constituintes do branqueio.

A atividade ótima da enzima pode ser influenciada pelo pH, e pela temperatura do banho onde é aplicada. Se estes dois parâmetros não forem devidamente controlados, a atividade de degradação do amido é afetada [24], [30], o que poderá ser uma desvantagem na aplicação de corantes por tingimento ou estampagem, pois a capacidade de absorção poderá ser diferente se ainda houverem vestígios de encolantes nas fibras.

O uso de amílases no pré-tratamento poderá aumentar o GB em cerca de 6% de acordo com Ali, e seus colaboradores (2014) [27]. Daí ser importante controlar as variáveis que afetam diretamente a atividade enzimática da amílase.

A implementação de nanopartículas de prata aos tecidos de algodão para melhorar a impregnação de bactérias no interior das fibras de algodão [63], poderá melhorar a atividade das enzimas e assim, aumentar a remoção de ecolantes do família dos amidos.

A otimização da forma como a capacidade de absorção do artigo é avaliada, também foi alterada, pois pelo método expedito de deitar uma gota de uma solução de azul patente V sobre o tecido e verificar se a forma criada é boa ou não, é um aspeto muito subjetivo de validação de um processo. Com a utilização da mesma solução, passou-se a contabilizar o tempo (em segundos) que demora a solução a ascender 1 cm, através do processo de capilaridade, desta forma consegue-se uniformizar a forma como avaliamos a absorção do artigo tal como já tinha sido descrito por outros autores [64].

6.1 GRAU DE ESCURO E RENDIMENTO COLORÍSTICO

Na primeira fase avaliou-se qual método de estampar barras seria o menos variável, pois na mesma zona da amostra onde se estampavam as barras, nas mesmas condições operacionais, obtinha-se diferenças no GE pela leitura de grau Berger.

Para tal, realizou-se um estudo sobre qual seria a melhor forma de estampar as barrinhas, se a quadro ou a cilindro (tela onde é gravado o desenho que será estampado e é aplicada a pasta de corante); se o tamanho da *mesh* (número de buracos da tela de estampar, por polegada, através da qual passa a pasta de corante) utilizada também influenciava a aplicação da pasta; se a vareta utilizada influenciava a forma como a pasta era aplicada, a concentração de corante na pasta, a cor do corante, e as condições de operação da máquina de amostras constantes. Para o tipo de tela 906, previamente branqueado.

Com estas variáveis estudadas, chegou-se à conclusão que as barrinhas deveriam sempre ser tiradas com o mesmo quadro com a *mesh* 125, e a vareta serrilhada de 10 (espessura da

vareta), as condições da máquina de amostras foram mantidas constantes. O passo seguinte foi analisar que concentrações de corante eram mais estáveis ao longo das oito barrinhas, ilustrado na Figura 46.

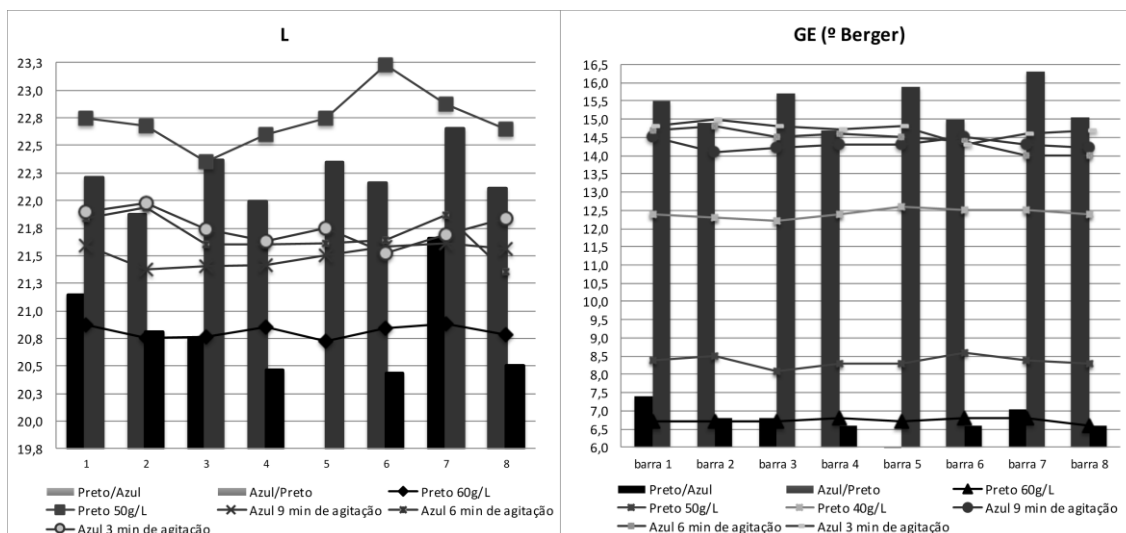


Figura 46 – Estudo da estabilidade das pastas de cor preta 362 e azul 424 para validação do rendimento colorístico, através da leitura por espectrofotômetro das coordenadas CIELab (L), e de graus Berger (GE).

O que se pode concluir é que a leitura pelas coordenadas do CIELab é menos variável do que as do grau Berger (Figura 46). Além disso, a pasta preta 362 de 60 g/l, é a mais estável nas duas formas de leitura, em relação à pasta azul. A agitação da pasta azul 424 (50 g/l), também se revelou bastante importante para a estabilidade do rendimento colorístico ao longo das barrinhas, a agitação da pasta azul, também influenciou o rendimento obtido e mantendo-se mais constante do que sem agitação “extra”.

Desta forma, o teste deveria ser alterado para a aplicação de uma pasta de corante preta 652 na concentração de 60 g/l em vez do atual azul 424 na concentração de 50 g/l, e a sua avaliação deveria ser feita através da coordenada L do CIELab [40], [46], [65], [66]. Quanto menor for o valor, melhor será o seu rendimento colorístico associado. O problema detetado da utilização desta pasta é que se houver variações de cor associadas ao branqueio aplicado, com a pasta preta não serão tão notórias do que com a pasta azul. Daí ainda não se ter alterado o protocolo de avaliação.

6.2 CONDIÇÕES MECÂNICAS (PAD-STEAM)

Outro teste que foi realizado antes de se trocar o roteiro de produção das telas moda 100% algodão, foi a validação dos parâmetros mecânicos da máquina de *pad-steam* com objetivo de otimizar o processo de branqueio.

Neste tipo de máquina utiliza-se o NIP para a impregnação do banho de branqueio para poder economizar na quantidade de banho despendido (produtos químicos e água) e de energia desperdiçada [67] com o uso de um balseiro em que o banho poderá ter de ser aquecido a uma temperatura perto da de ebulição.

A primeira validação foi feita à dispersão do NIP, se os foulards do NIP estariam a espremer de igual forma o tecido, através do teste de pó de talco, que consiste em aplicar pó de talco na zona onde os foulards espremem e avaliar a largura que a marca de pó deixa impressa nos

foulards, sob uma determinada pressão. Das várias pressões analisadas, a de 2,3 bar foi a que obteve melhores valores de dispersão uniforme ao longo da largura do *foulard*.

Neste estudo também se avaliou se o *pick-up*, utilizado para o cálculo do delta *pick-up* que é obtido instantaneamente pelo *software* da máquina era o correto. Para tal, verificou-se, se o *pick-up* era afetado pela velocidade (Anexo 2), e consecutivamente, se a velocidade influenciava o GB, GE, pH e o amido, no final do branqueio.

A validação da uniformidade à trama (largura) do branqueio, levou à redução de recolha de amostras para se validar o processo de branqueio, que inicialmente eram recolhidas no início, meio e fim de produção, e avaliadas, orela esquerda, centro e orela direita, como forma de perceber o que se estava a passar na máquina, se poderia haver alguma desregulação. De momento, apenas se recolhem amostras ao centro, início e fim da partida, que são representativas da largura do tecido.

A velocidade também foi alterada de 25 m/min para 50 m/min, pois em termos de rendimento de cor, observou-se que, até ao momento, não influenciava o GB, GE, e, pH.

6.3 SÍNTESE DOS RESULTADOS

Em jeito de síntese, tem-se na Tabela 11 o resumo dos dados dos ensaios realizados e sugeridos pelos fornecedores de produtos químicos, em que, 1, tem-se os dados antes da mudança da receita; 2, ensaio da receita química da Farbotex; 3, ensaio da receita química da CHT; e, 4, ensaio da receita química da Quiterma. Os diferentes testes às variáveis críticas ao processo, levaram à implementação de um novo processo do branqueio das telas moda 100% CO de descolagem por *pad-batch* e branqueio por *pad-steam*.

Tabela 11 – Resumo dos dados dos ensaios realizados. Quanto às médias (\bar{x}) e desvio padrão (σ) das variáveis: grau de branco (GB), grau de escuro (GE), pH, hidrofiliidade ou capilaridade (ensaio 4) e amido. Em que n/a, significa não aplicável (uma vez que apenas foi recolhida uma amostra para a análise).

Ensaio	Tipo de artigo	GB		GE		pH		Hidrofiliidade / capilaridade (4)		Amido	
		\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ
1	642	81,5	2,7	14,0	1,7	4,1	0,6	Boa		8,0	1,0
2		81,6	n/a	13,5	n/a	6,5	n/a	Boa		9,0	n/a
3		78,8	n/a	14,7	n/a	6,5	n/a	Boa		9,0	n/a
4		72,8	1,0	12,2	0,8	6,2	0,0	Boa / 38,0 seg		9,0	0,0
1	901	81,5	2,8	13,9	1,6	4,1	0,6	Boa		8,0	0,8
2		84,0	n/a	13,4	n/a	6,5	n/a	Boa		Não avaliado	
3		81,6	n/a	15,1	n/a	7,0	n/a	Boa		Não avaliado	
1	906	81,5	2,8	14,0	1,6	4,1	0,6	Boa	n/a	7,9	0,8
2		81,6	n/a	15,1	n/a	6,5	n/a	Boa		Não avaliado	
3		77,5	n/a	15,4	n/a	5,5	n/a	Boa		Não avaliado	
4		73,0	1,6	14,5	0,9	8,5	0,0	Boa / 24,7 seg		Não avaliado	
1	1070	79,4	2,7	14,5	1,8	4,3	0,8	Boa		8,2	0,7
2		78,2	n/a	12,9	n/a	6,5	n/a	Boa		Não avaliado	
3		74,9	n/a	13,6	n/a	10,0	n/a	Boa		Não avaliado	
1	1538	82,1	2,5	12,0	n/a	3,7	0,6	Boa		8,5	0,7
2		78,8	n/a	13,7	n/a	6,5	n/a	Boa		Não avaliado	
3		72,2	n/a	13,9	n/a	5,8	n/a	Boa		Não avaliado	
4		71,4	6,2	10,6	0,4	6,2	0,6	Boa / 39,9 seg		9,0	0,0

6.4 RESULTADOS DE PRODUÇÃO COM A IMPLEMENTAÇÃO DA NOVA RECEITA QUÍMICA

Inicialmente para os tipos de telas analisados (1070, 1538, 642, 901, 906), o valor de GB era próximo dos 80º Berger, o GE entre os 10 e os 15º Berger, o amido entre valores de 6 e 9, e o pH entre os 6,5 e os 7,5 (Figura 47), sendo estes dados relativos ao período entre fevereiro e junho de 2017 (Anexo 4), recolhidos pelos operadores da máquina.

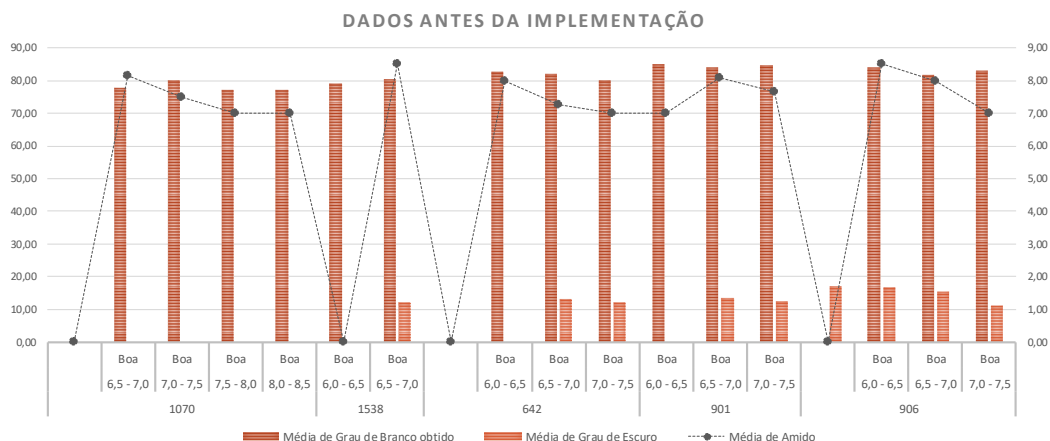


Figura 47 – Valores das principais variáveis analisadas para os tipos de telas: 642, 901, 906, 1070 e 1538, antes da implementação do novo roteiro de produção.

Com a implementação do novo roteiro, com a análise dos dados (Anexo 5) conseguiu-se observar uma uniformidade do valor de amido obtido nos artigos analisados, uma estabilidade do grau de branco e do grau de escuro obtido, em relação às variáveis pH de extração e hidrofiliidade, representado na Figura 48.

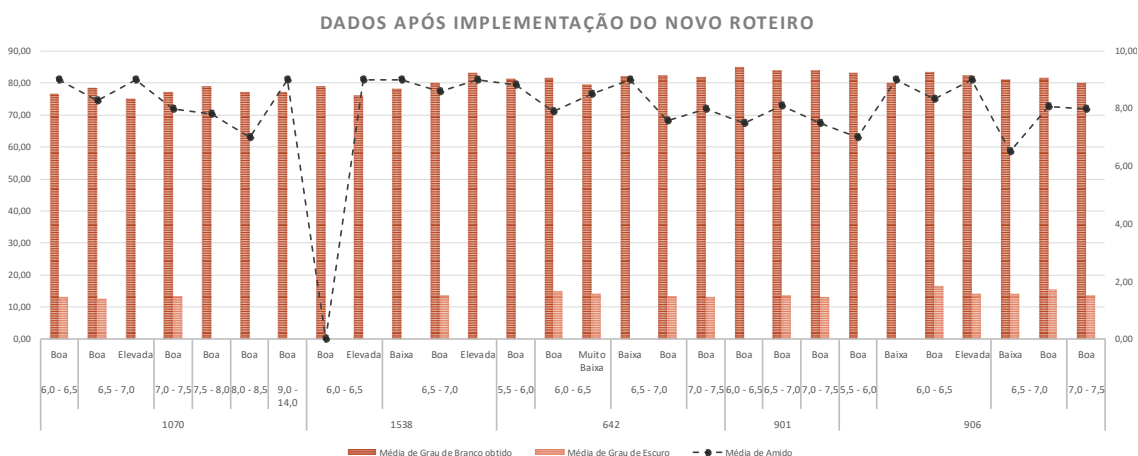


Figura 48 – Valores das principais variáveis analisadas para os tipos de telas: 642, 901, 906, 1070 e 1538, após a implementação do novo roteiro de produção (julho – outubro de 2017).

6.5 INDICADORES DA MELHORIA

Para melhor compreender como a alteração de roteiro e a aplicação da nova receita química utilizada se manifestaram na produção, recorreu-se a valores de não qualidade, como as ordens de fabrico de reprocessamento (OFRs) e os boletins de não conformidade (BNC) como indicadores de base para quantificar e qualificar a melhoria da implementação realizada.

Inicialmente, entre o período de fevereiro de 2017 e julho de 2017 as principais recorrências de OFRs, foram devido a enviesamentos, diferenças de cor da tintura e encolhimentos, como se pode observar pela Figura 49.

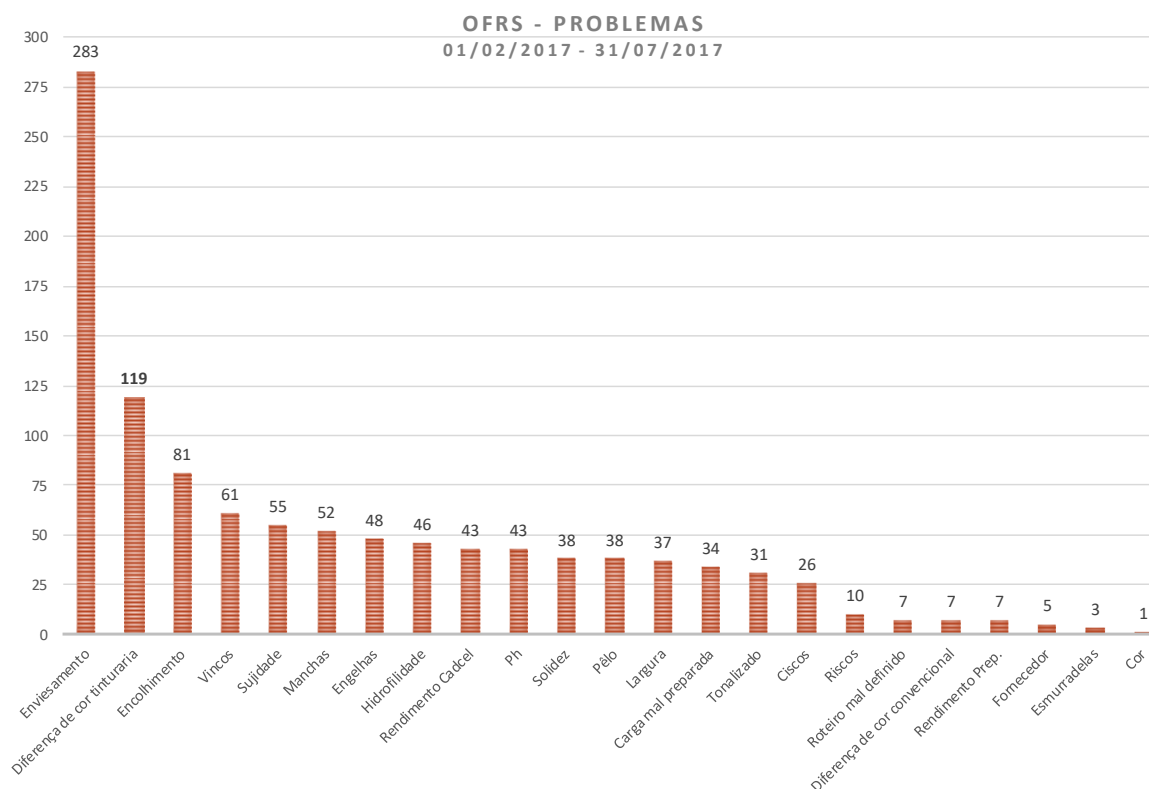


Figura 49 – Principais problemas das OFRs entre fevereiro e julho de 2017, na Estamparia Adalberto Pinto da Silva, S.A.

Após a alteração do roteiro de produção das telas finas 100% algodão para desencolagem por *pad-batch*, e lavagem e branqueio, por *pad-steam*, houve um aumento no número de problemas de OFRs (apesar do período de tempo em análise, seja menor ao anterior) nos problemas de: enviesamentos (apenas avaliado em telas), e de diferenças de cor de tinturaria, problemas que poderão estar associados a esta alteração de roteiro, Figura 50.

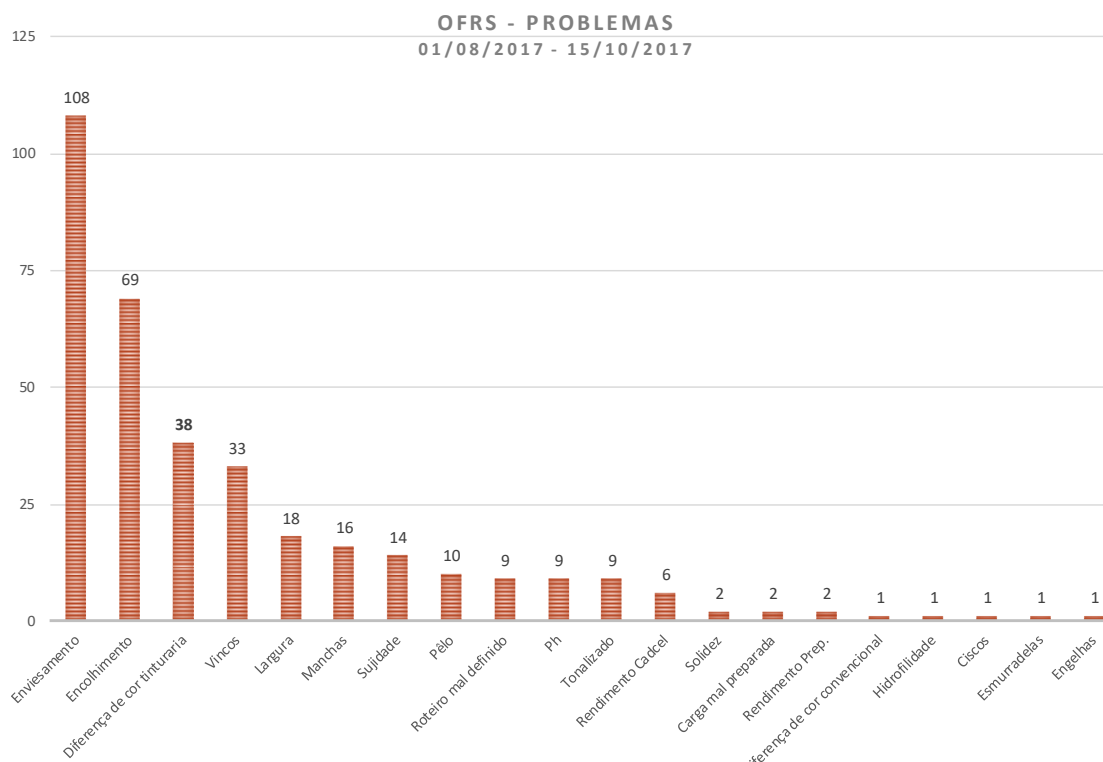


Figura 50 – Principais problemas das OFRs referentes ao período de agosto a outubro de 2017, na Estamparia Adalberto Pinto da Silva, S.A.

Uma das limitações do indicador com base nas OFRs, é que não se consegue rastrear no momento da análise do software, qual foi a máquina ou o processo que provocou esse tipo de “defeito” ao produto, para ser novamente reprocessado. O que será um ponto a ser tido em conta como melhoria para o futuro.

Outro dos indicadores utilizados para avaliar o impacto deste projeto na empresa, foi através da análise dos defeitos registados nos boletins de não conformidade (BNC), detetados na parte final do processo produtivo, pelo departamento da revista, que avalia todas as telas e malhas, tingidas e estampadas, antes de seguirem para o cliente.

Os principais problemas detetados nos BNC, entre janeiro e julho de 2017, foram: fora de cor de estamparia, diferenças de cor, diferenças de cor (ourela, centro), buracos, sujidade, defeitos no artigo, sujidade de corante, riscos, fora de cor de tinturaria e estamparia, ciscos, entre outros, como se pode verificar na Figura 51.

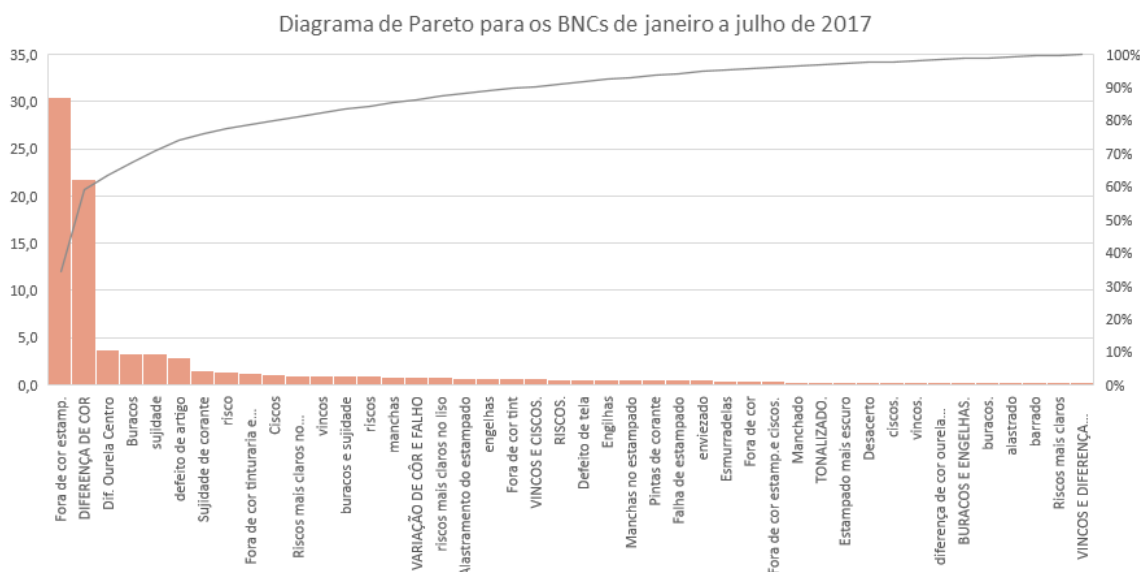


Figura 51 – Análise de Pareto para os defeitos detetados nos BNCs, entre janeiro e julho de 2017, pela Estamparia Adalberto Pinto da Silva, S.A..

Este tipo de problemas tinha maior prevalência nas telas 100% algodão moda, daí, este projeto se ter debruçado sobre as diferenças de cor, que passassem pela máquina de pad-steam, como denominador comum da causa. Para atenuar este problema, alteraram-se os parâmetros mecânicos da máquina (pressão do NIP, para que espremesse o mais uniformemente, o banho de branqueio pelo tecido), a velocidade (30 para 50 m/min), o número de programas de lavagem e branqueio (reduziu-se de uma para cada tipo de tecido, para 5 programas gerais).

Além disso, voltou-se ao processo de descolagem por *pad-batch*, com maturação da tela por 6h, e lavagem e branqueio por *pad-steam*, pois verificou-se que na maioria das telas moda, o amido não estava a ser removido eficazmente, uma vez que, o tempo que a enzima estava a atuar para quebrar o amido do tecido e fazê-lo solúvel na água, era muito pouco (cerca de 3-5 min, dependendo do programa da máquina).

A receita química de descolagem e branqueio, também foi alterada, assim que as variáveis anteriores foram estabilizadas.

Com estas alterações todas, conseguiu-se reduzir o número de defeitos com “origem na preparação”, nomeadamente, as diferenças de cor ourela centro ourela e os buracos, como se pode observar na Figura 52.

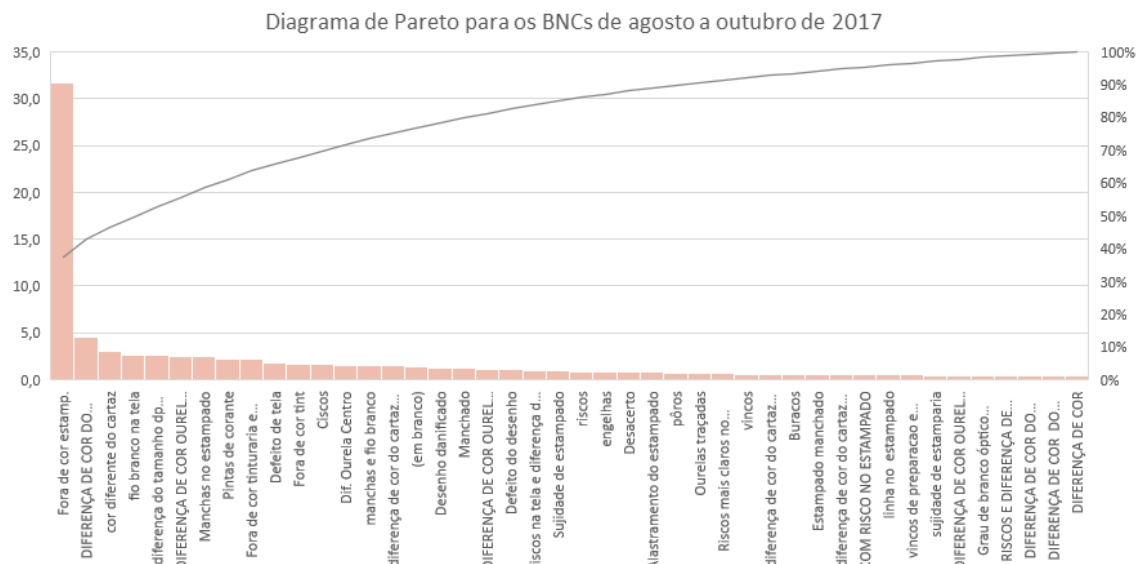


Figura 52 – Análise de Pareto para os defeitos detetados nos BNCs, entre agosto e outubro de 2017, pela Estamparia Adalberto Pinto da Silva, S.A..

Neste momento, encontra-se em processo de validação da nova receita aprovada com base neste trabalho, nas produções todas de algodão e viscose.

Entretanto, deixou-se de avaliar as telas branqueadas nas posições ourela esquerda, centro e ourela direita, passando só a avaliar-se ao centro; por produção, inicialmente recolhiam-se amostras ao longo da partida, 100 em 100 metros, agora apenas se recolhem amostras no início e no fim da produção ao centro.

O ideal será confiar no processo de tal forma, que não seja necessário recolher nenhuma amostra para validar o processo da máquina. E que num futuro breve, o departamento de revista deixe de ser necessário, e sejam introduzidos na empresa mais meios de deteção de erros e defeitos ao longo de todo o processo, quer seja preparação, acabamento, tinturaria ou estamparia.

CONCLUSÕES

7.1 CONCLUSÃO INICIAL

7.2 CONCLUSÃO FINAL

7 CONCLUSÕES

O processo de branqueio não se encontra devidamente estabilizado devido à receção de tecidos em cru não ser eficaz, pois não existe um controlo rigoroso à entrada, o que impossibilita o ajuste do processo químico/máquina mais adequado a cada tipo de artigo.

7.1 CONCLUSÃO INICIAL

Inicialmente o branqueio de telas 100% algodão era realizado num só processo, *pad-steam*, o que não permitia uma lavagem eficaz dos tecidos, nem fornecia tempo para as enzimas que degradam o amido atuassem e o degradassem, para facilitar, a impregnação do banho de branqueio.

A falta de calibração das bombas mais frequente ao longo do dia e a pressão do NIP desajustada aos tecidos que passavam, foram uma implementação necessária para melhor compreender como o processo de branqueio estava a decorrer ao longo do tempo, quais os consumos obtidos, e se houveram algum débito de produtos no banho de branqueio.

A incerteza de que quantidades de cada produto se tem no banho do NIP *in real time*, também é um problema bastante importante, pois, com apenas as titulações da soda cáustica e da água oxigenada que foram feitas, não revelaram nenhuma certeza, eram valores inconsistentes, pois a reação de todos os químicos intervenientes no branqueio, age de formas diferentes.

7.2 CONCLUSÃO FINAL

A falta de dados durante os estudos de produção invalidou a melhor caracterização das variáveis críticas que influenciavam o processo de branqueio.

A metodologia de avaliação do rendimento colorístico era instável e havia muita invariabilidade na forma de validação de uma produção.

A alteração do processo de branqueio em duas fases, descolagem por *pad-batch* e lavagem e branqueio por *pad-steam*, para as telas de 100% algodão, manteve os valores de grau de branco nos mesmos tipos de artigo, e, o rendimento colorístico. Além disso, a falta de autonomia no isolamento de cada variável crítica do processo também não facilitou o estudo.

A implementação do novo roteiro de produção das telas moda 100% algodão, aumentou a capacidade produtiva da máquina de *pad-steam* para branquear malhas, pois enquanto as telas estão a maturar a descolagem, consegue-se ir produzindo outras encomendas.

Para melhorar a deteção de defeitos provocados pela máquina, deveria ser aplicado um sistema de anti-erro no final de cada máquina, e a criação de OFRs devia ter um campo que identificasse a máquina onde foi detetado o problema, para perceber qual foi a sua causa, e agir de imediato, para “estancar” o problema na raiz e não no produto acabado (detetados apenas na revista).

O controlo de receção de matérias-primas é outro dos pontos-chave a ser melhorado pela empresa, pois nunca se tem a certeza de como os fornecedores externos estão a enviar as MP, sendo muito importante recebê-las sempre nas mesmas condições, e com as mesmas características para o processo ser o mais normalizado possível.

BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

6 BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

- [1] M. Ginzburg, *La historia de los textiles*. Madrid: LIBSA, 1993.
- [2] S. Gordon and Y. Hsieh, *Cotton: Science and Technology*. Woodhead Publishing in Textiles, 2007.
- [3] B. Kelly, N. Abidi, D. Ethridge, and E. F. Hequet, "Fiber to fabric," in *Cotton*, 2015.
- [4] D. Ethridge, *Cotton as an industrial raw material*. 2005.
- [5] B. Long, *Toyota Celica and Supra: The book of Toyota's Sports Coupes*, 1ª. Veloce Publishing Ltd, 2007.
- [6] B. J. McCarthy, "An Overview of the technical textiles sector," in *Handbook of Technical Textiles Volume 1: Technical Textile Processes*, 2ª., 2016.
- [7] I. R. Hardin, "Enzymatic treatment versus conventional chemical processing of cotton," in *Advances in Textile Biotechnology*, 2010, pp. 132–149.
- [8] E. M. Araújo, M.; Melo e Castro, *Manual de Engenharia Têxtil Volume I*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1984.
- [9] R. Sinclair, *Textiles and Fashion: Materials, Design and Technology*. 2014.
- [10] M. M. Houck, *Identification of Textile Fibers*. Cambridge: Woodhead Publishing Limited in association with The Textile Institute, 2009.
- [11] J. V. Wakelyn, P. J.; Triplett, B. A., Edwards, *Cotton Fiber Chemistry and Technology*. CRC Press, 2007.
- [12] C. Vigneswaran, M. Ananthasubramanian, and P. Kandhavadi, "Bioprocessing of natural fibres," in *Bioprocessing of Textiles*, 2014, pp. 53–188.
- [13] S. R. Karmakar, "Kinds of fibres," in *Textile Science and Technology*, vol. 12, no. C, 1999, pp. 1–48.
- [14] J. W. S. Hearle, "Physical structure and properties of cotton," in *Cotton: science and technology*, Woodhead Publishing Limited in association with The Textile Institute, 2007.
- [15] P. Hauser, "Fabric Finishing: Pretreatment/Textile wet processing," in *Textiles and Fashion: Materials, Design and Technology*, 2015.

- [16] R. H. Mather, R. R., Wardman, "Cellulosic Fibres," in *The Chemistry of Textile Fibres*, Royal Society of Chemistry, 2011.
- [17] A. Hebeish, M. Hashem, N. Shaker, M. Ramadan, B. El-Sadek, and M. A. Hady, "New development for combined bioscouring and bleaching of cotton-based fabrics," *Carbohydr. Polym.*, vol. 78, pp. 961–972, 2009.
- [18] E. S. Abdel-Halim and S. S. Al-Deyab, "Low temperature bleaching of cotton cellulose using peracetic acid," *Carbohydr. Polym.*, no. 86, pp. 988–994, 2011.
- [19] W. S. Gandhi, K. L.; Sondhelm, "Technical fabric structures - 1. Woven fabrics," in *Handbook of Technical Textiles Volume 1: Technical Textile Processes*, 2^a, 2016.
- [20] "Propriedades físicas de uma linha," 2004. [Online]. Available: http://www.valfios.com/index.php?p=produtos&act=prod_m&id=4. [Accessed: 14-May-2017].
- [21] S. A. Belal, *Understanding Textiles For a Merchandiser*, 1^a. BMN3 Foundation, Dhaka, Bangladesh, 2009.
- [22] J. Neves, *Manual de Estamparia Têxtil*. Gráfigamelas, 2000.
- [23] L. Zhao, H. Mitomo, M. Zhai, F. Yoshii, N. Nagasawa, and T. Kume, "Synthesis of antibacterial PVA/CM-chitosan blend hydrogels with electron beam irradiation," *Carbohydr. Polym.*, vol. 53, no. 4, pp. 439–446, 2003.
- [24] K. Gebert, "Textile Auxiliaries, 4. Pretreatment Auxiliaries," in *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*, 2011.
- [25] J. N. Chakraborty, *Fundamentals and practices in colouration of textiles; 1 - Introduction to dyeing of textiles*. 2010.
- [26] C. Xu, D. Hinks, C. Sun, and Q. Wei, "Establishment of an activated peroxide system for low-temperature cotton bleaching using N-[4-(triethylammoniomethyl)benzoyl]butyrolactam chloride," *Carbohydr. Polym.*, 2015.
- [27] A. Ali, S., Khatri, A., Tanwari, "Integrated desizing – bçeaching – reactive dyeing process for cotton towel using glucose oxidase enzyme," *J. Clean. Prod.*, vol. 66, pp. 563–567, 2014.
- [28] W. Chen, L. Wang, D. Wang, J. Zhang, C. Sun, and C. Xu, "Recognizing a limitation of the TBLC-activated peroxide system on low-temperature cotton bleaching," *Carbohydr.*

- Polym.*, 2016.
- [29] A. K. Roy Choudhury, "Pre-treatment and preparation of textile materials prior to dyeing," in *Handbook of Textile and Industrial Dyeing*, 2011, p. 149.
- [30] C. Basto, T. Tzanov, and A. Cavaco-Paulo, "Combined ultrasound-laccase assisted bleaching of cotton," *Ultrason. Sonochem.*, 2007.
- [31] J. N. Chakraborty, *Fundamentals and Practices in Colouration of Textiles*. 2010.
- [32] K. Mahall, *Quality Assessment of Textiles Damage Detection by Microscopy*. Springer, 1993.
- [33] P. A. Carson, C. S. Fairclough, C. Mauduit, and M. Colsell, "Peroxy bleaches. Part 1. Background and techniques for hazard evaluation," *J. Hazard. Mater.*, vol. 136, no. 3, pp. 438–445, 2006.
- [34] M. Zhai, F. Yoshii, T. Kume, and K. Hashim, "Syntheses of PVA/starch grafted hydrogels by irradiation," *Carbohydr. Polym.*, vol. 50, no. 3, pp. 295–303, 2002.
- [35] F. Kawai and X. Hu, "Biochemistry of microbial polyvinyl alcohol degradation," *Applied Microbiology and Biotechnology*, vol. 84, no. 2, pp. 227–237, 2009.
- [36] R. Conway, "Technical textile finishing," in *Handbook of Technical Textiles Volume 1: Technical Textile Processes, 2^a.*, 2016.
- [37] M. Clark, *Handbook of Textile and Industrial: Principles, Processes and Types of Dyes*. Woodhead Published Limited, 2011.
- [38] Q. Fan, *Chemical testing of textiles*. 2005.
- [39] M. Janßen-Tapken, A.M.; Flatau, *Handbook for pretreatment, 2^a.* CHT, 2008.
- [40] I. Gonçalves, V. Herrero-Yniesta, I. Perales Arce, M. Escrigas Castañeda, A. Cavaco-Paulo, and C. Silva, "Ultrasonic pilot-scale reactor for enzymatic bleaching of cotton fabrics," *Ultrason. Sonochem.*, vol. 21, no. 4, pp. 1535–1543, 2014.
- [41] A. Flitsch, E. N. Prasetyo, C. Sygmund, R. Ludwig, G. S. Nyanhongo, and G. M. Guebitz, "Cellulose oxidation and bleaching processes based on recombinant *Myriococcum thermophilum* cellobiose dehydrogenase," *Enzyme Microb. Technol.*, vol. 52, pp. 60–67, 2013.
- [42] Hardin, *Finishing processes for fibrous assemblies in textile product design*. 2010.

- [43] K. Xie, C. Hu, and X. Zhang, "Low temperature bleaching and dyeing properties of modified cellulose fabrics with triazine derivative," *Carbohydr. Polym.*, 2012.
- [44] M. Hashem, M. El-Bisi, S. Sharaf, and R. Refaie, "Pre-cationization of cotton fabrics: An effective alternative tool for activation of hydrogen peroxide bleaching process," *Carbohydr. Polym.*, vol. 79, pp. 533–540, 2010.
- [45] P. T. B. J. G. Sun, "Whiteness improvement of citric acid crosslinked cotton fabrics: H₂O₂ bleaching under alkaline conditions," *Carbohydr. Polym.*, vol. 16.
- [46] P. Tang, B. Ji, and G. Sun, "Whiteness improvement of citric acid crosslinked cotton fabrics: H₂O₂ bleaching under alkaline condition," *Carbohydr. Polym.*, 2016.
- [47] S. R. Karmakar, "Bleaching of textiles," in *Textile Science and Technology*, 1999.
- [48] E. M. Araújo, M.; Melo e Castro, *Manual de Engenharia Têxtil Volume II*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1984.
- [49] "MODERN CONCEPTS FOR PAD-STEAM BLEACHING," 2017. [Online]. Available: <https://www.erbatech.com/home.html>. [Accessed: 30-May-2017].
- [50] Q. Fan, "Fabric chemical testing," in *Fabric testing*, 2008, pp. 125–147.
- [51] P. Bishop, *Fabric Testing*. 2008.
- [52] J. C. C. Freitas, "Controlo Estatístico de Processo e Análise de Defeitos," Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2016.
- [53] P. Bishop, "Testing for fabric comfort," in *Fabric Testing*, 2008, pp. 228–254.
- [54] "Morapex - Fast material tests for lab and production," *SedoTreepoint*, 2014. [Online]. Available: <https://www.sedo-treepoint.com/Products/Testing-Quality-Control/Morapex/4981/>. [Accessed: 25-May-2017].
- [55] C. Hurren, "Dyeing and colouring tests for fabrics," in *Fabric testing*, 2008, pp. 255–274.
- [56] O. W. Liew, P. C. J. Chong, L. Bingqing, and A. Asundi, "Signature Optical Cues: Emerging Technologies for Monitoring Plant Health," *Sensors*, vol. 8, pp. 3205–3239, 2008.
- [57] M. H. Shishir, "Mercerization," 2014. [Online]. Available: <https://pt.slideshare.net/sheshir/mercerization>. [Accessed: 10-Sep-2017].
- [58] J. Marôco, *Análise Estatística com o SPSS Statistics*, 5ª. Lisboa: ReportNumber Análise e Gestão da Informação, Lda, 2011.

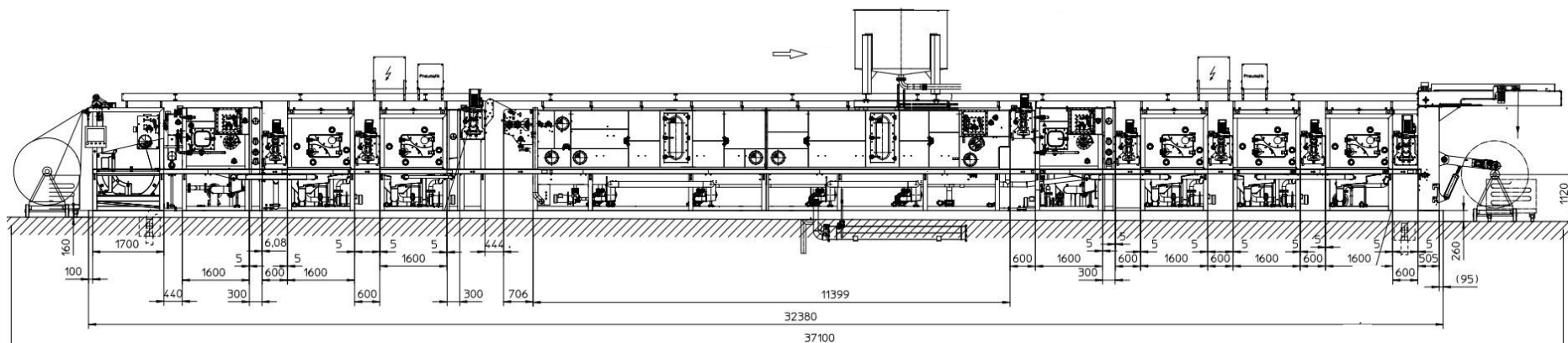
- [59] A. C. Elliott and W. a Woodward, *Statistical Analysis Quick Reference Guidebook: With SPSS Example*. 2007.
- [60] M. C. Bolfarine, Heleno; Sandoval, *Introdução à Inferência Estatística*. 2000.
- [61] R. Nisbet, J. E. Iv, and G. Miner, *Handbook of Statistical Analysis and Data Mining Applications: Robert Nisbet, John Elder IV, Gary Miner: 9780123747655: Amazon.com: Books*. 2009.
- [62] J. F. Hair, W. C. Black, B. J. Babin, and R. E. Anderson, "Multivariate Data Analysis," *Vectors*. p. 816, 2010.
- [63] S. Davidović *et al.*, "Impregnation of cotton fabric with silver nanoparticles synthesized by dextran isolated from bacterial species *Leuconostoc mesenteroides* T3," *Carbohydr. Polym.*, vol. 131, pp. 331–336, 2015.
- [64] M. O. Bulut, "Low temperature bleaching for reactive dyeing and top white knitted cotton fabric," *J. Clean. Prod.*, vol. 137, pp. 461–474, 2016.
- [65] M. MR, H. F, L. X, Zakaria, and Q. H, "A Study on the Effects of Pre-treatment in Dyeing Properties of Cotton Fabric and Impact on the Environment," *J. Text. Sci. Eng.*, vol. 6, no. 5, pp. 1–5, 2016.
- [66] A. Nallathambi and G. D. Venkateshwarapuram Rengaswami, "Industrial scale salt-free reactive dyeing of cationized cotton fabric with different reactive dye chemistry," *Carbohydr. Polym.*, vol. 174, pp. 137–145, 2017.
- [67] S. R. Karmakar, "Combined pre-treatment processes of textiles," in *Textile Science and Technology*, vol. 12, no. C, 1999, pp. 336–343.

ANEXOS

ANEXO 1 – DESENHO TÉCNICO COMPLETO DA MÁQUINA DE BRANQUEIO POR *PAD STEAM*

Para facilitar a interpretação do desenho técnico, este foi subdividido por partes para melhorar a caracterização de cada compartimento.

Anexo 1 – Desenho técnico da máquina de branqueio por *pad-steam*. Erbatech, 2016.



ANEXO 2 – DADOS REFERENTES AOS ENSAIOS REALIZADOS PARA AS PROPRIEDADES MECÂNICAS DA MÁQUINA DE BRANQUEIO POR PAD-STEAM.

Inicialmente na máquina para as telas de moda 100% algodão, estavam a desencilar e branquear na mesma máquina, o que não permitia que a desencilagem se desse de forma eficiente e não se removesse completamente o amido no final do processo. Além desse problema, a dispersão do banho de branqueio não era uniforme nos foulards do NIP, pois a pressão que estava a ser aplicada de 2,5 bar espremia o artigo mais numa das ourelas do que no centro, ou seja, obtinha-se diferentes valores de GB, e posteriormente, de GE. Esse valor de pressão passou a ser de 2,3 bar nos foulards do NIP, uma vez que, através do teste de pó de talco foi o que obteve melhores resultados de dispersão uniforme ao longo dos foulards. Outros parâmetros que foi alterado, foi a velocidade da máquina, que foi aumentada gradualmente até ao seu limite, de 50m/min.

Anexo 2 – Modificação dos parâmetros mecânicos da máquina de branqueio por pad-steam, e a sua influencia na percentagem de pick-up (%), GB, pH extração, amido e GE.

Condições utilizadas:	Tipo de artigo e fornecedor	Posição Amostra	Antes do NIP (pressão 5,5 bar)			Depois do NIP			Δ Pick-up (%)	GB (º Berger)	pH extração	Amido	GE (º Berger)			
			Peso molhado (g)	Peso seco (g)	Pick-up (%)	Peso Molhado (g)	Peso Seco (g)	Pick-up (%)								
Velocidade (m/min)	30	1538 Chemitex	Esq	1,7	1,2	43,0	1,9	1,2	52,9	9,9	74,3	7,5	6,0	15,1		
Pressão NIP (bar)	2,5		Centro	1,7	1,2	43,2	1,8	1,2	52,1	8,9	74,8	7,5	6,0	15,8		
			Dir	2,1	1,5	44,9	2,2	1,4	51,7	6,9	75,9	7,5	6,0	15,8		
Velocidade (m/min)	40	642 Tootal	Esq	2,3	1,1	112,0	1,7	1,0	70,4	-41,6	80,8	7,5	9,0	16,8		
			Centro	2,1	1,3	56,0	2,5	1,4	72,5	16,6	82,0	8,0	9,0	17,6		
			Dir	2,4	1,5	59,2	2,7	1,6	72,2	12,9	81,4	8,0	9,0	15,6		
		906 One Way Tex	Esq	1,9	1,2	55,0	2,3	1,4	70,6	15,6	73,9	8,0	9,0	16,9		
			Centro	2,2	1,4	57,2	2,3	1,3	75,6	18,3	74,6	8,0	9,0	15,2		
			Dir	2,6	1,6	60,0	2,3	1,3	78,3	18,3	68,2	8,0	9,0	15,0		
906 Tootal	Esq	1,9	1,3	52,8	1,9	1,1	69,9	17,1	77,2	8,0	9,0	15,5				
	Centro	2,0	1,3	54,5	2,0	1,1	75,0	20,5	80,5	8,0	9,0	16,9				
	Dir	2,3	1,5	57,0	2,6	1,5	72,3	15,3	78,7	8,0	9,0	16,8				
906 ADS	Esq	1,7	1,1	52,3	2,0	1,2	67,2	15,0	76,1	7,0	6,0	18,4				
	Centro	1,9	1,4	32,2	2,2	1,3	70,2	38,1	78,2	7,0	6,0	18,3				
	Dir	2,3	1,2	90,2	2,1	1,2	68,9	-21,4	74,8	7,5	6,0	17,9				
Velocidade (m/min)	40	901 URENTEL	Esq				3,3	1,6	107,5				85,7	7,0	7,0	15,5
Pressão NIP (bar)	2,5		Centro				4,3	2,0	110,9				85,3	7,0	7,0	15,5
			Dir				3,3	1,6	105,0				85,6	7,0	7,0	15,3
Velocidade (m/min)	40	901 URENTEL	Esq										83,0			
Pressão NIP (bar)	2		Centro										83,8			
			Dir										81,3			

ANEXO 3 – VALORES MÉDIOS DE TODOS OS ADOS RECOLHIDOS NOS DIFERENTES ENSAIOS ÀS TELAS MODA 100% ALGODÃO NO PROCESSO DE BRANQUEIO POR PAD-STEAM.

Anexo 3 – Valores médios das variáveis GB (º Berger), GE (º Berger), pH e capilaridade (segundos) para os dados recolhidos antes da implementação do novo roteiro, e para os ensaios de alteração da receita química (Quiterma, CHT e Farbotex), para os diferentes tipos de tela 100% CO (642, 901, 906, 1070 e 1538). Nas posições à largura (trama), ourela esquerda (esq), centro (cent) e ourela direita (dir).

ENSAIOS	Tipo de Artigo	GB (º Berger)			GE (º Berger)			pH			Capilaridade (seg)		
		Esq	Cent	Dir	Esq	Cent	Dir	Esq	Cent	Dir	Esq	Cent	Dir
Antes	642		81,6			13,5			6,5				
	901		84,0			13,4			6,5				
	906		81,6			15,1			6,5				
	1070		78,2			12,9			6,5				
	1538		78,8			13,7			6,5				
QUITERMA	642	78,0	78,4	78,8	13,2	14,0	14,1	6,5	6,5	6,5			
	906	73,1	72,7	73,1	14,1	14,4	14,9	8,5	8,5	8,5	27,0	28,0	19,0
	1538	69,5	73,1	68,7	13,2	12,9	12,9	6,4	6,3	6,4	91,0	75,7	73,7
CHT	642	76,5	78,0	79,3	13,6	14,8	14,2	5,5	5,5	5,5			
	901	83,1	82,0	81,9	13,9	13,8	13,7	8,3	8,5	8,3			
	906	76,5	77,5	76,6	15,1	15,4	15,3	5,5	5,5	5,3			
	1070	83,0	74,9	73,7	13,9	13,6	13,8	10,0	10,0	10,0			
	1538	72,1	72,2	71,0	13,7	13,9	13,5	5,8	5,8	5,7			
FARBOTEX	642		80,0		14,1	13,4	13,4						

ANEXO 4 – DADOS REFERENTES AO RESULTADOS ANTES DA IMPLEMENTAÇÃO DO NOVO PROCESSO E RECEITA QUÍMICA DE BRANQUEIO DAS TELAS MODA 100% ALGODÃO POR *PAD-STEAM*

Anexo 4 – Dados referentes ao tipo de tela utilizada, quanto ao pH de extração e hidrofiliidade associada, e quais os valores médios de GB, GE e Amido para cada um dos casos, antes da implementação deste projeto.

Rótulos de Linha	Média de Grau de Branco obtido	Média de Grau de Escuro	Média de Amido
1070			
6,5 - 7,0			
Boa	77,71		8,14
6,5 - 7,0 Total	77,71		8,14
7,0 - 7,5			
Boa	80,00		7,50
7,0 - 7,5 Total	80,00		7,50
7,5 - 8,0			
Boa	77,00		7,00
7,5 - 8,0 Total	77,00		7,00
8,0 - 8,5			
Boa	77,00		7,00
8,0 - 8,5 Total	77,00		7,00
1070 Total	78,00		7,82
1538			
6,0 - 6,5			
Boa	79,00		
6,0 - 6,5 Total	79,00		
6,5 - 7,0			
Boa	80,50	12,00	8,50
6,5 - 7,0 Total	80,50	12,00	8,50
1538 Total	80,00	12,00	8,50
Total			
6,0 - 6,5			
Boa	82,67		8,00
6,0 - 6,5 Total	82,67		8,00
6,5 - 7,0			
Boa	81,93	13,11	7,27
6,5 - 7,0 Total	81,93	13,11	7,27
7,0 - 7,5			
Boa	80,00	12,00	7,00
7,0 - 7,5 Total	80,00	12,00	7,00
642 Total	81,95	13,00	7,37
6,0 - 6,5 Total	85,00		7,00
6,5 - 7,0			
Boa	84,03	13,50	8,10
6,5 - 7,0 Total	84,03	13,50	8,10
7,0 - 7,5			
Boa	84,67	12,50	7,67
7,0 - 7,5 Total	84,67	12,50	7,67
901 Total	84,12	13,40	8,03
906			
6,0 - 6,5			
Boa	84,00	16,50	8,50
6,0 - 6,5 Total	84,00	16,50	8,50
6,5 - 7,0			
Boa	81,79	15,23	8,00
6,5 - 7,0 Total	81,79	15,23	8,00
7,0 - 7,5			
Boa	83,00	11,00	7,00
7,0 - 7,5 Total	83,00	11,00	7,00
906 Total	82,05	15,24	8,00
Total Geral	82,23	13,94	7,86

ANEXO 5 – DADOS REFERENTES AO RESULTADOS DA IMPLEMENTAÇÃO DO NOVO PROCESSO E RECEITA QUÍMICA DE BRANQUEIO DAS TELAS MODA 100% ALGODÃO POR PAD-STEAM

Anexo 5 – Dados referentes ao tipo de tela utilizada, quanto ao pH de extração e hidrofiliidade associada, e quais os valores médios de GB, GE e Amido para cada um dos casos, com a aplicação deste projeto.

Rótulos de Linha	Média de Grau de Branco obtido	Média de Amido	Média de Grau de Escuro
1070			
6,0 - 6,5			
Boa	76,50	9,00	13,00
6,0 - 6,5 Total	76,50	9,00	13,00
6,5 - 7,0			
Boa	78,32	8,26	12,50
Elevada	75,00	9,00	
6,5 - 7,0 Total	78,23	8,29	12,50
7,0 - 7,5			
Boa	77,00	8,00	13,40
7,0 - 7,5 Total	77,00	8,00	13,40
7,5 - 8,0			
Boa	79,00	7,80	
7,5 - 8,0 Total	79,00	7,80	
8,0 - 8,5			
Boa	77,00	7,00	
8,0 - 8,5 Total	77,00	7,00	
9,0 - 14,0			
Boa	77,00	9,00	
9,0 - 14,0 Total	77,00	9,00	
1070 Total	77,83	8,17	13,00
1538			
6,0 - 6,5			
Boa	79,00		
Elevada	76,00	9,00	
6,0 - 6,5 Total	77,50	9,00	
6,5 - 7,0			
Baixa	78,00	9,00	
Boa	80,00	8,60	13,50
Elevada	83,00	9,00	
6,5 - 7,0 Total	80,08	8,67	13,50
1538 Total	79,73	8,69	13,67
642			
5,5 - 6,0			
Boa	81,33	8,83	
5,5 - 6,0 Total	81,33	8,83	
6,0 - 6,5			
Boa	81,56	7,89	15,00
Muito Baixa	79,50	8,50	14,00
6,0 - 6,5 Total	81,18	8,00	14,33
6,5 - 7,0			
Baixa	82,00	9,00	
Boa	82,21	7,58	13,43
6,5 - 7,0 Total	82,21	7,62	13,43
7,0 - 7,5			
Boa	81,71	8,00	13,00
7,0 - 7,5 Total	81,71	8,00	13,00
642 Total	81,86	7,86	13,52
901			
6,0 - 6,5			
Boa	85,00	7,50	
6,0 - 6,5 Total	85,00	7,50	
6,5 - 7,0			
Boa	83,82	8,09	13,48
6,5 - 7,0 Total	83,82	8,09	13,48
7,0 - 7,5			
Boa	83,75	7,50	13,00
7,0 - 7,5 Total	83,75	7,50	13,00
901 Total	83,88	8,00	13,42
906			
5,5 - 6,0			
Boa	83,00	7,00	
5,5 - 6,0 Total	83,00	7,00	
6,0 - 6,5			
Baixa	80,00	9,00	
Boa	83,33	8,33	16,50
Elevada	82,20	9,00	14,00
6,0 - 6,5 Total	82,33	8,78	15,25
6,5 - 7,0			
Baixa	81,00	6,50	14,00
Boa	81,64	8,08	15,29
6,5 - 7,0 Total	81,59	7,96	15,22
7,0 - 7,5			
Boa	80,00	8,00	13,50
7,0 - 7,5 Total	80,00	8,00	13,50
906 Total	81,63	8,12	15,16
Total Geral	80,87	8,08	13,92

