

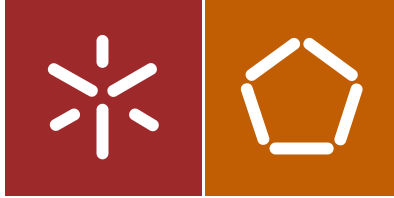


Flávio Avanci de Souza

Concepção de um Fio com Baixa Massa Linear
Utilizando Algodão Brasileiro

Universidade do Minho
Escola de Engenharia





Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Flávio Avanci de Souza

Concepção de um Fio com Baixa Massa Linear
Utilizando Algodão Brasileiro

Tese de Doutorado
Engenharia Têxtil

Trabalho efetuado sob a orientação de
Professora Doutora Rosa Maria Castro Fernandes
Vasconcelos
Professor Doutor Gilberto Clóvis Antonelli

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração da presente tese. Confirmando que em todo o trabalho conducente à sua elaboração não recorri à prática de plágio ou a qualquer forma de falsificação de resultados.

Mais declaro que tomei conhecimento integral do Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

Universidade do Minho, 25 de abril de 2018.

Nome completo: Flávio Avanci de Souza

Assinatura: _____



“Pesquisa para conhecer o que ainda não conheço e comunicar ou anunciar a novidade”.

Paulo Freire

Dedico esta tese à minha esposa Luzia Janete Queiroz de Souza;

Aos meus Filhos Bruno Queiroz de Souza,

Ellen Queiroz de Souza e

Hugo Queiroz de Souza.

Pois estes me incentivaram e entenderam a necessidade de me ausentar do seio de minha família para dedicar-me à academia.

Agradeço primeiramente a Deus, o ser supremo que proporciona todas as oportunidades de nossas vidas.

Em especial, agradeço a meus pais (*in memoriam*), pois eles me impulsionaram para os primeiros passos estudantis e me incentivaram até à minha graduação, e à minha família, que continua a me incentivar no caminho acadêmico e no qual, hoje, consigo vencer mais um degrau.

Os meus sinceros agradecimentos à minha orientadora, Professora Doutora Rosa Maria Castro Fernandes Vasconcelos, pelo incentivo, apoio e direcionamento dos caminhos a trilhar na busca de atingir os objetivos almejados.

Ao meu Coorientador Professor Doutor Gilberto Clóvis Antonelli pelo apoio e revisões de forma a consolidar o presente projeto.

Tenho como dever estender os meus agradecimentos:

A todos os Professores e Técnicos do Programa de Doutorado em Engenharia Têxtil da Universidade do Minho que contribuíram e colaboraram para a realização e conclusão deste doutorado. Em especial, aos Professores Fernando Batista Nunes Ferreira, Rosa Maria Castro Fernandes Vasconcelos e Raul Manuel Esteves de Sousa Fangueiro.

A todos os Professores e Servidores da Universidade Tecnológica Federal do Paraná e da Universidade Estadual de Maringá, que não mediram esforços para poder consolidar e realizar este projeto de Doutorado em Engenharia Têxtil numa parceria entre as três instituições. Em especial, aos Professores Fabio Kurt Schneider, Aloysio Gomes de Souza Filho, Manoel Messias Alvino de Jesus, Ana Cláudia Ueda, André Luiz Tessaro, Mauro Ravagnani e Washington Luiz Felix Santos.

À Cocamar Cooperativa Agroindustrial, que possibilitou a realização de grande parte dos ensaios na sua unidade fabril sem medir esforços para contribuir com este trabalho, haja vista que o mesmo foi desenvolvido na sua linha produtiva. Em especial, agradeço a Valquíria Demarchi Arns, Nivonde Barbosa, Eliane Esteves, Claudiney Alves, José Donizete, Ricardo Alvarenga Procópio, Ângela Martins e Micheline Tuma Maia.

À Toyota Máquinas Têxteis do Brasil, por realizar testes na sua sede no Japão e também por possibilitar alguns contatos com empresas para a obtenção de informações, materiais e acessórios, estando entre estas a Companhia Industrial Cataguases e a Têxtil Bezerra de Menezes, às quais estendo os agradecimentos. Um agradecimento especial a Paulo César da Silva e a Ariane de Oliveira Sanches, da empresa Toyota Máquinas Têxteis do Brasil, bem como a Cleber Rezende Martins, da Companhia Industrial Cataguases.

A Sérgio da Costa Vieira, da Fundação Blumenauense de Estudos Têxteis (FBET), que auxiliou com dados técnicos de HVI e qualidades de fios.

A todos os colegas de turma, pois neste período constituímos uma verdadeira família e mantivemos um convívio construtivo que fará parte de nossas vidas.

À Banca Examinadora, que contribuiu no processo de defesa e consolidação deste trabalho.

Às Pessoas e Empresas que direta ou indiretamente contribuíram para a conclusão deste projeto, em especial a Edivaldo Santos Silva, que contribuiu na obtenção de amostras de algodão e com contatos com empresas comercializadoras de algodão, a Antônio Evedove, que contribuiu com informações sobre o fio Rayon Viscose, e a Belisa Bernardi, que contribuiu com amostras e informações de multifilamentos contínuos de poliamida.

Muito obrigado!

Projeto de Cooperação Académica entre a Universidade do Minho (Portugal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná (Brasil) e Universidade Estadual de Maringá (Brasil) financiado operacionalmente pela Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Paraná (Brasil).

Concepção de um Fio com Baixa Massa Linear Utilizando Algodão Brasileiro

O objetivo deste trabalho foi o estudo e a análise de processos de fiação que permitissem produzir um fio de algodão de baixa massa linear utilizando algodão produzido no Brasil. Este tipo de fio é produzido, normalmente, com algodão do Egito, dadas as características intrínsecas das fibras. Ao longo deste trabalho, são abordados conceitos sobre fibras de algodão e fibras manufaturadas, tecnologias de fiação, características de fios e custos de produção. No que concerne à metodologia adotada, a pesquisa foi classificada como qualitativa e quantitativa, utilizando-se o método científico de investigação-ação. Nesta pesquisa foram utilizados procedimentos para a produção de fios em fiações de algodão e normas para ensaios e análises de fibras e fios. Foram estudadas as características das fibras de algodão brasileiro e egípcio, assim como as de fios produzidos com as mesmas, objetivando formar uma base de dados de referência. Apresentou-se a produção dos fios propostos e a discussão dos resultados. Concluiu-se que foi possível a concepção de um fio com baixa massa linear utilizando o algodão brasileiro a um custo menor do que um fio produzido com algodão egípcio, pelo que a presente tese contribuiu para a quebra de paradigmas relacionados com a utilização do algodão brasileiro para a produção de fios 10 tex, 7 tex e 6 tex. Este trabalho possibilitará novos estudos, como, por exemplo, de seleções de matérias-primas, misturas de fibras ou ajustes de equipamentos, proporcionando melhoria da qualidade aquando da utilização do algodão brasileiro para a produção de fios de baixa massa linear.

Palavras-Chave

Fiação de algodão; fio de algodão; sistema de fiação; massa linear; *corespun yarn*.

Design of a Yarn with Low Linear Mass Using Brazilian Cotton

The objective of this work was the study and analysis of spinning processes that would allow producing a cotton yarn with low linear mass using cotton produced in Brazil. This type of yarn is usually produced with cotton from Egypt, given the intrinsic characteristics of fibers. Throughout this research are discussed concepts about cotton fibers and manufactured fibers, spinning technologies, yarn characteristics and production costs. Regarding the adopted methodology, the research was classified as qualitative and quantitative, using the scientific method of investigation-action. In addition, in this research were used procedures to produce yarns in spinning cotton and standards for testing and analysis of fiber and yarns. Characteristics of Brazilian and Egyptian cotton fibers were studied, as well as those of yarns produced with them, aiming to form a reference base. The production of yarns and the discussion of the results were presented. It was concluded that it was possible to design a yarn with low linear mass using Brazilian cotton, at a lower cost than a yarn produced with Egyptian cotton, being that the present thesis contributed to a paradigm break concerning the use of Brazilian cotton for the production of 10 tex, 7 tex and 6 tex yarns. This work will allow new studies, such as the selection of raw materials, fiber mixtures or equipment adjustments, improving quality when using Brazilian cotton for the production of low linear mass yarns.

Key Words

Cotton spinning; cotton yarn; spinning system; linear mass; corespun yarn.

Agradecimentos	ix
Resumo	xiii
Abstract	xiv
Índice Geral	xv
Índice de Figuras	xix
Índice de Quadros	xxi
1. Introdução	1
1.1. Problema da Pesquisa	2
1.2. Justificativa da Pesquisa	2
1.3. Objetivos da Pesquisa	3
1.3.1. Objetivo Geral	3
1.3.2. Objetivos Específicos	3
1.4. Estrutura da Tese	4
2. Enquadramento Teórico	5
2.1. Fibras de Algodão	5
2.2. Fibras Manufaturadas	10
2.2.1. Poliéster	11
2.2.2. Poliamida	12
2.2.3. Viscose	13
2.3. Tecnologia de Fiação	14
2.3.1. Processos (Sistemas) de Fiação	14
2.3.2. Operações de Fiação	18
2.4. Características ou Especificação dos Fios	25
2.4.1. Massa Linear	25
2.4.2. Irregularidade e Número de Defeitos	26
2.4.3. Tenacidade	28
2.4.4. Fibras por Secção Transversal do Fio	29
2.5. A Influência da Matéria-prima e do Processo de Fiação na Qualidade dos Fios	30
2.6. Parâmetros de Massa e Dinamométricos de Fios de Algodão	34
2.7. Parâmetros que Influenciam o Custo de Produção	37

3.	Metodologia	39
3.1.	Classificação da Pesquisa	39
3.2.	Método Científico.....	39
3.3.	Técnicas da Pesquisa	40
3.4.	Desenvolvimento da Pesquisa.....	41
3.5.	Etapas de Realização da Produção de Fios	42
4.	Produção dos Fios, Resultados e Discussões	45
4.1	Dados de Referência.....	45
4.1.1	Fiações do Estado do Paraná (Brasil)	45
4.1.2	Fibras e Fios – Algodão Brasileiro e Egípcio	47
4.2	Produção dos Fios	55
4.2.1	Etapa 1 – Formação de Base de Referência para a Produção dos Fios Propostos	55
4.2.2	Etapa 2 – Produção dos Fios Propostos	62
4.2.3	Etapa 3 – Produção dos Fios Propostos com Ajustes das Massas Lineares Utilizadas na Etapa 2	74
4.2.4	Etapa 4 – Produção dos Fios Propostos com Alteração de Ajustes de Penteadeira e Alteração do Fluxo de Processo	81
4.2.5	Etapa 5 – Produção do Fio <i>Corespun</i>	90
4.2.6	Etapa 6 – Produção do Fio Anel e Anel Compacto em Filatórios Toyota.....	96
4.2.7	Resumo de Desenvolvimento dos Fios Produzidos.....	102
4.3	Análise Global	103
4.4	Análise de Microscopia de Fios	107
4.5	Construção de Tecido Plano	112
4.6	Análise de Custos	116
5.	Conclusões e Perspetivas Futuras	121
	Referências.....	127
	Apêndices.....	131
	Apêndice 01 - Dados Mecânicos de Carda	131
	Apêndice 02 - Dados Mecânicos de Passadeira – Primeira Passagem.....	132
	Apêndice 03 - Dados Mecânicos de Reunideira	133
	Apêndice 04 - Dados Mecânicos de Penteadeira	134
	Apêndice 05 - Dados Mecânicos de Passadeira – Segunda Passagem	135
	Apêndice 06 - Dados Mecânicos de Passadeira – Terceira Passagem	136

Apêndice 07 - Dados Mecânicos de Maçaroqueira.....	137
Apêndice 08 - Dados Mecânicos de Filatório - Etapa 1	138
Apêndice 09 - Dados Mecânicos de Filatório - Etapa 2	139
Apêndice 10 - Dados Mecânicos de Filatório - Etapa 3	140
Apêndice 11 - Dados Mecânicos de Filatório - Etapa 4	141
Apêndice 12 - Dados Mecânicos de Filatório - Etapa 5	142
Apêndice 13 - Dados Mecânicos de Filatórios Anel - Toyota Máquinas Têxteis – Etapa 6.....	143
Apêndice 14 - Dados Mecânicos de Filatórios Anel Compacto - Toyota Máquinas Têxteis - Etapa 6 ..	144
Apêndice 15 – Parâmetros de Ensaio Realizados na Cocamar Cooperativa Agroindustrial	145
Apêndice 16 – Parâmetros de Ensaio de Resistência de Tecidos Realizados na Universidade do Minho	146
Apêndice 17 – Logística de envio de Materiais para Toyota Máquinas Têxteis.....	147
Apêndice 18 – Relação de Termos Têxteis.....	148
Apêndice 19 – Imagens de Fios e Tecidos Obtidos nos Desenvolvimentos.....	149
Anexos	151
Anexo 1 – Tabela de Estiragem Total da Maçaroqueira Toyota FL 200.....	151
Anexo 2 – Tabela de Estiragem Total de Filatório Fasa-Zinser 260	152
Anexo 3 – Tabela de Torção por Polegada do Filatório Fasa-Zinser 260.....	153
Anexo 4 – Declaração da Cocamar Cooperativa Agroindustrial	154
Anexo 5 – Equações para Cálculos de Custo de Produção	155

Figura 2.1: Distribuição do consumo mundial de fibras têxteis	6
Figura 2.2: Mapa do algodão egípcio – safra 2016/2017	8
Figura 2.3: Sistemas de fiação	15
Figura 2.4: Comparativo de aparência de fio	16
Figura 2.5: Fusos instalados no mundo	17
Figura 2.6: Sistema de acionamento mecânico e por motores inversores.....	20
Figura 2.7: Filatório Fasa-Zinser modelo 260 (original e adaptado com sistema Pinter)	21
Figura 2.8: Curva de tenacidade-torção	22
Figura 2.9: Sentido da torção	23
Figura 3.1: Investigação-Ação.....	40
Figura 4.1: Aparelhos de ensaios de fibras e fios	57
Figura 4.2: Passadeira Toyota	63
Figura 4.3: Execução do plano de ensaio na maçarqueira Toyota.....	64
Figura 4.4: Filatório Fasa-Zinser 260	65
Figura 4.5: Filatório Fasa-Zinser 260 com Sistema <i>Pinter</i>	66
Figura 4.6: Passadeira Trutzschler	74
Figura 4.7: Penteadeira Toyota.....	83
Figura 4.8: Adaptação kit corespun	92
Figura 4.9: Scanning Electron Microscopy (SEM) – FEI Nova NanoSEM 200	107
Figura 4.10: Imagens das estruturas dos fios	108
Figura 4.11: Preparação de amostras de fios com resina EPOFIX	109
Figura 4.12: Imagens de cortes transversais de fios resinados.....	110
Figura 4.13: Tear Plano Dornier	112
Figura 4.14: Padronagem	113
Figura 4.15: Dinamômetro Hounsfield H100 KS.....	114

Quadro 2.1: Classificação de fibras	6
Quadro 2.2: Análise HVI - Algodão Egípcio Gizas (HUSSEIN)	8
Quadro 2.3: Análise HVI - Algodão Egípcio (FBET).....	9
Quadro 2.4: Análise HVI – Algodão Mato Grosso.....	10
Quadro 2.5: Coeficientes de torção	24
Quadro 2.6: Análises de fio convencional penteado para malharia (algodão brasileiro)	35
Quadro 2.7: Análise de fio compacto penteado para tecelagem (algodão egípcio).....	35
Quadro 2.8: Levantamento de qualidade de fios – Uster.....	36
Quadro 3.1: Etapas de realização da produção de fios.....	43
Quadro 4.1: Resultado de pesquisa em fiações do Paraná (Brasil)	46
Quadro 4.2: Análise HVI do algodão utilizado (algodão brasileiro).....	48
Quadro 4.3: Análise HVI de algodão egípcio	48
Quadro 4.4: Estatística Uster - Análise de fibras.....	49
Quadro 4.5: Parâmetros de qualidade de algodão egípcio Giza 86 e Giza 88	50
Quadro 4.6: Análise de fio 20 tex produzido na Cocamar – Filatório RX240	51
Quadro 4.7: Análise de fio 10 tex compacto produzido com algodão egípcio (Unidade Fabril Minas Gerais 1)	52
Quadro 4.8: Análise de fios produzidos com algodão egípcio Giza 86 – 10 tex compacto	53
Quadro 4.9: Análise de fios produzidos com algodão egípcio Giza 88 – 7 tex	54
Quadro 4.10: Estatística Uster (Comparativo de Percentil)	54
Quadro 4.11: Dados mecânicos do filatório Fasa-Zinser 260 (Etapa1).....	56
Quadro 4.12: Resumo de produção da Etapa 1	58
Quadro 4.13: Análise HVI de algodão brasileiro em linha de produção - Etapa 1	59
Quadro 4.14: Análise de parâmetros de massa dos setores de preparação - Etapa 1	59
Quadro 4.15: Estatística Uster – Passadeira de segunda passagem e Maçaroqueira – Etapa 1	60

Quadro 4.16: Análises de parâmetros de massa e dinamométricos de filatórios – Etapa 1 (Fasa-Zinser 260)	61
Quadro 4.17: Estatística Uster – Percentil (Etapa 1)	62
Quadro 4.18: Dados mecânicos do filatório Fasa-Zinser 260 (Etapa 2).....	66
Quadro 4.19: Resumo de produção da Etapa 2	67
Quadro 4.20: Análise HVI de algodão brasileiro em linha de produção - Etapa 2	68
Quadro 4.21: Análise de parâmetros de massa de setores de preparação - Etapa 2	69
Quadro 4.22: Estatística Uster – Passadeiras de segunda passagem e maçarqueira – Etapa 2	69
Quadro 4.23: Análise de parâmetros de massa e dinamométricos de filatórios – Etapa 2.....	71
Quadro 4.24: Estatística Uster – Percentil (Etapa 2)	72
Quadro 4.25: Dados mecânicos do filatório Fasa-Zinser 260 (Etapa 3).....	75
Quadro 4.26: Resumo de produção da Etapa 3	76
Quadro 4.27: Análise HVI de algodão brasileiro em linha de produção - Etapa 3	77
Quadro 4.28: Análise de parâmetros de massa de setores de preparação - Etapa 3	78
Quadro 4.29: Estatística Uster – Passadeira de segunda passagem e maçarqueira – Etapa 3.....	78
Quadro 4.30: Análises de parâmetros de massa e dinamométricos de filatórios – Etapa 3.....	79
Quadro 4.31: Estatística Uster – Percentil (Etapa 3)	80
Quadro 4.32: Contraprova de análises de parâmetros de massa e dinamométricos de filatórios – Fio 6 tex	81
Quadro 4.33: Parâmetros de qualidade de monitoramento de matéria-prima	82
Quadro 4.34: Análises HVI anterior e posterior a ajustes de penteadeira	83
Quadro 4.35: Dados mecânicos do filatório Fasa-Zinser 260 (Etapa 4).....	85
Quadro 4.36: Resumo de produção da Etapa 4	86
Quadro 4.37: Análises HVI de algodão brasileiro em linha de produção – Etapa 4.....	87
Quadro 4.38: Análise de parâmetros de massa de setores de preparação – Etapa 4.....	87
Quadro 4.39: Estatística Uster - Passadeira (segunda e terceira passagem) e Maçarqueira (Etapa 4)....	88
Quadro 4.40: Análises de parâmetros de massa e dinamométricos de filatórios – Etapa 4.....	89
Quadro 4.41: Estatística Uster – Percentil (Etapa 4)	90

Quadro 4.42: Filamentos contínuos.....	91
Quadro 4.43: Dados técnicos do filatório Fasa-Zinser 260 (Etapa 5).....	92
Quadro 4.44: Análises de parâmetros de massa e dinamométricos de filatórios – Etapa 5.....	94
Quadro 4.45: Estatística Uster – Percentil (Etapa 5)	95
Quadro 4.46: Análises de parâmetros de massa e dinamométricos do filatório anel (Toyota Japão) (Etapa 6)	98
Quadro 4.47: Estatística Uster – Percentil fios anéis (Etapa 6)	99
Quadro 4.48: Análises de parâmetros de massa e dinamométricos do filatório anel compacto (Toyota Japão) – Etapa 6	100
Quadro 4.49: Estatística Uster – Percentil fios anéis compactos (Etapa 6)	101
Quadro 4.50: Resumo de desenvolvimento dos fios produzidos	102
Quadro 4.51: Análise global dos fios – Resultados	104
Quadro 4.52: Análise global dos fios – Estatística Uster.....	105
Quadro 4.53: Contagem de fibras por secção do fio	111
Quadro 4.54: Programação de inserções de trama	113
Quadro 4.55: Resistência de tecidos (Sentido da trama)	115
Quadro 4.56: Produção (Kg/dia)	117
Quadro 4.57: Cotações de matéria-prima	117
Quadro 4.58: Custo de produção de fios	118

1. Introdução

O algodão é a principal matéria-prima para a produção de fios têxteis no mercado brasileiro. Segundo Brunholi (2014), aproximadamente 60% dos custos de produção de uma fiação referem-se à matéria-prima, assim, além da necessidade de se aprimorar a gestão industrial, racionalizando a sua utilização (apurando e reduzindo desperdícios), existem os desafios relativos ao desenvolvimento constante de pesquisas para se obter novos fios têxteis. Além deste fato, a matéria-prima também é um fator determinante para se definir os fios a produzir, pois existem diversos fatores técnicos que devem ser considerados na programação e produção dos fios de algodão.

O Brasil tem-se mantido, nos últimos anos, entre os cinco maiores produtores mundiais de algodão, está entre os maiores exportadores da fibra e apresenta um cenário promissor no mercado interno, visto que o país é um dos maiores consumidores de algodão em pluma do mundo (ABRAPA, 2017).

A transformação do algodão em pluma para a formação de fios têxteis dá-se com recurso a um conjunto de equipamentos com finalidades específicas, cujas configurações podem variar de empresa para empresa. Segundo Rieter (2014a)¹, a questão da escolha sobre qual o sistema a utilizar nem sempre é fácil, pois está relacionada com a aplicação do fio, exigências do produto final, matéria-prima utilizada, necessidades económicas da fiação e base de clientes do fabricante de fios. Desta forma, a definição da escolha entre um sistema ou outro deve estar pautada na relação entre custo e benefício.

De acordo com o IEMI (2016), a produção de fios no Brasil no ano de 2015 foi de aproximadamente 999 mil toneladas e, conforme a massa linear de fios produzidos, esta foi dividida em fios grossos (até 49 tex), fios médios (de 48,9 tex a 25 tex) e fios finos (abaixo de 25 tex). Segundo Costa (2014), também há a classificação de fios com base em duas vertentes, igualmente relacionadas com a massa linear, sendo estas a produção de fios grossos, médios e finos (até 15 tex) utilizando as fibras de algodão brasileiro de comprimento médio (de 28 a 30 mm) e a produção de fios finos e extrafinos (de 14 tex a 5 tex) utilizando fibras de algodão importado de comprimento longo e extralongo (de 31 a 41 mm).

¹ www.rieter.com/en/spun-yarn-systems/products/

O principal objetivo da pesquisa é o estudo e análise de processos de fiação que permitam produzir um fio com baixa massa linear utilizando algodão brasileiro, no entanto, a um custo menor do que um fio produzido com algodão egípcio.

1.1. Problema da Pesquisa

Devido às suas características, não é usual produzir fios finos e extrafinos (de 14 tex a 5 tex) a partir das fibras do algodão brasileiro, pois estas possuem características de fiabilidade (comprimento, finura e tenacidade) que, combinadas com fatores tecnológicos, diminuem a possibilidade de obtenção de fios com menores massas lineares mantendo características aceitáveis de qualidade, desta forma, a produção de fios utilizando o algodão brasileiro é restringida até 15 tex (tecnologia Anel e Compacto, ambos penteados).

1.2. Justificativa da Pesquisa

A classificação das fibras de algodão em curta, média, longa ou extralonga dá-se através do comprimento em milímetros ou polegadas. Na safra de 2010/2011, a nível mundial, 97% das fibras de algodão produzidas foram fibras curtas ou médias e apenas 3% das fibras foram longas ou extralongas, produzidas no Egito, Estados Unidos e Peru. O cultivo de fibras longas/extralongas requer manejos específicos para produzi-las, nomeadamente, a necessidade de cultivo em região desértica sob irrigação por gotejo ou infiltração, em ambientes livres de doenças foliares e de insetos “bicudos”. Acrescenta-se ainda a necessidade de extração das fibras por processos de descaroçamento por rolos e a comercialização da fibra baseada em faixas de preços em consonância com os comprimentos obtidos. Além do alto investimento em pesquisa e do controle por parte do governo egípcio em relação às áreas a serem plantadas, à comercialização e plantio de sementes, ao controle do uso de defensivos, ao preço do mercado interno e ao preço para a exportação de fibras e fios, existem os fatores de plantio e colheita manual em grande parte da produção, proporcionando a possibilidade de colheita de capulhos maduros e a preservação das fibras. Estas necessidades para o cultivo de fibras longas/extralongas são consideradas como problemas de cultivo para o algodão brasileiro (FREIRE, 2011).

Estes fatores proporcionam um alto valor agregado ao algodão egípcio importado para o Brasil (fibra longa e extralonga), justificando-se, assim, a proposta de produção de fios finos e extrafinos com algodão brasileiro a um custo menor do que o custo de fios produzidos com algodão importado (egípcio). A cotação do algodão brasileiro em meados de março de 2015 era de R\$ 4,39/Kg e a cotação do algodão egípcio era de R\$ 10,11/Kg (Cotação do Dólar Americano em Reais em março de 2015 – R\$ 3,16), segundo o relatório USDA (2015), isto sem a inclusão de custos de importação do algodão egípcio para o Brasil. A produção de fios extrafinos com o algodão brasileiro possibilitaria novas perspectivas de desenvolvimento de fios no mercado brasileiro.

1.3. Objetivos da Pesquisa

São apresentados na sequência o objetivo geral e os objetivos específicos da presente pesquisa.

1.3.1. Objetivo Geral

A presente pesquisa tem como objetivo o estudo e análise de processos de fiação que permitam produzir fios com baixa massa linear utilizando o algodão brasileiro, no entanto, a um custo menor do que os fios produzidos com algodão egípcio.

1.3.2. Objetivos Específicos

Com o propósito de atender ao objetivo geral, elaboraram-se os seguintes objetivos específicos:

- Identificar características intrínsecas de fibras de algodão brasileiro e algodão egípcio;
- Estudar e analisar os sistemas e processos de fiação;
- Identificar os parâmetros de qualidade de fitas e pavios dos setores de preparação da linha produtiva anel penteada para compor a base de referência para a realização das experiências;
- Identificar os parâmetros de qualidade de fios produzidos com algodão brasileiro e de fios produzidos com algodão egípcio (parâmetros de massa e ensaios dinamométricos);
- Produzir e identificar os parâmetros de qualidade dos fios propostos (10 tex, 7 tex e 6 tex).

1.4. Estrutura da Tese

A presente tese encontra-se dividida em cinco capítulos:

No primeiro capítulo é efetuada a introdução do tema, com uma pequena apresentação sobre o algodão e os desafios das indústrias na busca de novos produtos, assim como o problema da pesquisa, a justificação referente à execução deste trabalho, o objetivo geral e os objetivos específicos da pesquisa.

No segundo capítulo é apresentado o enquadramento teórico e discorre-se sobre os temas concernentes à fibra de algodão, às fibras manufaturadas e às tecnologias de fiação, bem como o estado da arte sobre os processos de produção de fios, características de fios e custos de produção de fios.

No terceiro capítulo são descritos os aspetos metodológicos, métodos e técnicas que subsidiam os meios para a orientação dos investigadores na busca do conhecimento, destacando-se a classificação da pesquisa, métodos científicos, técnicas para o desenvolvimento da pesquisa e aspetos sobre o desenvolvimento da pesquisa.

O quarto capítulo versa sobre a produção dos fios propostos, os resultados e a discussão. São apresentados os resultados relativamente às características das fibras de algodão brasileiro e egípcio, bem como os parâmetros de qualidade dos fios produzidos com as mesmas, dados mecânicos de máquinas e fatores que dificultaram a produção dos fios propostos nos planos de ensaios realizados.

No quinto capítulo expõem-se as conclusões obtidas no desenvolvimento deste trabalho e as perspectivas futuras acerca da continuidade do tema proposto.

2. Enquadramento Teórico

Neste capítulo é efetuada a revisão da literatura, abordando-se as características da fibra de algodão, das fibras manufaturadas e dos processos de fiação, bem como as características de fios e os custos de produção, proporcionando um suporte teórico para o desenvolvimento da presente pesquisa.

2.1. Fibras de Algodão

No Brasil, o consumo de fibras de algodão em pluma na safra de 2014/2015 foi de 835 mil toneladas e a produção foi de 1,5 milhões de toneladas. O algodão em pluma é a principal matéria-prima da indústria têxtil brasileira, sendo este setor o segundo maior gerador de empregos na indústria de transformação no Brasil. O país é o 6º em área plantada de algodão, o 5º maior produtor, destaca-se com altos índices de produtividade e está entre os maiores produtores e exportadores de algodão (ABRAPA, 2015).

Segundo Laktin et. al. (2017), o consumo de algodão totalizava, em 2004, 54% do consumo mundial, fator que faz do algodão a fibra mais importante a nível mundial, com aplicações no vestuário, decoração, cama, mesa e banho, isto devido à sua boa aparência, bom toque, às propriedades de durabilidade e ao seu conforto, sendo, conseqüentemente, o seu uso recomendado principalmente em regiões de clima quente.

Conforme Rieter (2014a), o algodão continuará a ser a fibra predominante no consumo mundial, pois a previsão para o ano de 2030 aponta para um aumento no consumo de algodão e de fibras celulósicas curtas, com uma redução no consumo de poliéster, como pode ser observado na Figura 2.1.

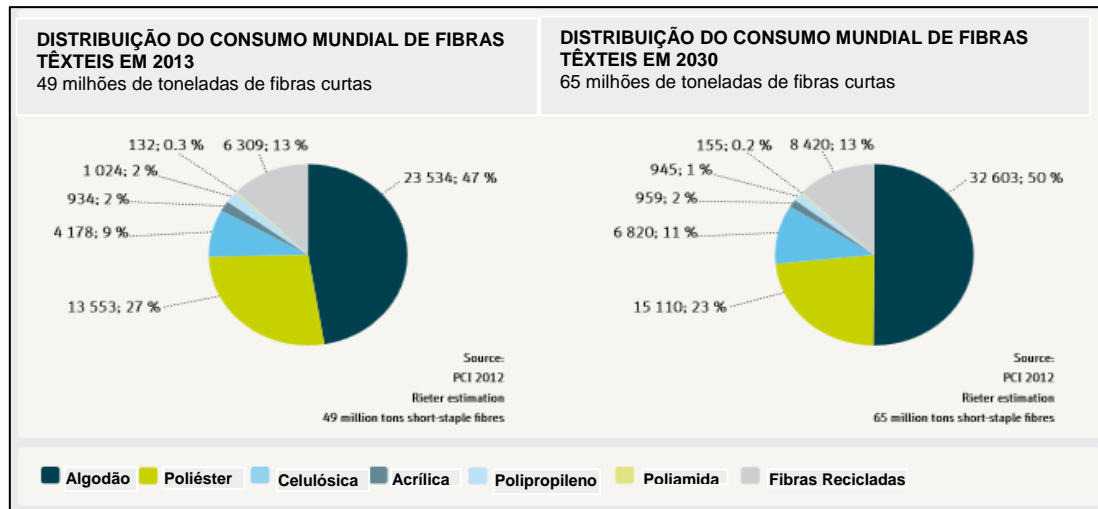


Figura 2.1: Distribuição do consumo mundial de fibras têxteis²

Observa-se na Figura 2.1 que o algodão apresentará um acréscimo de 3% no que concerne ao consumo mundial de fibras têxteis em relação a 2013, totalizando 50% do consumo das fibras para o ano de 2030.

De acordo com Hinze (2016), o algodão é uma planta da família das *Malvaceae*, do género botânico *Gossypium*, e embora este género apresente mais de cinquanta (50) espécies, apenas duas (2) são produzidas para fins económicos, sendo elas as espécies *Gossypium Hirsutum* e *Gossypium Barbadosense*.

A espécie de algodão *Gossypium Barbadosense* é a que produz fibras extralongas, com as cultivares “Gizas” no Egito, “Hazera” em Israel e “Pimas” nos Estados Unidos da América e Peru. A espécie *Gossypium Hirsutum* é a que produz fibras médias e longas em diversos outros países, incluindo o Brasil. A situação do mercado mundial e brasileiro na safra de 2010/2011 apresentava uma demanda de 3% para fibras de características longas e extralongas, 15% para fibras de características médias-longas (próximas de 32 mm) e 82% para fibras de características médias (FREIRE, 2011). A classificação do algodão e as suas características intrínsecas são apresentadas no Quadro 2.1.

Quadro 2.1: Classificação de fibras³

CARACTERÍSTICA	<i>GOSSYPIMUM HIRSUTUM</i>		<i>GOSSYPIMUM BARBADENSE</i>
	MÉDIA	LONGA	EXTRALONGA
Comprimento - UHML (mm)	28,0 a 31,2	31,3 a 34,8	34,9 a 41,0
Tenacidade (gf/tex)	28,0 a 31,0	31,1 a 35,0	35,1 acima
Finura/Micronaire	3,6 a 4,2	3,4 a 3,6	3,4 a 3,6

² Fonte: Adaptado Rieter (2014a)

³ Fonte: Freire (2011)

Estudos genéticos realizados para estimar a diversidade genética e a diferenciação das espécies *Gossypium Barbadense* e *Gossypium Hirsutum* identificaram registos de estudos de reproduções regionais ao longo da história, conforme se descreve a seguir: a espécie *Gossypium Barbadense* foi identificada e classificada geograficamente em 7 grupos regionais, sendo eles o Egípcio ou Giza (Egito e Sudão), África do Norte Francesa (Marrocos e Argélia), África Ocidental Subsaariana (Togo e Costa do Marfim), Pima (Estados Unidos da América), Tanguis (Peru), Sea Island (Estados Unidos da América) e Usbequistão. A espécie *Gossypium Hirsutum* foi identificada e classificada geograficamente em 9 grupos regionais: África do Norte, África do Sul, Europa, China, América do Sul, Ásia Central, México, Estados Unidos da América e Austrália. Historicamente, encontram-se traços de origem do algodão nativo do Peru no desenvolvimento do algodão *Sea Island* nos Estados Unidos da América e, posteriormente, traços genéticos da espécie *Sea Island* no desenvolvimento das espécies Pima Americano e Giza Egípcio (HINZE, 2016).

Conforme o IEMI (2013), o algodão egípcio de fibra longa é um dos melhores do mundo e as empresas brasileiras utilizam-no para elevar o conceito dos seus produtos, resultando em artigos de qualidade, em tecidos leves e com toque macio, refletindo a preocupação da indústria brasileira em ter produtos diferenciados e, conseqüentemente, promovendo o aumento de importação de fibras longas, embora o Brasil importe também o algodão de fibras longas (Pima) do Peru, o qual, da mesma forma que o algodão egípcio, também é perfeito para a confecção de peças de alto padrão. Laktim (2017) menciona que o algodão egípcio é utilizado para a confecção de tecidos requintados, de melhor qualidade e com alta densidade de fios na sua construção (1000 fios/polegada) dando aos artigos propriedades únicas de suavidade, toque e conforto.

A Figura 2.2 apresenta o mapa de distribuição de variedades de algodões produzidos no Egito.

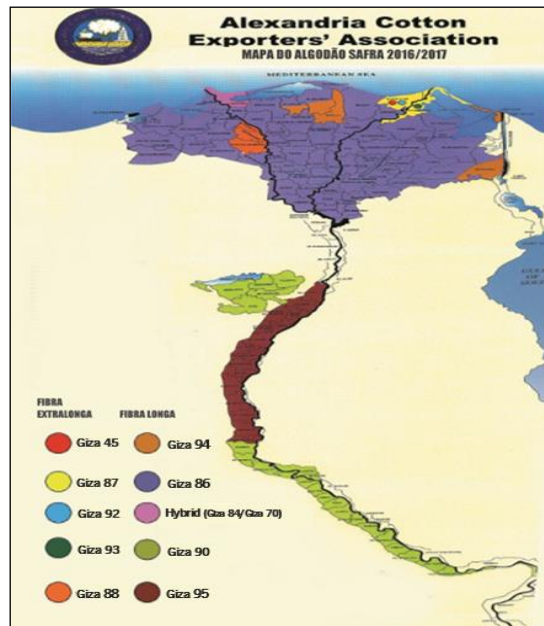


Figura 2.2: Mapa do algodão egípcio – safra 2016/2017⁴

O Decreto Ministerial número 95 de 2017 do Ministério da Agricultura do Egito publicou a identificação das regiões de plantio da safra 2016/2017 para cada variedade de algodão de fibras longas e extralongas (CATGO, 2017).

Conforme Hussein (2013), as variedades de algodão Egípcio Giza 80, 86 e 90 representam o algodão de categoria de fibra longa e as variedades Giza 87, Giza 88 e Giza 92 representam o algodão de categoria de fibra extralonga. No Quadro 2.2 são apresentados os resultados de estudos com estas fibras.

Quadro 2.2: Análise HVI - Algodão Egípcio Gizas (HUSSEIN)⁵

Algodão Egípcio - Giza						
Variedade	Finura /Micronaire	Comprimento UHM - (mm)	Uniformidade UI (%)	Índice Fibras Curtas (%)	Tenacidade (gf/Tex)	Alongamento (%)
Giza 80	4,0	30,7	82,8	15,9	36,6	7,8
Giza 86	3,9	32,90	83,5	13,4	40,9	7,3
Giza 90	3,7	29,50	80,3	17,8	34,6	7,6
Giza 87	3,6	34,80	84,7	8,3	48,6	7,4
Giza 88	3,9	35,40	84,8	10,4	47,4	7,1
Giza 92	3,6	34,70	85,2	8,2	48,1	7,3

⁴ CATGO (2017)

⁵ Fonte: Hussein (2013)

Verifica-se que embora as variedades Giza 80 e 90 sejam variedades representativas de fibras longas e as variedades Giza 87 e 92 sejam variedades representativas de fibras extralongas, os resultados apresentados no que concerne aos comprimentos foram inferiores comparativamente com a classificação apresentada no Quadro 2.1.

Para se tentar comparar as características do algodão egípcio com as características do algodão brasileiro, recorreu-se à base de dados da Fundação Blumenauense de Estudos Têxteis (FBET).

Os dados apresentados no Quadro 2.3 são resultantes das análises de duzentos e sessenta e nove (269) fardos de algodão egípcio, divididos em três lotes, realizadas na Fundação Blumenauense de Estudos Têxteis (FBET), referentes a algodão utilizado por empresas brasileiras (VIEIRA, 2016).

Quadro 2.3: Análise HVI - Algodão Egípcio (FBET)⁶

COCAMAR - Laboratório de Controle de Qualidade									
Análise de HVI									
Algodão Egípcio (Amostra 1)									
	Micronaire	Comprimento UHM - (mm)	Uniformidade UI (%)	Índice Fibras Curtas (%)	RD (%)	+b	Resistência (gf/Tex)	Alongamento (%)	Maturidade
Média	4,31	36,10	85,87	5,25	68,08	12,78	56,44	7,2	0,97
Desvio Padrão	0,09	0,76	1,15	0,42	0,8	0,28	4,76	0,12	0,01
CV %	2,04	2,11	1,34	8,04	1,17	2,2	8,44	1,73	1,03
Algodão Egípcio (Amostra 2)									
Média	5,32	32,75	86,30	6,48	78,63	10,44	47,9	7,03	0,98
Desvio Padrão	0,15	0,77	1,33	0,19	1,46	0,36	3,42	0,08	0,01
CV %	2,84	2,34	1,54	2,89	1,86	3,4	7,13	1,17	1,25
Algodão Egípcio (Amostra 3)									
Média	4,67	31,71	83,66	7,05	72,00	9,94	35,17	7,11	0,92
Desvio Padrão	0,13	0,89	1,28	0,59	0,93	6,51	1,50	0,09	0,01
CV %	2,74	2,8	1,53	8,44	1,29	5,2	4,26	1,23	1,06

Comparando os dados que se encontram nos Quadros 2.1 e 2.3, verifica-se que os algodões egípcios dos lotes analisados na Fundação Blumenauense de Estudos Têxteis (FBET) apresentaram características de fibras classificadas como fibras longas.

Mizoguchi (2013) afirma que aproximadamente 90% das análises de fibras em aparelhos HVI (*High Volume Instrument*) realizadas na Fundação Blumenauense de Estudos têxteis (FBET) são do algodão proveniente do estado do Mato Grosso (Brasil), num equivalente a cinquenta e um mil e duzentos e vinte nove (51.229) fardos. No Quadro 2.4 encontram-se expostos os resultados obtidos nessas análises, representativas da qualidade do algodão brasileiro.

⁶ Fonte: Vieira (2016)

Quadro 2.4: Análise HVI – Algodão Mato Grosso⁷

Fundação Blumenauense de Estudos Têxteis									
Análise de HVI									
Mato Grosso (51.229 Fardos)									
	Finura /Micronaire	Comprimento UHM - (mm)	Uniformidade UI (%)	Índice Fibras Curtas (%)	RD (%)	+b	Tenacidade (gf/Tex)	Alongamento (%)	Maturidade
Média	4,14	28,70	82,16	9,11	78,02	8,87	29,31	6,98	0,85
Desvio Padrão	0,3	0,75	1,19	1,03	2,44	1,10	1,30	0,39	0,03
CV %	7,32	2,6	1,45	11,25	3,13	12,45	4,43	5,59	3,27

Comparando os dados obtidos nos Quadros 2.1 e 2.4, no que respeita ao comprimento, verifica-se que o algodão brasileiro é classificado como algodão de fibras médias.

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) efetua pesquisas relacionadas com o melhoramento genético do algodão brasileiro no sentido de obter fibras de maior comprimento, produzindo variedades de plantas derivadas da variedade *acala* e do algodoeiro *arbóreo* (não é mais explorado). O Brasil é um grande produtor de algodão em pluma de fibras médias (de 28 a 30 mm) e importa algodão de fibra longa (acima de 32 mm) de vários países para a produção de fios finos, por conseguinte, e devido a esta demanda, foram efetuados ensaios de novas linhagens de fibra longa, originadas do cruzamento da variedade *acala SJ4* com variedades de fibras médias do centro-oeste brasileiro, tendo um dos ensaios propiciado uma média de comprimento de fibra de 34,1 mm, fato este indicativo da possibilidade de evolução tecnológica de novas variedades do algodão brasileiro (CARVALHO, 2015).

2.2. Fibras Manufaturadas

O setor têxtil de fibras manufaturadas produziu, no ano de 2016, aproximadamente, duzentas e trinta (230) mil toneladas de fibras e multifilamentos artificiais e sintéticos, representando trinta e nove por cento (39%) do consumo no país. Foram consumidas, aproximadamente, quinhentas e noventa (590) mil toneladas de fibras, representando a fibra de poliéster o maior consumo, com setenta e nove por cento (79%), sendo que, deste volume, cinquenta e cinco por cento (55%) foram respeitantes a filamentos têxteis. O consumo da poliamida, no que concerne ao consumo anual de fibras, foi de doze por cento (12%), com setenta e um por cento (71%) deste valor referente a filamentos têxteis, e, por fim, o consumo de fibras de viscose, no respeitante ao consumo anual,

⁷ Fonte: Mizoguchi (2013)

foi de, aproximadamente, dois por cento (2%), sendo este valor referente a fibras cortadas (ABRAFAS, 2016).

Quanto à questão das massas lineares produzidas, de acordo com Adame (2014), o fio de poliéster (filamento contínuo texturizado) mais fino comercializado é o 5,5 tex (50 denier) e o mais fino de poliamida é o 2,2 tex (20 denier), a um valor aproximado de U\$ 5,80/Kg. Segundo Souza (2014), responsável pelo desenvolvimento de produtos da empresa M&G (Mossi & Ghisolfi Chemicals), quando se trata de fios fiados com fibras manufaturadas (fibras cortadas processadas em fiação), a fibra mais utilizada é a fibra de poliéster (38 mm) e o fio mais fino utilizando fibras M&G foi o 12 tex.

Aquando da produção de fios revestidos, seja através da denominação *corespun yarn* ou fio alma, constam no núcleo dos fios filamentos contínuos de fibras manufaturadas, seja elastómero, poliamida, poliéster ou outra, objetivando o ganho de elasticidade, resistência ou outras características. Exemplificando, adotando-se um fio *corespun* com núcleo de filamento contínuo de fibras de poliéster e revestimento em fibras de algodão, obtém-se como efeito o ganho de resistência, pois segundo a M&G (2015), a fibra de algodão possui tenacidade entre 27 e 43 cN/tex e as fibras de poliéster de 34 a 70 cN/tex.

2.2.1. Poliéster

A fibra de poliéster classifica-se como fibra manufaturada sintética e consiste na transformação da nafta petroquímica, um derivado do petróleo, em p-xileno, um dos produtos intermediários da chamada primeira geração petroquímica e insumo básico para a produção desta fibra. A partir desta matéria-prima básica pode-se ter duas rotas de produção para a polimerização, a do Dimetil Tereftalato mais Monoetilenoglicol ou a do Ácido Tereftálico puro mais Monoetilenoglicol (ABRAFAS, 2017).

Considerando que os fios de algodão apresentem tenacidade de 16 a 25 cN/tex e o poliéster, conforme M&G (2015), apresente a tenacidade de 40 a 60 cN/tex para filamentos contínuos, pode-se ter a contribuição desejada referente à resistência do substrato têxtil no caso da mistura de ambos.

Com o objetivo de se conciliar ganho de resistência com a manutenção de propriedades da superfície dos fios, desenvolveram-se as linhas com alma, fios formados com eixo alma, constituídos por filamentos envoltos por outras fibras, podendo ser, por exemplo, poliéster envolto por fibras de algodão. O inconveniente em relação à utilização de fio alma formado com eixo de filamento de poliéster e envolto por fibras de algodão relaciona-se com a diferença de afinidade tintorial entre as fibras, pois o poliéster não tem afinidade com os corantes diretos, corantes utilizados para o tingimento do algodão, e isto resulta num efeito salpicado de cor mais clara que a cor cru dos filamentos, mostrando o efeito em intervalos regulares (NOVAIS, 2013).

Segundo a empresa Polyenka (2018)⁸, os filamentos de poliéster podem ser produzidos numa vasta gama de massas lineares, do mais fino, de 7,6 tex com 34 filamentos, ao fio mais grosso, com 2 cabos de 37 tex com 96 filamentos em cada cabo. Estes produtos são destinados a teares planos (trama e urdume), malharia circular, malharia kettenstuhl e raschel, trançadeiras, malharia retilínea e máquinas de costura.

2.2.2. Poliamida

A fibra de poliamida também é classificada como fibra manufaturada sintética e consiste na transformação da nafta petroquímica, um derivado do petróleo, em benzeno, um dos produtos intermediários da chamada primeira geração petroquímica e insumo básico para a produção desta fibra. A polimerização da Coprolactama dá origem à poliamida 6 e a polimerização com Hexametileno Diamina e Ácido Adípico dá origem à poliamida 6.6 (ABRAFAS, 2017).

Os filamentos podem ser produzidos em baixa velocidade (1200 a 1500 metros por minuto), formando os fios *Low Oriented Yarns* (LOY), que necessitam ser estirados em estiradeiras. Também podem os fios ser produzidos a altas velocidades (3500 metros por minuto), sendo denominados *Pre Oriented Yarns* (POY), que requerem pouca ou nenhuma estiragem, e por fim, os fios produzidos a velocidades maiores (6000 metros por minuto) são denominados *Fully Oriented Yarns* (FOY) e *Fully Draw Yarns* (FDY), sendo estes totalmente estirados e orientados, prontos para utilização (ALFIERI, 2008).

⁸ <http://www.polyenka.com.br/index.php/fios-poliester-texturizados/texturizados-crus>

Considerando que os fios de algodão apresentem tenacidade entre 16 e 25 cN/tex, os filamentos de poliamida podem também contribuir para a resistência do substrato têxtil no caso da mistura de ambos, pois, de acordo com M&G (2015), os filamentos de poliamida apresentam tenacidade de 40 a 60 cN/tex. O inconveniente em relação a misturas com algodão refere-se também ao enobrecimento e tingimento das fibras, pois estas apresentam condições, processos e capacidade tintorial diferente do algodão, promovendo nas misturas os efeitos rajados ou salpicados, pois a fibra de poliamida requer um tingimento adicional com corante ácido e, depois, o tingimento do algodão com corante reativo, tornando o processo difícil, moroso e menos económico, além de resultar em diferenças na tonalidade entre as fibras.

Segundo dados da empresa Nilit (2017)⁹, os filamentos de poliamida 6.6 podem ser desenvolvidos para diversas aplicações (malha circular, malha de urdume, tecidos planos, meias e *seamless*) e, diante desta gama de aplicações, apresentam massa lineares de fibras entre 0,08 e 0,808 tex, compostos com variações de 1 a 136 filamentos por cabo e fios com 1 ou 2 cabos.

2.2.3. Viscose

A fibra de viscose classifica-se como fibra manufacturada artificial, ou seja, consiste na transformação química de matérias-primas naturais. Destaca-se que, devido à característica de composição da viscose, fibra regenerada de base celulósica, esta é largamente utilizada em misturas com algodão (ABRAFAS, 2017).

De acordo com a FIBRACEL (2000), esta é utilizada em fiação por ser fornecida em fibras cortadas com comprimentos de 32 ou 38 milímetros e massa linear de 0,13 e 0,17 tex, pois, por se tratar de uma fibra que possui massa linear e comprimento extremamente regular e possuir origem de base natural (base celulose), confere ao processo de fiação excelentes características de processabilidade e fiabilidade, seja em misturas com algodão ou poliéster, podendo aplicar-se em mistura com algodão com fibras de comprimento de 32 milímetros e com poliéster com fibras de 38 milímetros. Ao misturar-se fibras de viscose e algodão obtém-se melhor toque e reprodutibilidade de cor, no entanto, aconselha-se que a utilização de viscose não ultrapasse os 33%, pois podem gerar-se diferenças de igualização no tingimento, causando um aspeto rajado no artigo final, a menos que este efeito seja desejado. No referente aos acabamentos de tecidos em malha, os artigos mistos têm comportamento similar aos tradicionais artigos 100% algodão e, no

⁹ <http://www.nilit.com/fibers/appfiles/fiberscatalog/index.html#1>

que se refere ao acabamento final no caso de tecidos planos, estes podem ser submetidos aos mesmos tratamentos que os tecidos 100% algodão.

Ressalta-se que se prevê um ganho moderado de tenacidade do fio de algodão com a utilização de filamento de viscose compondo a base de um fio alma, pois os fios 100% algodão possuem tenacidade de aproximadamente 16 a 25 cN/tex, enquanto o filamento de viscose possui tenacidade de 22 a 25 cN/tex a seco, embora seja de realçar que, de acordo com Alfieri (2008), a fibra de viscose possui esta tenacidade no seu estado normal (a seco), no entanto, quando em meio húmido, a sua tenacidade apresenta de 10 a 15 cN/tex, fato este que ocorre devido ao efeito da higroscopicidade apresentado pela viscose regenerada.

2.3. Tecnologia de Fiação

Entende-se por fiação o conjunto de operações necessárias para transformar a rama de qualquer tipo de fibra em fio. Para se cosegurar atingir este objetivo, existem diversos processos ou sistemas, desde a utilização da fiação convencional (filatório de anéis) até a fiação não convencional (fiação por rotor, fiação por fricção, fiação por enrolamento e fiação por jato de ar). As diferenças entre estes processos (sistemas) residem principalmente na utilização de diferentes máquinas na fase final do processo (VASCONCELOS, 1993).

2.3.1. Processos (Sistemas) de Fiação

De acordo com informações da empresa fabricante de máquinas têxteis Rieter (2014a), das tecnologias de sistemas de fiação existentes, esta pode fornecer quatro (4), adequando o sistema de acordo com as necessidades dos seus clientes, sendo elas: Fiação Anel (*Ring Spinning*), Fiação Anel Compacto (*Compact Spinning*), Fiação Rotor (*Rotor Spinning*) e Fiação Jato de Ar (*Air-Jet Spinning*).

A Figura 2.3 apresenta uma ilustração básica dos sistemas de fiação.

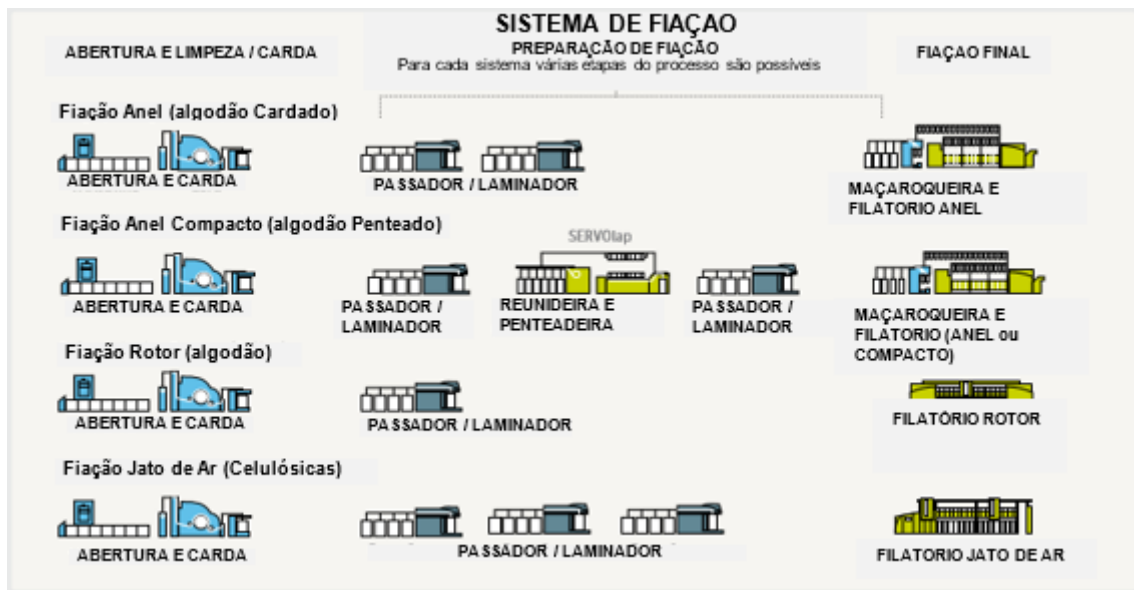


Figura 2.3: Sistemas de fiação¹⁰

Como pode ser observado na Figura 2.3, as operações de preparação são compostas com base na escolha da tecnologia do sistema de fiação, desta forma, segue-se uma breve descrição de cada sistema:

Fiação Anel (*Ring Spinning*) – Este sistema também é denominado sistema convencional, sendo este o primeiro sistema de fiação desenvolvido e, apesar das suas inovações tecnológicas, utiliza o mesmo princípio básico de estirar e torcer uma massa fibrosa. Considerado um sistema de fios para aplicação universal, pois possui flexibilidade de produção desde fios grossos até fios finos especiais, e este sistema pode ser subdividido em operações de preparação convencional cardado e convencional penteado.

Fiação Anel Compacto (*Compact Spinning*) – O sistema de fiação com tecnologia de compactação utiliza o mesmo princípio de estiragem e torção do sistema anel convencional, no entanto, o sistema de compactação refere-se a perfurações nos cilindros de metal no final do trem-de-estiro, o que promove uma sucção na estrutura do fio de forma a retirar o ar existente entre as fibras, possibilitando que elas se agreguem e aumentem a sua coesão fibra a fibra. Na fiação compacta, as pontas das fibras são completamente absorvidas para a formação do fio, reduzindo consideravelmente a pilosidade e as irregularidades do fio, melhorando o rendimento da fibra e produzindo uma estrutura perfeita, fato que, conseqüentemente, aumenta a resistência do fio e possibilita a produção de fios extremamente finos.

¹⁰ Fonte: Adaptado Rieter (2014a)

Fiação Rotor (*Rotor Spinning*) – É um sistema de fiação de alta produção, com a formação dos fios realizada pelo entrelaçamento das fibras no interior de uma turbina denominada rotor. Este sistema de fiação pode ser projetado em linhas mais curtas de fiação utilizando apenas um passador, tendo em consideração que a fita de passador alimenta diretamente a unidade de fiação. Este sistema tem alta flexibilidade para a produção de fios grossos e fios finos e é muito utilizado para a produção de fios para a confeção de índigo (*denim*).

Fiação Jato de Ar (*Air-Jet Spinning*) – Neste sistema, o fio é formado através de um fluxo de ar, promovendo ao fio características únicas que o diferencia de outros fios, dando-lhe a possibilidade de desenvolvimento de produtos novos e inovadores. O processo consiste em fazer a fita de passador passar por um trem-de-estiragem e entrar na tubeira, onde a parte frontal das fibras forma o núcleo do fio e a parte traseira das fibras envolve o núcleo das fibras subsequentes devido à ação de um turbilhão de ar formado no interior da unidade fiadora. Este sistema possibilita a produção de fios médios a finos.

Por meio da Figura 2.4 é possível visualizar o comparativo de aparência dos fios produzidos nos sistemas de fiação da Rieter.

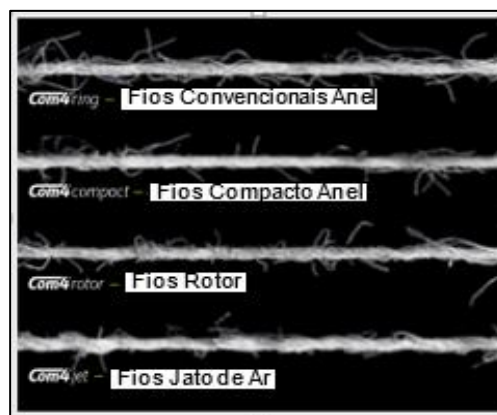


Figura 2.4: Comparativo de aparência de fio¹¹

De acordo com a Rieter (2014a), as características dos fios determinam as áreas das suas aplicações, no entanto, deve-se ter sempre em mente a relação custo benefício vinculado à necessidade da aparência do produto final.

Os fios convencionais anéis (*ring-spun yarn*) têm uma área de aplicação mais universal, com aplicação no vestuário, roupas íntimas e também numa gama de tecidos de casa. Os fios anel compacto (*compacted ring-spun yarn*) são aplicados em camisarias finas, produtos de alta

¹¹ Fonte: Adaptado Rieter (2014b)

qualidade, produção de meias e roupas de cama superior com fios finos e de alta densidade. Os fios rotor (*rotor spun-yarn*) são aplicados em *denim*, *workwear* robustos, têxteis para o lar, aplicações técnicas e industriais. Os fios jato de ar (*air-jet spun yarn*) foram aplicados em malha, no entanto, atualmente, aplicam-se em roupas de cama, feitos de fibras de celulose regeneradas em processos de tecidos planos.

A Figura 2.5 apresenta a equivalência de fusos de cada um dos sistemas de fição instalados mundialmente. A equivalência de fusos instalados é obtida pela multiplicação da capacidade instalada pelo fator de produtividade de cada sistema, sendo que o sistema anel (convencional) e o anel compacto apresentam fator 1, o sistema rotor apresenta fator 5.2 e o sistema jato de ar apresenta fator 20, ou seja, um fuso do sistema jato de ar produz 20 vezes mais que um fuso do sistema anel ou anel compacto, assim, a equivalência é dada com base na produção de fios considerando-se que os fusos tivessem produção equivalente.

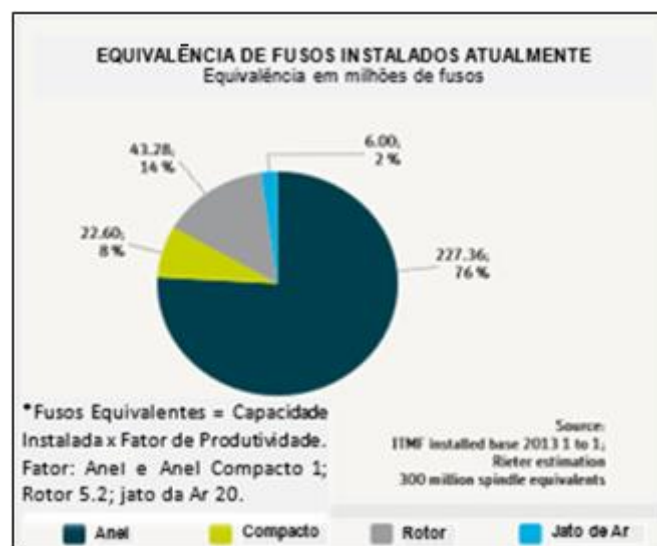


Figura 2.5: Fusos instalados no mundo¹²

Conforme a Figura 2.5, observa-se que o sistema de fição anel (*Ring spinning*) domina atualmente o mercado com 76% de equivalência de fusos instalados.

Segundo dados do IEMI (2016), o Brasil possui 391 fiações e a produção de fios 100% algodão para o ano de 2015 foi de aproximadamente 999 mil toneladas, sendo aproximadamente 48,5% para fios no sistema rotor, 38% para fios produzidos no sistema anel com preparação cardado e 13,5% para fios produzidos no sistema anel com preparação penteado.

¹² Fonte: Adaptado Rieter (2014a)

Todavia, ainda referente aos processos de fiação, destaca-se o processo *corespun yarn*, o qual o método refere-se ao revestimento dos denominados fios alma, sendo esta uma prática utilizada para diversas aplicações no setor têxtil, pois, através da combinação de fibras diferentes, consegue-se obter estruturas funcionais. A produção de linhas do tipo *corespun*, fio alma revestido com algodão, inicia-se no processo de fiação, onde o algodão é processado até à fase de mechas (pavio), e, nos filatórios, são estiradas e fiadas em torno de filamentos contínuos (NOVAIS, 2013).

Sob o ponto de vista da pesquisa de patentes, é possível observar que o princípio *corespun yarn* é utilizado desde a década de sessenta (60), merecendo destaque a patente número US 3380244 – A. Martin (1966), a qual se refere a um fio composto elástico de alta massa que compreende um fio *corespun*, que tem núcleo elástico esticado, inicialmente rodeado de forma helicoidal por uma bainha de fibras elásticas. A bainha em contato com o núcleo não tem adesão ao mesmo. Este primeiro fio fiado de núcleo é retorcido com um segundo fio fiado com núcleo do mesmo tipo de fibra revestido com fibras descontínuas inelásticas. Este processo refere-se genericamente à fiação de fios e foi aplicado em roupas de vestuários de apoio (íntimos) e trajes de banho, sendo insatisfatório para vestuário externo devido à alta elasticidade e ao baixo poder de cobertura.

Segundo Costa (2014), atualmente é comum os filatórios serem equipados com os denominados *kits* elastómeros, através dos quais se obtém a produção de fios *corespun* com núcleo elastómero e revestimento em algodão. Um dos principais mercados no Brasil para a utilização desta tecnologia é a produção de tecidos índigos (*Denim* ou *jeans*).

2.3.2. Operações de Fiação

Adotado um sistema de fiação, existem operações básicas para a confecção de um fio. De uma massa desordenada de fibras que se encontram emaranhadas devido às fortes pressões aquando do seu enfardamento para transporte, efetua-se, num primeiro processo de fiação na sala de abertura, a abertura, mistura e limpeza das fibras. Na sequência, no processo de cardagem e, posteriormente, em processo de passadeiras, por meio das operações de estiragem e paralisação, obtém-se a formação e regularização da fita, isto é, colocando as fibras paralelas umas em relação às outras com uma determinada secção transversal, ao inserir uma certa torção na massa fibrosa obtém-se o fio com secção desejada (massa linear), finalizando o processo com o enrolamento em recipiente apropriado, conferindo ao fios propriedades específicas, tais como massa linear, torção e resistência (VASCONCELOS, 1993).

2.3.2.1 Estiragem

A estiragem é um processo de deslizamento das fibras entre si objetivando o afinamento da massa fibrosa até à massa linear que se pretenda. Este processo é possível após as fibras estarem paralelizadas e individualizadas através dos processos denominados de preparação da massa fibrosa. O valor numérico da estiragem (E) é calculado pela relação do comprimento final pelo comprimento inicial da massa fibrosa (fita, pávio ou fio) após processamento em acessório denominado trem-de-estiragem, sendo este um número abstrato e sempre positivo. A estiragem (E) também pode ser determinada pela relação do peso inicial pelo peso final da massa fibrosa ou pela relação da massa linear inicial pela massa linear final em sistema direto, ou vice-versa para sistema indireto, sendo estas consideradas estiragens reais ou efetivas. A relação da velocidade de saída pela velocidade de entrada dos componentes de trem-de-estiro resulta na Estiragem mecânica (Em). O cálculo de estiragem indicará o número de vezes de redução que o material teve na sua massa fibrosa (LAVADO, 2012).

Como a finalidade de fiar depende da obtenção de uma massa fibrosa menor, o que se espera é que o material seja afinado em cada processo em que as máquinas possuam o sistema de trem-de-estiragem. Como visto numa das equações utilizadas para o cálculo (Estiragem mecânica), estas levam em consideração as velocidades dos cilindros ou componentes do trem-de-estiro.

As Equações 2.1, 2.2 e 2.3 apresentam as possibilidades de cálculos de estiragem.

$$E_m = \frac{V_f}{V_i} \quad \text{Equação (2.1)}$$

$$E = \frac{E_m}{1 - \left(\frac{d}{100}\right)} \quad \text{Equação (2.2)}$$

$$E = \frac{\text{tex } i \times D}{\text{tex } f} \quad \text{Equação (2.3)}$$

Onde:

E – Estiragem

Em – Estiragem mecânica

Vf – Velocidade final

Vi – Velocidade inicial

tex i – Massa linear em sistema tex inicial

tex f – Massa linear em sistema tex final

d – Desperdício (perdas)

D – Dublagem

Consultando o manual técnico da maçarqueira (Toyota FL200), referente à tabela de estiragens (Anexo 1), obtém-se, para o cálculo de Estiragem Total e número de dentes necessários para o pinhão de Estiragem, a Equação 2.4.

$$ETm = \frac{\text{Constante (348,60)}}{PE} \quad \text{Equação (2.4)}$$

Onde:

ETm – Estiragem Total (Maçarqueira Toyota FL200)

PE – Pinhão de Estiragem

Destaca-se que a relação destas velocidades pode ser definida por transmissão de movimentos apenas por ação mecânica (engrenagens) ou pela combinação entre sistemas eletrônicos e mecânicos (engrenagens e servomotores/inversores independentes). De acordo com a Rieter (2017), o sistema de acionamento mecânico é uma boa solução para a produção constante com poucas trocas e produtos que necessitam de menor estiragem (12 a 80 vezes), enquanto o sistema de comandos por inversores possibilita trocas rápidas de massas lineares e matérias-primas devido a ajustes no painel, além de propiciar altas estiragens (8 a 150 vezes). A Figura 2.6 apresenta o sistema de acionamento mecânico e o sistema de acionamento de comandos por inversores.

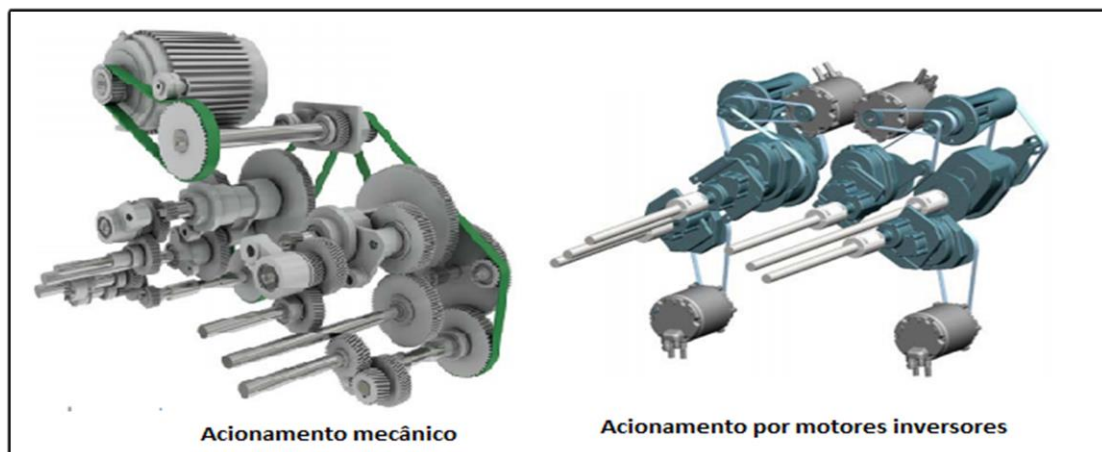


Figura 2.6: Sistema de acionamento mecânico e por motores inversores¹³

Observa-se na Figura 2.6 que o sistema de acionamento mecânico possui apenas um motor e a transmissão de movimento entre os componentes do trem-de-estiro é realizada mecanicamente. Já no sistema de acionamento por motores inversores, os elementos de entrada e saída do trem-

¹³ Fonte: Rieter (2017)

de-estiragem possuem acionamento individualizado, possibilitando movimentos independentes e, conseqüentemente, maior gama de estiragens.

A Cocamar Cooperativa agroindustrial possui filatórios Fasa-Zinser modelo 260 originais, com acionamento mecânico do sistema de trem-de-estiro (estiragem até 53,07 vezes) e filatórios Fasa-Zinser modelo 260 adaptados com dispositivos da marca Pinter, ou seja, sistemas eletrônicos de acionamento do sistema de trem-de-estiro (estiragem até 150 vezes). A Figura 2.7 apresenta ilustrações dos filatórios da Cocamar.



Figura 2.7: Filatório Fasa-Zinser modelo 260 (original e adaptado com sistema Pinter)¹⁴

Observa-se na Figura 2.7 que o acionamento mecânico do modelo original Fasa-Zinser modelo 260 foi substituído por sistema eletrônico e servomotores de acionamento no sistema adaptado Pinter.

Considerando a tabela de estiragens do filatório Fasa-Zinser 260 (Anexo 2), obtém-se, para a realização dos cálculos de estiragem, a Equação 2.5.

$$ET = \frac{\text{Constante } (10,084) \times PEA}{PE} \quad \text{Equação (2.5)}$$

Onde:

ET – Estiragem Total (filatório Fasa-Zinser 260)

PEA – Pinhão de Estiragem Auxiliar

PE – Pinhão de Estiragem

¹⁴ Fonte: Próprio Autor (2017)

2.3.2.2 Torção

Conceitualmente, a torção do fio ocorre pela forma espiral que se dá ao fio, com o objetivo de manter unidas as fibras que constituem o mesmo, fornecendo ao fio resistência suficiente para a sua manipulação e para que seja útil nas numerosas aplicações a que possa ser destinado. De um modo prático, esta forma espiral é resultante das torções dadas no próprio eixo do fio, que propiciam o aumento de coesão entre as fibras para que se tenha resistência suficiente para suportar os trabalhos posteriores durante a confecção de malhas ou de tecidos planos. A quantidade de voltas que se dá a um fio depende do comprimento das fibras utilizadas, da massa linear do fio, do grau de tenacidade desejado e da aplicação final do mesmo. A torção pode influenciar diretamente algumas características dos fios, destacando-se que quanto maior a torção, maior a tendência de resistência, no entanto, quanto maior a torção, maior também a tendência de formação de tecidos ásperos e maior a contração dos fios, destacando-se também que há um limite para o aumento de torção, de forma que, quando a torção ultrapassa este limite, há uma inclinação excessiva das fibras e o fio começa a perder resistência gradativamente (LAVADO, 2012). Este efeito pode ser observado na Figura 2.8.

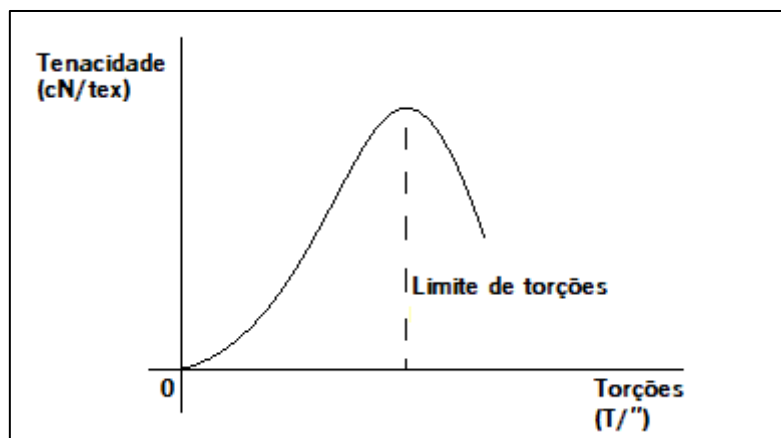


Figura 2.8: Curva de tenacidade-torção¹⁵

Observa-se na Figura 2.8 que, ao ultrapassar-se o limite de torções por polegada (T/"), inicia-se uma queda no valor da tenacidade do fio (cN/tex).

Outro fator de relevo no que diz respeito ao fio, é que este pode ter sentido de torção em "Z" ou em "S", conforme a Figura 2.9.

¹⁵ Fonte: Adaptado de Lavado (2012)



Figura 2.9: Sentido da torção¹⁶

O sentido de torção depende do sentido de rotação do fuso no filatório, ou seja, se o fuso estiver em rotação no sentido horário, o sentido de formação das espiras de torção das fibras remetem para a lembrança de formação da letra “Z”, e caso a rotação do fuso seja no sentido anti-horário, o sentido espiral de torção das fibras terá o aspeto da letra “S”.

Segundo Lavado (2012), a quantidade de torções do fio pode ser representada por torções por polegadas ou torções por metro. As fiações de algodão utilizam uma fórmula fundamentada por Koechlin, onde se utiliza o sistema de determinação de massa linear do fio em Inglês (Ne) e o coeficiente de torção Ne denominado alfa inglês (α_e).

De acordo com esta fundamentação, apresentam-se as Equações 2.6 e 2.7:

$$T/' = \alpha_e \times \sqrt{Ne} \quad \text{Equação (2.6)}$$

$$T/m = 39,37 \times \alpha_e \times \sqrt{Ne} \quad \text{Equação (2.7)}$$

Onde:

T/' – Torções por Polegada

T/m – Torções por metro

α_e – Coeficiente de torção (Alfa Inglês)

Ne – Massa linear no Sistema Inglês.

Vasconcelos (1993) refere que, também através de fundamentação da fórmula de Koechlin, obtém-se o valor de torções por metro utilizando o sistema de determinação de massa linear do fio em sistema direto (tex) e o coeficiente de torção tex denominado alfa tex (α_{tex}). O coeficiente de torção é uma medida de dureza de um fio, na qual o coeficiente de torção em tex é dado pelo produto das torções do fio por unidade de comprimento pela raiz quadrada da massa linear

¹⁶ Fonte: Lavado (2012)

(sistema direto) e o coeficiente de torção Inglês é dado pela razão das torções por unidade de comprimento e a raiz quadrada da massa linear (sistema indireto).

De acordo com esta fundamentação obtém-se a Equação 2.8:

$$T/m = \frac{\alpha_{\text{tex}}}{\sqrt{\text{tex}}} \quad \text{Equação (2.8)}$$

Onde:

T/m – Torções por metro

α_{tex} – Coeficiente de torção (Alfa tex)

tex – Massa linear no sistema tex.

Alguns valores de coeficiente de torção recomendados para a produção de fios são apresentados no Quadro 2.5.

Quadro 2.5: Coeficientes de torção¹⁷

Nomenclatura	Comprimento de Fibras	Coeficiente de torção		
		Tecelagem – Urdume	Tecelagem - Trama	Malharia
Alfa Ne	Médio	3,8 a 4,6	3,0 a 3,5	2,5 a 3,0
	Longo /extralongo	3,3 a 3,6	2,5 a 3,0	2,1 a 2,6
Alfa tex	Médio	3.630 a 4.270	2.840 a 3.320	2.370 a 2.840
	Longo /extralongo	3.160 a 3.630	2.370 a 2.840	2.050 a 2.530

Recomenda-se que os valores de torções dos fios destinados a malharia devam possuir 70% das torções de fios destinados ao urdume em tecelagem plana e os fios destinados a trama na tecelagem plana devem possuir 80% das torções dos fios aplicados ao urdume.

Considerando a tabela de torção do filatório Fasa-Zinser 260 (Anexo 3), tem-se para a realização dos cálculos de torção a Equação 2.9.

$$T/'' = \frac{\text{Constante (1.210)}}{PT} \quad \text{Equação (2.9)}$$

Onde:

T/'' – Torções por Polegada (Fasa-Zinser 260)

PT – Pinhão de Torção

¹⁷ Fonte: Lavado (2012)

2.4. Características ou Especificação dos Fios

Para a obtenção de um fio, diversas características são levadas em consideração, seja no processo produtivo ou após a sua produção. No processo produtivo, considera-se a definição prévia da sua massa linear e a torção da sua massa fibrosa, e, posteriormente à sua produção, considera-se, em termos de qualidade, a sua regularidade de massa e tenacidade à rutura, entre outras.

2.4.1. Massa Linear

A massa linear é uma das mais importantes características dos fios têxteis, sendo esta uma representação da relação da sua massa com o comprimento ou vice-versa. Quando se tem a razão da sua massa por comprimento (gramas por metro), define-se como sistema direto de determinação de massa linear e quando se tem a razão do seu comprimento pela massa (metros por grama) define-se como sistema indireto de determinação de massa linear.

Conforme Alfieri (1991), sobre a definição de profissionais da área têxtil, fios são elementos materiais formados por um conjunto de fibras entrelaçadas, que constituem um cilindro com diâmetros irregulares ao longo do seu comprimento. Pittoli (2006) menciona que, em função da existência dessas irregularidades e pelo fato de um fio apresentar grande maleabilidade, flexibilidade e maciez, é praticamente impossível medir o seu diâmetro, ao longo do comprimento, seja a olho nu ou com o auxílio de dispositivos de medidas micrométricas.

Alfieri (1991) acrescenta que, a partir da necessidade de classificação de fios, foram estabelecidos parâmetros de comparação que servem como base de orientação em transações comerciais ou para utilização na fabricação de tecidos ou malhas. Foi neste contexto que se criou uma maneira de determinação indireta da espessura média de um fio, denominada titulação ou determinação da sua massa linear. Esta classificação pode ser estendida aos demais produtos de fiação, tais como: manta, fita, pavio, cabos, cordas, fibras, filamentos, etc.

Pittoli (2006) menciona que os fios singelos são fios formados por fibras descontínuas ou filamentos cortados (único cabo) e que os fios retorcidos são fios compostos por dois ou mais fios singelos entrelaçados entre si e são construídos com o objetivo de obtenção de uma maior regularidade e de uma maior resistência mecânica dos tecidos quando submetidos à ação de torção em sentidos diferentes.

2.4.2. Irregularidade e Número de Defeitos

A irregularidade do fio, isto é, a variação de massa por unidade de comprimento, é considerada como um fator importante e crítico. As irregularidades podem ser encontradas em qualquer fase do processo têxtil, ou seja, estas podem ser identificadas em mantas, fitas, mechas e fios. As variações na secção transversal do fio, denominadas pontos finos, pontos grossos e neps, são geralmente descritas como imperfeições no fio e são analisadas separadamente da irregularidade (VASCONCELOS, 1993).

O regularímetro é utilizado para a análise de parâmetros de massa de substratos têxteis (fitas, pavios e fios). Em relação aos fios, o regularímetro determina, por unidade de comprimento (1000 metros), parâmetros como números de pontos finos, número de pontos grossos, número de neps (emaranhados de fibras), irregularidade média linear (U%) e uniformidade de massa (CVm%). Saliencia-se que a uniformidade de massa também pode ser identificada como Coeficiente de Variação de massa e, desta forma, adotou-se o coeficiente de variação de massa no presente trabalho, tendo em consideração que quanto maior o número indicativo deste coeficiente, maior a variação de massa do fio. As fiações brasileiras utilizam comumente o aparelho analisador regularímetro das marcas Uster® ou Premier®.

Segundo Lavado (2012), devido à sua estrutura, os fios de fibras descontínuas ou cortadas têm uma certa irregularidade, consequência da variação da quantidade de fibras por secção transversal do fio. Os fios irregulares aumentam as paragens dos teares ao mesmo tempo que dão lugar a tecidos defeituosos. As irregularidades podem ser classificadas em:

- a) variações na secção transversal de curto período, sendo inevitáveis e irregularidades acidentais, dadas numa pequena longitude do fio e não visualizadas em vista simples;
- b) imperfeições, classificadas como partes grossas (com variações de quarenta a cem por cento a mais de massa do fio), partes finas (com variações de massa de trinta a setenta por cento a menos de massa do fio) e neps (imperfeições provocadas por emaranhados de fibras na secção do fio), assim, quanto maior forem as irregularidades maior serão as imperfeições do fio;
- c) defeitos do fio, provocados por defeitos que aparecem raramente, originados em longitudes maiores, com partes grossas várias vezes superiores à massa

do fio normal ou partes finas cuja secção é menos da metade da massa normal do fio.

Quando realizados testes nos fios com o auxílio do regularímetro eletrónico, determinam-se os valores referentes aos resultados de coeficiente de variação de massa (CVm%), irregularidade média linear (U%), quantidade de pontos finos, quantidade de pontos grossos, quantidade de neps e pilosidade do fio, possibilitando o monitoramento, ações corretivas/preventivas e comparações com outros fios produzidos. De acordo com a Uster (2012), do ponto de vista das fiações modernas, os testes realizados em fios têm três razões principais:

- A primeira está relacionada com o contexto de controle de qualidade, no âmbito do qual se determinam falhas no processo de produção e podem-se tomar medidas para eliminá-las;

- A segunda razão refere-se à necessidade de as fiações anteciparem informações sobre o comportamento do fio em processos subsequentes (malharia e tecelagem) de modo a adaptar o processo, objetivando eliminar riscos e falhas ou selecionar métodos e materiais mais adequados para processar o fio;

- E, por fim, a terceira razão, e a mais difícil, trata de prever qual seria a aparência do tecido, pois embora se devam considerar diversas características dos processos subsequentes e tratamentos posteriores no fio, devido a algumas características importantes dos fios, é possível obter uma boa indicação da aparência final do tecido.

Por intermédio da “*Uster Statistics*”, obtém-se um forte indicio da aparência do tecido, ou seja, em termos práticos, um tecido com fio apresentando coeficiente de variação de massa (CVm%) com percentil de 50% nos parâmetros de Estatística Uster pode resultar numa aparência de tecido aceitável, já no caso da malha, este valor aceitável poderia ser parâmetro em percentil de 25% para o coeficiente de variação de massa. Inversamente, um percentil tendendo a 75% de variação nos parâmetros de coeficiente de variação de massa pode levar a problemas com a aparência dos tecidos.

De acordo com a Uster (2014a, p. 9-13), o papel da “*Uster Statistics*” é comparar o nível de qualidade de uma empresa de fiação com o de outras, podendo ser utilizada por muitos usuários como uma forma de acrescentar valor agregado ao fio. Objetivando um efetivo controle de qualidade, é possível medir e comparar a qualidade em cada fase da produção entre empresas, cada uma com as suas configurações distintas, avaliando o seu desempenho interno baseado em boas práticas globais. A “*Uster Statistics*”, desta forma, pode ser utilizada por produtores e

compradores de fios, assim como fabricantes de máquinas quando haja necessidade de examinar aspetos qualitativos de desempenho.

2.4.3. Tenacidade

A resistência do fio é uma das suas características fundamentais, sendo normalmente utilizada como um índice de qualidade, isto devido ao fato de a sua grandeza ser influenciada por uma combinação de fatores, tais como as propriedades das fibras, a estrutura dos fios e parâmetros inerentes ao processo. Uma das explicações tradicionais do fenómeno de variações da resistência em relação à torção dada ao fio é baseada na combinação de fatores como o deslizamento das fibras e a própria resistência da fibra. Além destas características, outro dos fatores a levar em consideração é o efeito das próprias fibras ao serem enroladas ao longo do seu eixo, isto é, com a inserção da torção, a qual influencia a resistência e o alongamento do fio (VASCONCELOS, 1993).

Conforme Lavado (2012), entende-se por resistência de um fio a capacidade que este tem de resistir a esforços até alcançar o ponto de rutura quando submetido a uma força ao longo de seu comprimento. Este valor é uma das características que define a qualidade do fio, por conseguinte, é uma das características mais importantes. No caso de fibras descontínuas, esta rutura ocorre em decorrência dos deslizamentos entre fibras e, no caso de filamentos contínuos, pela rutura dos mesmos. Influenciam diretamente na resistência de um fio as características das fibras, o tipo de construção ou a tecnologia aplicada, ou seja, o sistema adotado para a produção e ajustes dos equipamentos (massa linear e torção) e, por fim, processos posteriores, tais como purgas, alvejamentos e outros processos de beneficiamento. A resistência do fio, determinada por dinamómetros, pode ser expressa de várias maneiras, das quais se destaca a força apresentada em Newtons, centiNewtons e/ou grama-força (gf), ou pode-se relacioná-la com a unidade da massa linear do fio, tendo-se como exemplo, a tenacidade (cN/tex, cN/Nm e/ou gf/tex) e a resistência Quilométrica (RKm), sendo esta última uma representação de quantos quilómetros de fio são necessários até que o mesmo se rompa com o seu próprio peso.

Quanto maior o seu valor numérico, maior a tenacidade do fio, podendo-se adotar a Equação 2.10.

$$\text{Tenacidade (cN/tex)} = \frac{\text{Força de Rutura em centiNewtons}}{\text{Massa linear no sistema tex}} \quad \text{Equação (2.10)}$$

Da mesma forma que é utilizada na análise de irregularidades e do número de defeitos dos fios, a “*Uster Statistics*” também se aplica aos resultados dinamométricos, podendo assim ser utilizada por produtores e compradores de fios, bem como por fabricantes de máquinas quando haja necessidade de examinar aspetos dos parâmetros qualitativos de desempenho e compará-los, com base em boas práticas globais.

2.4.4. Fibras por Secção Transversal do Fio

A quantidade de fibras na secção transversal de um fio têxtil é importante para o seu desempenho e para a sua qualidade, e quanto mais fino for o fio, maior será essa importância, recomendando-se que a quantidade mínima de fibras por secção do fio em sistema anel (100% algodão) seja de 80 fibras por secção, e seja de 110 fibras por secção no sistema rotor (FBET, 2014).

Segundo a NPTEL (2018), a finura da fibra determina quantas fibras estão presentes na secção transversal de um fio de espessura determinada, sendo necessárias, no mínimo, 30 fibras por secção, embora, geralmente, mais de 100 fibras são requeridas na produção dos mesmos. Se fios com a mesma massa linear forem produzidos a partir de algodões com micronaire diferentes, o fio fiado com algodão mais fino terá um número maior de fibras na sua secção transversal, e por conseguinte, será mais uniforme e mais forte que o fio produzido com as fibras mais grossas.

Conforme Vasconcelos (1993), o número de fibras na secção transversal de um fio determina, além de outros parâmetros, a resistência, a regularidade, o toque e o limite de fiação, sendo que, para fios 100% algodão, os números aconselhados são 75 fibras por secção transversal do fio produzido no sistema anel com preparação cardado, 33 fibras em fios no sistema anel com preparação penteado e 100 fibras por secção transversal do fio em sistema rotor. É salientado que existem outros parâmetros envolvidos, tais como o comprimento da fibra, o seu coeficiente de fricção e a disposição das fibras no feixe de massa fibrosa.

Para a realização do cálculo da quantidade de fibras por secção transversal do fio deve-se converter as massas lineares do fio e das fibras para as mesmas bases, ou seja, para o mesmo sistema de massa linear. A espessura da fibra é determinada em micronaire, sendo este um índice obtido pela relação entre finura e maturidade da fibra, portanto, assume-se que este valor seja dado em microgramas por polegada e que represente a massa linear da fibra (FBET, 2014).

Portanto, para a determinação do número de fibras por secção do fio utiliza-se a Equação 2.11.

$$\text{Número de fibras por secção} = \frac{\text{Massa linear do fio (tex)}}{\text{Massa linear da fibra (tex)}} \quad \text{Equação (2.11)}$$

Para o cálculo da massa linear das fibras utiliza-se a Equação 2.12.

$$\text{Massa linear da fibra (tex)} = \frac{\text{Micronaire}}{0,0254 \times 1000} \quad \text{Equação (2.12)}$$

Onde:

Micronaire – Índice de finura do algodão (sem unidades)

De acordo com a NPTEL (2018), para a conversão de micronaire das fibras para o valor da massa linear das fibras em tex, basta multiplicar o índice micronaire pelo fator de conversão (fator de conversão 0,0394). Neste caso, tem-se o mesmo valor de conversão da massa linear quando aplicada a Equação 2.12.

Como exemplo, se se considerarem os fios com massas lineares 15 tex, 10 tex, 7 tex e 6 tex, produzidos com fibras de índice 3,9 de micronaire e aplicando as Equações 2.11 e 2.12, ter-se-ia 98, 65, 46 e 39 fibras por secção respetivamente.

Diante do exposto por Vasconcelos (1993) relativamente ao limite mínimo de 33 fibras por secção transversal do fio e micronaire 3,9, o fio mais fino passível de ser produzido no sistema anel com preparação penteado seria o fio de massa linear 5 tex.

2.5. A Influência da Matéria-prima e do Processo de Fiação na Qualidade dos Fios

Quando se analisam as características dos fios (massa linear, torção, regularidade, número de defeitos, tenacidade e fibras por secção) tratadas até este ponto, intrinsecamente obtêm-se os aspetos de qualidade dos mesmos.

O termo qualidade é utilizado frequentemente como sinónimo de produto bom, embora a definição clássica seja a capacidade de satisfazer as necessidades de aplicabilidade ou o grau de conformidade com os requisitos do cliente. Também nas indústrias têxteis, a qualidade desempenha um papel vital devido a uma variedade de produtos intermediários e finais com especificações e padrões para aplicações diversificadas. Diante deste fato, o processo empregado e a matéria-prima utilizada têm um papel fundamental, pois sabe-se que a qualidade final do fio é afetada diretamente por eles (CHATTERJEE, 2017). Além do valor económico que a matéria-prima tem sobre o fio, esta, sob condições controladas, pode explicar 80% na variação de desempenho

no processo da fiação e 85% de variação de resistência do fio (VASCONCELOS, 1993). De acordo com Ochola (2012), o processo de conversão das fibras em fio é afetado por fatores que incluem nível de tecnologia, propriedades da matéria-prima e habilidade dos operadores de máquinas. As imperfeições dos fios (pontos grossos, pontos finos e neps) são importantes parâmetros de monitorização da qualidade dos fios e, por conseguinte, dos tecidos, pois um fio com um maior número de imperfeições resultará num baixo grau de aparência, numa menor resistência, num fraco desempenho na tecelagem, o que, provavelmente, produzirá tecidos de baixa qualidade.

No que concerne ao sistema de fiação, Messiry et. al. (2013) mencionam que, quando comparado o sistema anel com o sistema anel compacto, obtém-se na fiação com sistema anel compacto o chamado triângulo de formação do fio no trem-de-estiro muito menor, assim, conseqüentemente, há um melhor controle individual das fibras e uma maior qualidade do fio, destacando-se uma melhor disposição na distribuição das fibras, promovendo, desta forma, propriedades melhores, com menor pilosidade, superfície mais lisa e melhor resistência. No que respeita a ajustes no percentual de retiradas de fibras curtas (quebra) no processo de penteadeiras, utilizando algodão egípcio (Giza), realizaram-se ensaios com variações de 13% a 20% de retiradas de fibras curtas no processo de penteadeiras, produzindo-se os fios com massas lineares de 12 tex, 10 tex, 8,5 tex e 6,5 tex, tendo-se concluído que as propriedades dos fios compactos foram melhoradas com o aumento da percentagem de fibras curtas retiradas, fato relacionado com a melhoria que se tem com o processo de penteagem, pois além do fato de retirar fibras curtas, obtém-se a remoção de neps, uma melhor paralelização das fibras e uma melhor uniformização no comprimento das fibras.

Segundo Kelly et. al. (2013), o HVI (*High Volume instrument*) foi concebido como uma ferramenta de marketing para avaliar, a partir de um feixe de fibras, a qualidade da fibra dentro de um fardo de algodão, destacando o micronaire, o comprimento, a uniformidade, a resistência e o alongamento, enquanto o AFIS (*Advanced Fiber Information System*), por sua vez, foi projetado para fornecer informações sobre propriedades das fibras a partir da medição de fibras individuais, destacando o comprimento, o número de fibras curtas e uma distribuição completa do comprimento de fibras, entre outras características. Ambos aparelhos são utilizados em estudos na tentativa de possibilitar a previsão da qualidade de um fio com base na matéria-prima utilizada na sua produção, destacando-se que a qualidade inicial da matéria-prima afetará diretamente a qualidade do fio em qualquer sistema de fiação.

Conforme Ochola (2012), a massa linear e a torção dos fios têm impacto direto na qualidade dos mesmos. A massa linear está diretamente relacionada com as imperfeições (pontos grossos, pontos finos e neps), pois a Uster estabeleceu que quando um determinado número de imperfeições é processado em fios grossos e fios finos, o equipamento de teste contará menos imperfeições nos fios grossos e mais imperfeições nos fios finos, isto porque os desvios são referidos ao valor médio da massa linear, assim, as imperfeições de um determinado tamanho são menos significativas em fios mais grossos e isto implica que um fio mais grosso terá menos imperfeições que um fio mais fino. A torção do fio no sistema anel, por sua vez, pode influenciar o número de pontos grossos e pontos finos, pois as fibras são alocadas paralelamente no eixo do fio, assim, considerando fibras com a mesma finura no processo de torção do fio, pode-se ter numa parte do fio um maior número de fibras por secção transversal, resultando numa maior resistência à torção e, conseqüentemente, numa tendência de formação de pontos grossos, podendo resultar muitas vezes em torções menores que a média do fio, por outro lado, o inverso ocorre quando se tem menor quantidade de fibras na secção noutras partes do fio. Outro aspeto vinculado à probabilidade de aumento de pontos grossos e pontos finos relaciona-se com a utilização, em sala de abertura, de misturas de algodão com micronaire grossos e finos, pois no momento da distribuição das fibras no eixo do fio (secção transversal do fio) podem ocorrer combinações de micronaire de espessuras idênticas e, conseqüentemente, surgirem extremos, ou seja, alojamento de fibras finas em parte do fio gerando partes finas e alojamento de fibras grossas em outras partes causando efeito inverso, efeitos que provocam variações em relação à massa média de fibras.

Os neps (aglomerações pontuais de fibras entrelaçadas no fio, causando aumento do seu diâmetro) podem ser conseqüências de neps e impurezas já contidas na matéria-prima, sendo os neps gerados, em grande parte, nos processos de limpeza e descaroçamento das fibras, podendo também ter origem nos processos de limpeza e de preparação nos processos de fiação e estão diretamente relacionados com as condições e os processos tecnológicos das fiações. Os neps são influenciados pela finura, maturidade e comprimento das fibras (MATUSIAK, 2015).

No que ao micronaire diz respeito, destaca-se que, ao conhecer-se o valor do seu índice numérico, existe a possibilidade de se calcular e obter previamente o número de fibras por secção de um fio a produzir, desta forma, segundo Kljun et. al (2014), o micronaire indica o índice da finura da fibra de algodão (*linear density*) e a maturidade, sendo que o micronaire alto (maior que 5,0) indica fibras grossas dificultando a produção de fios finos, enquanto que o micronaire baixo (menor que

3,5) é indicado para a produção de fios finos, isto por possibilitar um número maior de fibras por secção do fio, resultando em melhor fiabilidade e resistência, embora haja a necessidade de se identificar as fibras geneticamente finas e maduras, tendo em vista que micronaire baixo pode indicar fibras imaturas. A falta de deposição de celulose deixa a fibra leve, causando a interpretação errada de fibra fina, assim, aquando do conhecimento do perímetro e maturidade da fibra e da identificação de fibras imaturas, tem-se perda de fiabilidade e qualidade, com geração de neps e defeitos de tingimento. A utilização de fibras finas possibilita a manutenção do número de fibras por secção do fio, mantendo um feixe de fibras necessário para que, com a coesão entre as mesmas, se mantenha a tenacidade necessária para a utilização do fio e assim evitar-se ruturas. Destaca-se também que, diretamente relacionadas com a tenacidade, estão as características de resistência e comprimento das fibras, cuja resistência e quantidade de fibras reflete a resistência do fio, pois a rutura de fibras gera consequentemente a rutura do fio. Já o comprimento da fibra influenciará no aumento de pontos de coesão de fibra a fibra e assim, com maior número de pontos de coesão, evita-se o deslizamento das fibras que causaria, consequentemente, a rutura do fio.

A finura da fibra influencia o limite de fiação, a cobertura do tecido, a resistência do fio, o brilho, a uniformidade e a produtividade do fio. As fibras adicionais na secção transversal do fio, além de fornecerem resistência adicional, fornecem também uma melhor distribuição das fibras no fio. Quanto à maturidade, as fibras não maduras não têm a força adequada nem a espessura longitudinal adequada, ocasionando a perda de resistência da fibra e, consequentemente, uma alta proporção de fibras curtas, resultando em maus resultados para os fios (NPTEL, 2018).

No que respeita ao processo *corespun*, Novais (2013) desenvolveu no seu estudo uma linha de costura formada por um fio alma de *lyocell* revestido por fibras de algodão. Segundo o autor, devido à necessidade por parte de alguns setores têxteis de realizar tingimento em peças já confeccionadas, exige-se a utilização de linhas de costura em algodão, pois desta forma é possível ter maior flexibilidade de cores em comparação com o uso de fios de poliéster. O impacto negativo aquando da utilização de linhas de costura em algodão refere-se a um alongamento a tração baixa, provocando costuras rompidas em resultado de ligeiras tensões aplicadas durante o uso dos artigos confeccionados. O objetivo do estudo foi utilizar uma fibra química revestida com fibras de algodão, ou seja, utiliza-se um núcleo de filamento contínuo envolto por uma camada de fibras de algodão, aliando a resistência dos filamentos à capacidade tintorial do algodão, propiciando a manutenção da flexibilidade de cores. A utilização de fio alma de poliéster ou poliamida também

é possível, no entanto, pode causar efeitos indesejáveis, pois a alma não tingirá durante o processo de tingimento do vestuário, resultando num efeito salpicado mais claro na cor do filamento. Diante destas afirmativas, a proposta do estudo foi a utilização de filamentos de *lyocell*//torcidos e singelos como alma, recobertos com fibras de algodão, retorcidos posteriormente a dois (2) e três (3) cabos, compondo setenta por cento (70%) *lyocell* e trinta por cento (30%) algodão. Através do estudo, concluiu-se que é possível a obtenção de fios mais finos e com toque mais macio quando comparados com as linhas de costura cem por cento (100%) algodão, apresentando também melhor regularidade ao longo do seu comprimento, com menos imperfeições, melhorando a qualidade da costura, e apresentando, também, tenacidades similares. O fator negativo foi o fato de o fio desenvolvido ter apresentado perda de tenacidade no estado molhado, fator prejudicial nos processos de tingimento em peça, podendo aumentar o número de costuras danificadas. Outro fato identificado relaciona-se com a circunstância de as linhas desenvolvidas apresentarem eficiência de laçada inferior às linhas de costura cem por cento (100%) algodão, ou seja, costuras menos eficientes.

2.6. Parâmetros de Massa e Dinamométricos de Fios de Algodão

A produção de fios 100% algodão no Brasil no ano de 2015 foi de, aproximadamente, 999 mil toneladas de fio, sendo que, de acordo com dados de produção conforme massas lineares produzidas, 26% da produção refere-se a fios grossos (até 49 tex), 41% são fios médios (de 48,9 tex a 25 tex) e 33% são fios finos (abaixo de 25 tex) (IEMI, 2016).

Com o intuito de se obter informações de parâmetros de massa e dinamométricos de fios produzidos no Brasil, realizou-se uma pesquisa no banco de dados da Fundação Blumenauense de Estudos Têxteis (FBET). Segundo Mizoguchi (2013), foram realizados na Fundação Blumenauense de Estudos Têxteis aproximadamente 3.500 ensaios em fios penteados com amplitude de 30 tex a 20 tex, produzidos no sistema convencional anel para utilização em malharia, utilizando algodão brasileiro com comprimento de fibras classificadas como médias. Os resultados são apresentados no Quadro 2.6.

Quadro 2.6: Análises de fio convencional penteado para malharia (algodão brasileiro)¹⁸

Fundação Blumenauense de Estudos Têxteis										
Análise de Fios										
FIO PENTEADO (Malharia)		Coefficiente de Variação de Massa (CVm%)	Pontos Finos (-50%)	Pontos Grossos (+50%)	Neps (+200%)	Pilosidade	Tenacidade (cN/Tex)	Força (cN)	Alongamento (%)	Torção (T/M)
30 tex	Média	11,05	0,03	10,39	23,41	7,85	16,37	487	5,78	671,21
	Desvio Padrão	0,48	0,16	3,85	7,13	0,51	1,37	40,81	0,57	42,88
	CV %	4,33	624,45	37,03	30,45	6,48	8,38	8,38	9,78	6,39
25 tex	Média	11,70	0,29	14,02	14	7,55	15,69	390	5,77	718,66
	Desvio Padrão	0,53	0,76	8,38	6,94	0,45	0,83	20,71	0,51	16,98
	CV %	4,49	264,02	59,81	48,71	5,96	5,31	5,31	8,8	2,36
23 tex	Média	12,12	0,28	28,15	41,92	7,25	16,57	379	5,12	742,99
	Desvio Padrão	0,56	0,69	13,96	21,05	0,56	1,50	34,34	0,59	17,93
	CV %	4,60	243,83	49,58	50,21	7,79	9,06	9,06	11,45	2,41
20 tex	Média	12,64	1,07	30,51	54,02	6,68	15,64	311	5,15	799,81
	Desvio Padrão	0,99	2,26	18,88	26,56	0,69	1,34	26,68	0,57	27,05
	CV %	7,80	211,63	61,9	49,17	10,25	8,58	8,58	11,14	3,38

Salienta-se que os resultados apresentados no Quadro 2.6 referem-se a fios penteados destinados a malharia, fios estes produzidos com coeficientes de torção mais baixos que os dos fios produzidos para tecelagem e, conseqüentemente, com menor exigência de resistência para o seu processamento posterior.

Segundo Vieira (2016), o Quadro 2.7 apresenta os resultados de ensaios realizados na Fundação Blumenauense de Estudos Têxteis, relativos a fios destinados à tecelagem produzidos com algodão egípcio, com massas lineares de 10 tex, 8,5 tex e 6,5 tex, em sistema de fiação anel compacto penteado.

Quadro 2.7: Análise de fio compacto penteado para tecelagem (algodão egípcio)¹⁹

Fundação Blumenauense de Estudos Têxteis										
Análise de Fios										
Fio Penteado Compacto (Tecelagem)		Coefficiente de Variação de Massa (CVm%)	Pontos Finos (-50%)	Pontos Grossos (+50%)	Neps (+200%)	Pilosidade	Tenacidade (cN/Tex)	Alongamento (%)	Força (cN)	Torção (T/M)
10 tex	Média	12,65	11	12	29	2,61	25,06	5,19	251	1240
	Desvio Padrão	0,29	14,5	4,7	15,8	0,16	2,15	0,41	21,50	45,51
	CV%	2,29	131,6	39,2	54,4	6,24	8,58	7,81	8,58	3,67
8,5 tex	Média	13,39	10	23	32	2,45	24,33	4,75	207	1357
	Desvio Padrão	0,20	4,5	5,98	9,57	0,25	2,24	0,47	19,05	54,96
	CV%	1,49	45,0	26,0	29,9	10,34	9,22	9,84	9,22	4,05
6,5 tex	Média	14,69	42	52	56	2,36	23,35	4,16	154	1472
	Desvio Padrão	0,41	17,51	13,31	10,81	0,26	2,65	0,55	17,52	64,77
	CV%	2,80	41,7	25,6	19,3	11,17	11,37	13,16	11,37	4,40

¹⁸ Fonte: Mizoguchi (2013)

¹⁹ Fonte: Vieira (2016)

O objetivo da apresentação dos Quadros 2.6 e 2.7 é demonstrar o resultado de parâmetros de massa e dinamométricos de fios produzidos no Brasil, tendo-se evidenciado que o algodão brasileiro foi largamente utilizado para a produção de fios destinados a malharia e o algodão egípcio foi utilizado para a produção de fios destinado a tecelagem. Embora não seja recomendada a comparação entre os dois quadros, tendo em consideração o diferente sistema de fiação e a menor torção do fio destinado a malharia, fatores que influenciam diretamente nos parâmetros de massa e dinamométricos, destaca-se nos Quadros 2.6 e 2.7, no que concerne ao parâmetro de força de rutura (cN), que conforme ocorre a redução da massa linear do fio, há, conseqüentemente, uma redução na força (cN) necessária para provocar o seu rompimento.

Com o intuito de se demonstrar também os parâmetros de produção de fios em escala mundial, efetuou-se uma pesquisa na base de dados da Uster (2014b)²⁰, tendo sido possível realizar algumas pesquisas estatísticas fixando algumas massas lineares de fios. Selecionaram-se os fios com massas lineares 15 tex, 10 tex, 7 tex e 6 tex, e, conforme a tecnologia do sistema de fiação, realizou-se a comparação dos mesmos, fixando-se os parâmetros em percentil de 50% da Estatística Uster, obtendo-se os resultados apresentados no Quadro 2.8.

Quadro 2.8: Levantamento de qualidade de fios – Uster²¹

Tipo de fio selecionado	Massa Linear (tex)	Pontos Fios -50% /1000m	Pontos Grossos +50% /1000m	Neps +200% /1000m	tex Mínimo e Máximo da Estatística
Compacto, Penteado, espulas, tecelagem (100% algodão)	6	19	39	57	30 a 5,5
Convencional, Penteado, espula, tecelagem (100% algodão)	6	55	108	190	39 a 5,5
Convencional, Penteado, espula, tecelagem (100% algodão)	7	28	66	141	39 a 5,5
Convencional, Penteado, espula, tecelagem (100% algodão)	10	12	35	96	39 a 5,5
Convencional, Penteado, espula, tecelagem (100% algodão)	15	04	31	71	39 a 5,5
Convencional, Cardado, espula, tecelagem (100% algodão)	15	29	243	638	98 a 15

²⁰ <http://www.uster.com/en/service/uster-statistics/go-to-uster-statistics-interactive/>

²¹ Fonte: Próprio Autor (2016)

Considerando fios de massa linear idêntica (6 tex), observa-se a qualidade superior do fio compacto penteado em relação ao fio convencional penteado, assim como acontece no caso do fio 15 tex, onde se observa a qualidade superior do fio convencional penteado em relação ao fio convencional cardado. Observa-se também que num mesmo sistema de fiação, mantendo o percentil Uster de 50%, conforme ocorre a redução da massa linear do fio, surge também um aumento de irregularidades de massa e de imperfeições do fio (pontos finos, pontos grossos e neps).

A empresa Cataguases importa algodão egípcio (fibras longas e extralongas) e produz fios com massa linear até 5 tex utilizando filatórios Rieter (modelo G 36), equipamentos que podem produzir fios com massa linear até 2,36 tex, sendo este o fio 100% algodão mais fino produzido à escala mundial. No que respeita ao algodão brasileiro, o fio mais fino produzido é o fio 15 tex, exemplificado nas empresas Norfil, Brastex e Cataguases, que utilizam tecnologia de fiação anel e fiação anel compacto (COSTA, 2014).

2.7. Parâmetros que Influenciam o Custo de Produção

Um fator muito importante nas organizações refere-se à veracidade e eficiência no levantamento de informações em relação a custos de produção. Segundo Santos (2012), com a competitividade, as funções da contabilidade de custos passam a ser bem mais complexas e criteriosas, atendendo tanto as necessidades fiscais como o auxílio em processos de decisões gerenciais. A contabilidade de custo regista e interpreta os gastos de produção, apropriando-os devidamente nos seus respetivos produtos e serviços, papel fundamental para suprir as necessidades da organização na formação de preços competitivos e na diversificação dos seus produtos com moderação nos custos. É sabido que as empresas realizavam os seus levantamentos contabilísticos definindo os custos finais de produção e, ao concluir este processo, efetuavam o lançamento do lucro, definindo neste contexto o preço final de venda dos produtos ou serviços, contudo atualmente, o mercado define ou baliza os preços de venda dos produtos, assim, as organizações devem ajustar os custos de produção avaliando a viabilidade de produção de determinado produto ou serviço, de forma que, quando este não se apresentar viável, se deva abandonar a sua produção.

Uma forma convencional de apuração de custos em fiações de algodão é o rateio dos custos baseado na quantidade de fios em quilogramas (kg) produzidos em determinado período de análise. Estes custos de produção podem ser classificados como diretos e indiretos, assim, os

custos diretos estão relacionados diretamente com o produto produzido (como exemplo, a matéria-prima e as embalagens) e os custos indiretos estão relacionados com custos que não estão alocados diretamente à linha de produção (como exemplo, despesas administrativas e despesas comerciais), no entanto, há custos diretos que necessitam de rateio entre os produtos produzidos, isto quando não há possibilidade de mensurar especificamente o quanto foi empregado em determinado produto (como exemplo, mão-de-obra, energia e manutenção). Quando se tem um sistema de apuração de custos e alocações dos respetivos custos de cada produto, o resultado é um custo real, possibilitando a melhoria da competitividade sem perda de lucratividade, fator que poderia gerar prejuízos comerciais com a formação errônea de custos (BRUNHOLI, 2017a).

Segundo Vasconcelos (1993), a matéria-prima representa uma parte substancial do custo de produção de uma fição, destacando que 71% do custo refere-se a matéria-prima, 5,3% refere-se a pessoal, 18,7% a amortizações, 2,3% a manutenção e 2,7% a energia elétrica. Salienta-se que estes valores são influenciados diretamente pela localização da unidade produtiva, sendo que estes números mencionados podem estar relacionados a unidades localizadas no continente europeu. Brunholi (2017a) apresenta dados relativos ao custeio de uma unidade fabril no estado do Paraná (Brasil), referentes a abril do ano de 2017, manifestando que 62,9% do custo de produção refere-se a matéria-prima, 17,2% é concernente a mão-de-obra, 9,9% a energia elétrica, 5,7% a manutenção, 2,2% a embalagens e 2,1% a outros (materiais de segurança e limpeza, telefone, combustíveis, serviços de segurança patrimonial, copa, lanches, cafés e refeições). Neste contexto se observa a representação da matéria-prima no custo do fio, por essa razão a importância do estudo de concepção de fios com baixa massa linear utilizando o algodão brasileiro.

Salienta-se que na unidade fabril há grupos de máquinas que formam linhas de produção, assim, os custos que podem ser mensurados especificamente a cada linha são alocados às mesmas e os custos que não permitem esta mensuração são alocados por rateio entre as linhas, sendo rateados proporcionalmente com base na produção em quilogramas (kg) de cada linha. Dentro de cada linha de produção, formada por grupos de máquinas, produzem-se fios com massas lineares diferentes e o custo de produção também se baseia no rateio proporcional por quilograma de cada fio produzido em períodos pré-determinados, ou na mensuração específica quando possível, como nos casos, exemplificando, da matéria-prima e das embalagens. No caso da matéria-prima, os custos são alocados considerando as quebras relativas aos processos de limpeza e aos desperdícios da linha de produção.

3. Metodologia

Segundo Coutinho (2014), a investigação é uma atividade de natureza cognitiva que consiste num processo sistemático, flexível e objetivo de indagação, pois é através da investigação que se reflete sobre problemas ocorridos na prática, que se suscita o debate e se edificam as ideias inovadoras. Estas investigações contribuem para explicar e compreender fenómenos. Metodologia, métodos e técnicas são termos que surgem na literatura para designar os diversos meios que orientam o investigador na sua busca pelo conhecimento:

- A metodologia ajuda a compreender no sentido mais amplo um nível mais geral, descrevendo os métodos;
- Os métodos por si só podem constituir um conjunto de técnicas;
- Técnicas estão num nível bem próximo da prática e são utilizadas por determinados ramos do saber ou ciência na práxis científica.

3.1. Classificação da Pesquisa

Quanto à classificação da metodologia, a pesquisa será Quantitativa e Qualitativa. Quantitativa aquando do tratamento das informações ou das variáveis que podem ser medidas e quantificadas, comparadas ou relacionadas no processo de investigação, no momento do tratamento dos resultados de análises de fios e fibras. Qualitativa quando os dados observados não podem ser medidos ou quantificados, ou seja, aquando do tratamento de informações técnicas de equipamentos, processos e procedimentos de produção dos fios.

3.2. Método Científico

O método da pesquisa será a investigação-ação. Conforme Coutinho (2014), a investigação-ação é um processo reflexivo que vincula dinamicamente a investigação, a ação e a formação, acerca da sua própria prática, utilizada em situações onde se tem a necessidade de diagnóstico e solução de problemas específicos. Trata-se de uma investigação na prática profissional com a intenção de proporcionar uma melhoria e, conseqüentemente, promover um ciclo, conforme demonstrado na Figura 3.1.

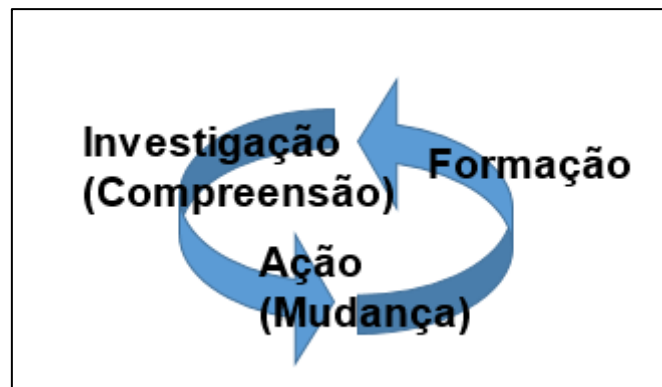


Figura 3.1: Investigação-Ação²²

Conforme apresentado na Figura 3.1, este método consiste na realização de uma investigação objetivando compreender o fenómeno, promover uma ação de melhoria ou mudança e realizar as análises dos resultados, promovendo a formação de uma nova situação. Esta, por sua vez, será novamente objeto de investigação e compreensão formando um ciclo contínuo de investigação-ação. Este fenómeno é o que frequentemente surge em unidades fabris, caracterizando um método também denominado multi ou misto, pois além de descrever o problema, é necessário agir, intervir, gerando uma ação ligada à mudança, no entanto, autoavaliativa, pois continuamente é avaliada, gerando novos conhecimentos (COUTINHO, 2014).

3.3. Técnicas da Pesquisa

No que diz respeito às técnicas da pesquisa, existem os procedimentos e as normas técnicas para a realização das atividades, sendo os procedimentos relacionados com a produção de fios nos processos de fiação (procedimentos internos da Cocamar Cooperativa Agroindustrial) e as normas técnicas relacionadas com os ensaios de características intrínsecas das fibras e os ensaios de parâmetros de massa e dinamométricos dos fios utilizados no laboratório de física-têxtil. As normas técnicas estão relacionadas no Apêndice 15 (Parâmetros de Ensaio Realizados na Cocamar Cooperativa Agroindustrial) e Apêndice 16 (Parâmetros de Ensaio de Resistência de Tecidos Realizados na Universidade do Minho).

²² Fonte: Coutinho (2014)

3.4. Desenvolvimento da Pesquisa

A pesquisa foi desenvolvida com material de uma unidade fabril, o qual foi separado do material do setor de maçarqueira (pavio) para compor a base de referência, bem como com materiais do setor de passadeiras (fitas), para processamento e produção dos fios propostos. Realizou-se o processamento em filatório do material destinado a compor a base de referência, ajustando o equipamento e produzindo os fios com massas lineares 20 tex e 15 tex, assim como o processamento nos setores de preparação (penteadeiras, passadores e maçarqueira) e filatórios dos materiais de passadeira destinados à produção dos fios propostos, ajustando os equipamentos e produzindo os fios com massas lineares 10 tex, 7 tex, 6 tex e, também, o fio 15 tex para comparação com o fio de referência.

No decorrer do desenvolvimento e produção dos fios houve a necessidade de se realizar novos ensaios nos setores de preparação de fiação (passadeiras, penteadeiras e maçarqueiras), resultando na elaboração de novos planos de ensaios, os quais foram identificados como etapas de produção.

A cada etapa do desenvolvimento e produção dos fios, realizou-se a análise das características do algodão utilizado na sala de abertura da linha produtiva, de forma a registrar as características intrínsecas do algodão brasileiro utilizado no processo de fiação.

Definiu-se, no decorrer do desenvolvimento de produção dos fios propostos, a utilização do processo *corespun yarn*, revestindo um fio alma composto por filamento contínuo e recoberto com fibras de algodão, contemplando desta forma uma das etapas de desenvolvimento. Selecionou-se o filamento contínuo de fibra manufaturada para a alimentação no sistema de trem-de-estiro dos filatórios nos sistemas de fiação convencional anel e produziram-se os fios com massas lineares 7 tex e 6 tex.

A pesquisa foi desenvolvida em parte numa fiação do estado do Paraná (Brasil), Indústria de fios da Cocamar Cooperativa Agroindustrial, outra parte na sede de uma das suas fornecedoras de máquinas, a Toyota Maquinas Têxteis (Japão) e em parte na Universidade do Minho (Portugal).

Os materiais utilizados ao longo deste trabalho foram fornecidos pelas seguintes entidades:

- a) Algodão brasileiro e egípcio e fios produzidos com os respectivos algodões:
Fiações (Estado do Paraná e Estado de Minas Gerais – Brasil) e Representantes Comerciais (Estado do Paraná e Estado de São Paulo – Brasil).

b) Filamentos de Fibras Manufaturadas:

Representantes Comerciais (Estado do Paraná e Estado de São Paulo – Brasil),
Indústrias Manufadoras de Fibras e Indústrias que utilizam os filamentos têxteis
(Estado de São Paulo – Brasil);

Os equipamentos utilizados para a produção dos fios, nomeadamente, sala de abertura, cardas, passadores, maçarqueira, filatório convencional (anel) e filatório compacto, foram fornecidos pelas seguintes entidades:

- a) Fiação Cocamar Cooperativa Agroindustrial (Maringá, Paraná – Brasil): Fiação convencional (Filatório Fasa-Zinser 260);
- b) Toyota Máquinas Têxteis (Karya – Japão) – Laboratório de desenvolvimento com filatório Toyota RX240E com sistema de fiação convencional e fiação compacto.

Os ensaios de laboratório foram efetuados com equipamentos cedidos pelas seguintes entidades:

- a) Regularímetro, Dinamómetro, HVI, Aspa e Balança de precisão:
Fiação Cocamar (Maringá, Paraná – Brasil) e Fiação Coamo (Campo Mourão, Paraná – Brasil).
- b) Microscópio Eletrónico de Varredura, Tear e Dinamómetro:
Universidade do Minho (Guimarães – Portugal).

Salienta-se que para o acesso à indústria de fios Cocamar foi necessária a ambientação, ou seja, foi necessário realizar a integração com os setores de cooperativismo, segurança e qualidade (Anexo 4). A ambientação foi realizada em vinte e um de setembro do ano de dois mil e quinze, durante o horário vespertino (13:30 às 16:30 horas).

3.5. Etapas de Realização da Produção de Fios

Devido ao fato de a pesquisa ser classificada, quanto ao método científico, como investigação-ação, no decorrer dos desenvolvimentos experimentais houve a necessidade de dividi-la em etapas, sendo o resumo apresentado no Quadro 3.1.

Quadro 3.1: Etapas de realização da produção de fios²³

Etapas	Desenvolvimento Experimental				
	Ensaio	Fibras	Tecnologia de Fiação	Objetivo/Produção	Fios
Etapa 1	Formação de base de referência para a produção dos fios propostos (Plano Cocamar)	Algodão da linha de produção	Anel Penteado	Produzir fios sem alterações de massas lineares do processo de preparação	20 tex 15 tex
Etapa 2	Produção dos fios propostos (Plano Cocamar)	Algodão da linha de produção	Anel Penteado	Produzir fios com alterações de massas lineares de passeadeira (2ª passagem) e maçarqueira	15 tex 10 tex 7 tex 6 tex
Etapa 3	Produção dos fios propostos com ajustes das massas lineares utilizadas na Etapa 2 (Plano Cocamar)	Algodão da linha de produção	Anel Penteado	Produzir fios com ajustes nas massas lineares de passeadeira (2ª passagem) e maçarqueira após obtenção de resultados da Etapa 2	15 tex 10 tex 7 tex 6 tex
Etapa 4	Produção dos fios propostos com alteração de ajustes na penteadeira e alteração de fluxo de processo (Plano Cocamar)	Algodão da linha de produção	Anel Penteado	Produzir fios com alteração de regulagem de penteadeira, ajuste de massa linear de 2ª passagem, inserção de 3ª passagem e ajustes de massa linear de maçarqueira	15 tex 10 tex 7 tex 6 tex
Etapa 5	Produção de fio <i>corespun</i> (Plano Cocamar)	Algodão da linha de produção e poliamida	Anel penteado	Produzir fios <i>corespun</i> com a utilização de material da Etapa 4 e adição de núcleo com multifilamento de poliamida	7 tex 6 tex
Etapa 6	Produção de fios anel e anel compacto em filatórios Toyota (Plano Toyota)	Algodão de linha de Produção	Anel penteado e compacto penteado	Produzir fios com a utilização de material da Etapa 4 em sistema anel e anel compacto no centro de pesquisa e desenvolvimento da Toyota Maquinas Têxteis	15 tex 10 tex 7 tex

²³ Fonte: Próprio Autor (2017)

4. Produção dos Fios, Resultados e Discussões

Apresentam-se neste capítulo os resultados da pesquisa realizada em fiações do estado do Paraná (Brasil), os resultados de análises das amostras de fibras e fios (algodão brasileiro e egípcio), estes para a formação de dados de referência, e, na sequência, apresenta-se a produção dos fios propostos, os resultados e a discussão sobre os mesmos.

4.1 Dados de Referência

Realizou-se junto das fiações do estado do Paraná (Brasil) uma pesquisa para recolha de dados referente as tecnologias utilizadas (sistemas de fiação), matéria-prima utilizada e massas lineares de fios produzidos. Foi efetuada numa unidade fabril do estado do Paraná, a coleta de amostras de algodão brasileiro e fios produzidos com algodão brasileiro, assim como se realizou ainda, numa unidade fabril do Estado de Minas Gerais, a coleta de amostras de fios produzidos com algodão egípcio. Numa outra unidade fabril do Estado de Minas Gerais obteve-se os resultados de análises de fibras de algodão egípcio e de fios produzidos com as mesmas.

4.1.1 Fiações do Estado do Paraná (Brasil)

No estado do Paraná (Brasil), existiam seis fiações tradicionais de algodão com capacidade de produção superior a cinco mil toneladas por ano. Devido ao fato de não haver autorização para a identificação das fiações, as mesmas serão identificadas pelas letras A, B, C, D, E e F. No Quadro 4.1 apresentam-se os resultados da pesquisa sobre a produção de fios nestas fiações. Contudo, uma empresa (empresa C) encerrou as suas atividades no segundo semestre do ano de 2016.

Fundamenta-se que em função de a pesquisa ter sido realizada numa unidade fabril do estado do Paraná e de esta empresa possuir uma rede de contatos com as demais empresas do Estado, possibilitou-se de forma facilitada a realização da pesquisa e a recolha de dados. Segundo o IEMI (2016), no ano de 2015, as fiações do estado do Paraná foram responsáveis por uma produção equivalente a 5% da produção nacional de fios. Salienta-se que as fiações do Estado do Paraná produzem fios exclusivamente para comercialização, ou seja, não há verticalização nem consumo próprio.

Quadro 4.1: Resultado de pesquisa em fiações do Paraná (Brasil)²⁴

Empresa	Informações *						
	1	2	3	4	5	6	7
A	6.423	Anel Penteadado Anel Cardado Rotor	30 a 16 74 a 20 74 a 16	Mato Grosso/Brasil, Goiás/Brasil e Bahia/Brasil	29 mm 3,8 a 4,2	13	Característica de fibra brasileira; Tecnologia de Equipamentos; Produção mais baixa afetando o custo comercial; Única linha de abertura para toda fabrica.
B	8.300	Anel Penteadado Anel Cardado Rotor	30 a 15 74 a 20 74 a 16	Mato Grosso/Brasil, Mato Grosso do Sul/Brasil e Bahia/Brasil	28,5 a 29 mm 3,3 a 4,9	15	Característica de fibra brasileira; Tecnologia de Equipamentos;
C	5.400	Anel Penteadado Anel Cardado Rotor	30 a 20 30 a 20 74 a 37	Mato Grosso/Brasil	28,7 mm 4,2	20	Característica de fibra brasileira; Mercado brasileiro com baixa demanda para fios extra finos.
D	7.440	Anel Penteadado	25 a 15	Mato Grosso/Brasil	28 a 32 mm 3,4 a 4,5	15	Característica de fibra brasileira; Mercado brasileiro com baixa demanda para fios finos.
E	10.950	Anel Cardado Rotor	37 a 20 20	Mato Grosso/Brasil e Mato Grosso do Sul/Brasil	28 acima 3,5 a 4,4	20	Característica de fibra brasileira; Tecnologia de Equipamentos.
F	12.000	Anel Penteadado Anel Cardado	30 a 10 37 a 15	Mato Grosso/Brasil, Goiás/Brasil e Bahia/Brasil	28 acima 3,5 a 4,4	10 ^(*)	Característica de fibra brasileira; Tecnologia de Equipamentos; Mercado brasileiro com baixa demanda para fios extra finos. (*) Produção com algodão Pima do Peru ou Estados Unidos da América.
<p>* Informações:</p> <p>1 - Produção em toneladas por ano;</p> <p>2 - Sistemas de Fiação;</p> <p>3 - Gama de massa linear (tex) produzidos em seu respectivo sistema;</p> <p>4 - Origem do algodão;</p> <p>5 - Comprimento e Micronaire (finura) média de fibras;</p> <p>6 - Fio mais fino já produzido em escala industrial (tex);</p> <p>7 - Fatores que dificultam a produção de fios extrafinos na unidade fabril.</p>							

Conforme os dados apresentados no Quadro 4.1, percebe-se que as fiações utilizam, na sua maioria, algodão brasileiro, sendo este caracterizado como fibras de comprimento médio, ao passo que apenas uma fiação (empresa F) utiliza algodão *Pima* importado do Peru ou dos Estados Unidos da América para a produção de fios extrafinos. Destaca-se que as características das fibras brasileiras são consideradas, por parte dos representantes de todas as fiações, como o principal fator de limitação para a produção de fios com massa linear extrafinos (abaixo 14 tex), ou seja, mencionaram não ser possível produzir fios com massa linear abaixo de 14 tex utilizando o algodão brasileiro e a tecnologia existente nas suas unidades fabris.

De acordo com as referências da Fundação Blumenauense de Fibras Têxteis (FBET), as análises de massa linear de fios mais finos no sistema fiação anel com preparação penteado foram de 20 tex, no entanto, conforme dados apresentados, cinco fiações (Empresas A, B, C, D e F) possuem sistema de fiação anel com preparação penteado e produzem fios com gama de massa linear de 30 tex a 10 tex, sendo de destacar que uma fiação (Empresa C) produz fio até 20 tex, uma fiação (Empresa A) produz fio até 16 tex, duas fiações (Empresas B e D) produzem fios até 15 tex, todas estas com algodão brasileiro, enquanto apenas uma fiação (Empresa F) produz fio com massa linear até 10 tex utilizando o algodão de fibra longa.

²⁴ Fonte: Próprio Autor (2016)

A gama de massa linear no sistema de fiação anel é de 74 tex a 15 tex, sistema utilizado por cinco fiações (Empresas A, B, C, E e F), das quais quatro (Empresas A, B, C e E) produzem fios com massa linear até 20 tex e apenas uma fiação (Empresa F) produz fio com massa linear até 15 tex.

No sistema de fiação rotor, utilizado por quatro fiações (Empresas A, B, C e E), a gama de massa linear é de 74 tex a 16 tex, sendo que uma fiação (Empresa C) produz fio com massa linear até 37 tex, uma fiação (Empresa E) produz fio com massa linear até 20 tex e duas fiações (Empresas A e B) produzem fios com massas lineares até 16 tex.

Observa-se que as fiações não possuem o sistema de fiação anel compacto, sistema este que possibilita agregar e aumentar a coesão entre as fibras e no qual as pontas das fibras são completamente absorvidas para a formação do fio, reduzindo consideravelmente a pilosidade e irregularidades do fio, melhorando o rendimento da fibra e produzindo uma estrutura perfeita, fato que, conseqüentemente, aumenta a resistência do fio e possibilita a produção de fios extremamente finos.

4.1.2 Fibras e Fios – Algodão Brasileiro e Egípcio

Com o objetivo de se elaborar a base de dados de referência, apresentam-se neste subcapítulo os resultados de ensaios de amostras de algodão brasileiro e algodão egípcio, bem como os resultados de ensaios dos fios produzidos com a utilização destes, sendo os ensaios realizados no laboratório de controle de qualidade de fibras e fios da Cocamar Cooperativa Agroindustrial, conforme parâmetros de ensaios apresentados no apêndice 15.

Realizou-se a análise de fibras do algodão utilizado na linha de produção da Cocamar Cooperativa Agroindustrial, referente as amostras de algodão da linha de abertura, retiradas após o misturador de fibras. O Quadro 4.2 apresenta o resultado da análise HVI do algodão utilizado.

Quadro 4.2: Análise HVI do algodão utilizado (algodão brasileiro)²⁵

COCAMAR - Laboratório de Controle de Qualidade									
Análise de HVI									
Algodão Brasileiro (Linha Principal 16/09/2015 - 45 Fardos)									
	Finura /Micronaire	Comprimento UHM - (mm)	Uniformidade UI (%)	Índice Fibras Curtas (%)	RD (%)	+b	Tenacidade (gf/tex)	Alongamento (%)	Maturidade
Média	3,86	29,40	80,90	9,40	75,60	7,30	30,40	6,50	0,86
Desvio Padrão	0,08	0,50	0,90	0,70	1,40	0,90	1,20	1,00	0,01
CV %	2,16	1,71	1,10	7,40	1,80	11,70	4,00	1,10	0,90

No Quadro 4.2 observa-se que os resultados obtidos se enquadram relativamente na classificação do comprimento em fibras médias, conforme apresentado no Quadro 2.1 e Quadro 2.4, características estas que contribuem para o fato de a matéria-prima utilizada pela Cocamar se apresentar conforme as características médias do algodão brasileiro.

Obteve-se duas (2) amostras de algodão egípcio, sendo a primeira obtida junto da comerciante (*Traders*) e a segunda obtida junto da unidade fabril do estado de Minas Gerais (Brasil), que será denominada Unidade Fabril Minas Gerais 1, que utiliza o algodão de fibra longa ou extralonga com base no qual se realizou a análise de fibras no laboratório de controle de qualidade da empresa Cocamar. Os resultados obtidos para as amostras de algodão egípcio encontram-se no Quadro 4.3.

Quadro 4.3: Análise HVI de algodão egípcio²⁶

COCAMAR - Laboratório de Controle de Qualidade									
Análise de HVI									
Algodão Egípcio (Amostra 1)									
	Finura /Micronaire	Comprimento UHM - (mm)	Uniformidade UI (%)	Índice Fibras Curtas (%)	RD (%)	+b	Tenacidade (gf/Tex)	Alongamento (%)	Maturidade
Média	4,31	36,10	85,87	5,25	68,08	12,78	56,44	7,2	0,97
Desvio Padrão	0,09	0,76	1,15	0,42	0,8	0,28	4,76	0,12	0,01
CV %	2,04	2,11	1,34	8,04	1,17	2,2	8,44	1,73	1,03
Algodão Egípcio (Amostra 2)									
	Finura /Micronaire	Comprimento UHM - (mm)	Uniformidade UI (%)	Índice Fibras Curtas (%)	RD (%)	+b	Tenacidade (gf/Tex)	Alongamento (%)	Maturidade
Média	4,67	31,71	83,66	7,05	72,00	9,94	35,17	7,11	0,92
Desvio Padrão	0,13	0,89	1,28	0,59	0,93	6,51	1,50	0,09	0,01
CV %	2,74	2,8	1,53	8,44	1,29	5,2	4,26	1,23	1,06

Observa-se nos resultados apresentados no Quadro 4.3 que algumas características diferem dos valores referenciados em literatura, salientando-se que a finura (micronaire) das fibras analisadas apresenta valores maiores que os valores referenciados no Quadro 2.1, pois o índice referenciado foi de 3,4 a 3,6, no entanto, quando do comparativo com os resultados apresentados no Quadro 2.3, algodão egípcio analisado pela Fundação Blumenauense de Estudos Têxteis (FBET), observa-

²⁵ Fonte: Cocamar Cooperativa Agroindustrial (2015)

²⁶ Fonte: Cocamar Cooperativa Agroindustrial (2015)

se que duas daquelas amostras se assemelham aos resultados apresentados neste quadro (Quadro 4.3). Quanto à característica de comprimento, comparando com o Quadro 2.1, verifica-se que os valores obtidos condizem para que a amostra 1 possa ser classificada como fibra extralonga e a amostra 2 possa ser classificada como fibra longa. Quanto à tenacidade, apesar do menor valor apresentado pela amostra 2, as amostras analisadas apresentam-se com excelentes resultados, destacando-se valores mais elevados da tenacidade em relação ao Quadro 2.1.

Após a análise do algodão brasileiro e do algodão egípcio, como se esperava, evidenciaram-se as características superiores do algodão egípcio (comprimento, uniformidade, tenacidade, alongamento), características que possibilitam agregar maior regularidade e qualidade ao fio, e consequentemente possibilitam a produção de fios com menores massas lineares.

Efetuuou-se a análise da Estatística Uster considerando as características de fibras dos Quadros 4.2 e 4.3. Os níveis de qualidade da Estatística Uster são baseados nos valores de comprimento da fibra, desta forma, utilizou-se a média do comprimento de cada amostra para a análise dos demais parâmetros, conforme apresentado no Quadro 4.4.

Quadro 4.4: Estatística Uster - Análise de fibras²⁷

ESTATÍSTICA USTER (%)			
Material: 100 % Algodão			
Processo: Fardos			
Instrumento: Uster HVI			
Parâmetro - Comprimento (UHML - mm)			
Procedência	Brasil	Egito (Amostra 1)	Egito (Amostra 2)
Comprimento	29,40	36,10	31,71
Uniformidade	> 95%	84%	75%
Finura / Micronaire	37%	> 95%	> 95%
Tenacidade	33%	< 5%	< 5%
Índice de Fibras Curtas	59%	52%	37%

> - maior que

< - menor que

Considerando os valores de comprimento, verifica-se que os parâmetros de Estatística Uster para uniformidade, tenacidade e índice de fibras curtas se apresentam melhores para o algodão egípcio, embora, no que concerne à característica de finura/micronaire, o algodão brasileiro apresente melhor parâmetro na estatística. Observa-se uma pequena discrepância em relação ao parâmetro do índice de fibras curtas da amostra 2 do algodão egípcio para as demais amostras, onde a

²⁷ Fonte: Uster Technologies (2016)

amostra 2 do algodão egípcio apresentou valor de 7,05% para índice de fibras curtas e percentil de 37% para o parâmetro de Estatística Uster, a amostra 1 do algodão egípcio apresentou índice de 5,25% e percentil na Estatística Uster de 52% e o algodão brasileiro apresentou índice de 9,40% o que resultou em um percentil de estatística Uster de 59%.

Em contato com a indústria brasileira, com unidade fabril no estado de Minas Gerais, que solicitou não ser identificada e, desta forma, será denominada Unidade Fabril Minas Gerais 2, obteve-se informações sobre matéria-prima e fios produzidos. Quanto ao algodão, a unidade fabril importa algodão egípcio de duas variedades, sendo estes o algodão “Giza 86”, utilizado para a produção do fio 10 tex, e o algodão “Giza 88”, utilizado para a produção do fio 7 tex. No Quadro 4.5 apresenta-se os parâmetros de qualidade do algodão adquirido pela empresa.

Quadro 4.5: Parâmetros de qualidade de algodão egípcio Giza 86 e Giza 88²⁸

Características	Giza 86	Giza 88
Finura / Micronaire	3,5 a 4,9	3,6 a 4,5
Comprimento – UHM (mm)	30 a 32 mm	36 a 38 mm
Uniformidade (UI %)	Acima de 84	Acima de 86
Índice de Fibras Curtas (%)	Abaixo de 7	Abaixo de 6
Rd	Acima de 69	Acima de 65
+b	Abaixo de 12	Abaixo de 13
Tenacidade (gf/Tex)	33,5 a 39,5	40,0 a 44,0
Alongamento (%)	Acima de 6,0	Acima de 5,0
Maturidade	Acima de 86	Acima de 86

Observa-se no Quadro 4.5 que as variedades “Giza 86 e Giza 88” apresentam características diferentes, principalmente quanto ao comprimento e tenacidade, validando as informações apresentadas na Figura 2.2, características estas que justificam as diferenças encontradas nas análises do Quadro 2.3 e Quadro 4.3. Diante dessas opções, as empresas podem adquirir algodão de umas das variedades de acordo com o planejamento orçamentário e as características desejadas para o fio a ser produzido.

Posteriormente à avaliação das características das fibras, obteve-se os resultados dos fios produzidos com algodão brasileiro e algodão egípcio. Realizaram-se análises de parâmetros de massa e dinamométricos do fio 20 tex produzido com algodão brasileiro na linha produtiva da Cocamar Cooperativa Agroindustrial, cujo material processado refere-se ao material produzido no filatório Toyota RX240. Os resultados são apresentados no Quadro 4.6.

²⁸ Fonte: Unidade Fabril Minas Gerais 2 (2017)

Quadro 4.6: Análise de fio 20 tex produzido na Cocamar – Filatório RX240²⁹

COCAMAR - Laboratório de Controle de Qualidade						
Análise de Parâmetros de Massa e Dinamométricos de Filatórios						
Algodão Brasileiro (Linha de Produção)						
Dados do Ensaio			Parâmetros Uster			
Fio 20 tex Penteado						
Data	20/09/2015		Material: 100% Algodão			
Filatório	2		Processo: Filatório			
Preparação do Pávio (tex)	656		Preparação: Penteado			
Número amostras/ensaios	10		Aplicação: Tecelagem			
Massa Linear Encontrada (tex)	19,73		Instrumento: Uster Tester			
Torções por Metro Encontrada	801		Metragem de Análise: 1000 metros			
Parâmetros	Resultados	Parâmetros Estatística Uster				
		5%	25%	50%	75%	95%
CVm %	13,63	11	11,8	12,7	● 13,7	14,7
Pontos Finos (-50%)	1,00	0	1●	2	3	7
Pontos Grossos (+50%)	41,00	6	11	22	41●	81
Neps (+200%)	49,00	17	29	● 50	89	164
Pilosidade	5,76	3,8	4,2	4,6	5,1	5,6 ●
Tenacidade de Ruptura (cN/tex)	15,63	21,8	-	17,2	● -	13,1
Alongamento de Ruptura (%)	5,17	6,4	5,8	5,3 ●	4,9	4,4
Força de Ruptura (cN)	309	429,4	-	339,1	● -	258,3

Conforme observado no Quadro 4.6, quanto ao fio produzido com algodão brasileiro para constituir a base de dados referenciais, destaca-se que os parâmetros de massa e dinamométricos são semelhantes aos resultados apresentados no Quadro 2.6, referente aos fios analisados pela Fundação Blumenauense de Estudos Têxteis (FBET).

Como não foi possível a produção de fios com algodão egípcio na unidade fabril da Cocamar Cooperativa agroindustrial, realizou-se a busca de fios produzidos em outras unidades fabris. Observa-se no Quadro 4.7 o resultado de parâmetros de massa e dinamométricos de fio produzido com algodão egípcio fornecido pela Unidade Fabril Minas Gerais 1 (unidade fabril do Estado de Minas Gerais).

²⁹ Fonte: Cocamar Cooperativa Agroindustrial (2015)

Quadro 4.7: Análise de fio 10 tex compacto produzido com algodão egípcio (Unidade Fabril Minas Gerais 1)³⁰

Análise de Fios Produzidos com Algodão Egípcio						
Algodão Egípcio						
Dados do Ensaio		Parâmetros Uster				
Fio 10 tex Compacto		Material: 100% Algodão				
Número amostras/ensaios		Processo: Filatório Compacto				
Massa Linear Encontrada (tex)		Preparação: Penteado				
Torções por Metro Encontrada		Aplicação: Tecelagem				
		Instrumento: Uster Tester				
		Metragem de Análise: 1000 metros				
Parâmetros	Resultados	Parâmetros Estatística Uster				
		5%	25%	50%	75%	95%
CVm %	15,23	12	-	13,1	-	14,3 ●
Pontos Finos (-50%)	6,5	1	-	5 ●	-	18
Pontos Grossos (+50%)	121	10	-	24	-	59 ●
Neps (+200%)	70,5	17	-	44	● -	123
Pilosidade	3,00	2,2	-	2,6	-	● 3,1
Tenacidade de Ruptura (cN/tex)	21,83	27,7	-	22,6 ●	-	18,9
Alongamento de Ruptura (%)	5,48	6	-	● 5,3	-	4,7
Força de Ruptura (cN)	215	272,8	-	222,8 ●	-	186,3

Observa-se no Quadro 4.7 que as características apresentadas para o fio de massa linear 10 tex são inferiores às características apresentadas como referência no Quadro 2.7.

No que respeita aos fios produzido pela Unidade Fabril Minas Gerais 2, destaca-se os fios de massas lineares 10 tex e 7 tex, produzidos, respetivamente, com os algodões egípcios “Giza 86 e Giza 88”. Salienta-se que o fio com massa linear 10 tex é produzido em filatório compacto e o fio com massa linear 7 tex é produzido em filatório anel convencional. No Quadro 4.8 apresenta-se a qualidade do fio com massa linear 10 tex produzido com a utilização do algodão egípcio “Giza 86”.

³⁰ Fonte: Cocamar Cooperativa Agroindustrial (2016)

Quadro 4.8: Análise de fios produzidos com algodão egípcio Giza 86 – 10 tex compacto³¹

Análise de Fios Produzidos com Algodão Egípcio						
Algodão Egípcio (Giza 86)						
Dados do Ensaio		Parâmetros Uster				
Fio 10 tex Compacto		Material: 100% Algodão				
Número amostras/ensaios		Processo: Filatório Compacto				
10		Preparação: Penteado				
		Aplicação: Tecelagem				
		Instrumento: Uster Tester				
		Metragem de Análise: 1000 metros				
Parâmetros	Resultados	Parâmetros Estatística Uster				
		5%	25%	50%	75%	95%
CVm %	13,12	12	-	13,1	-	14,3
Pontos Finos (-50%)	5	1	-	5	-	18
Pontos Grossos (+50%)	43	10	-	24	●	59
Neps (+200%)	107	17	-	44	-	● 123
Pilosidade	2,09	● 2,2	-	2,6	-	3,1
Tenacidade de Ruptura (cN/tex)	22,69	27,7	-	● 22,6	-	18,9
Alongamento de Ruptura (%)	5,37	6	-	● 5,3	-	4,7
Força de Ruptura (cN)	227	272,8	-	● 222,8	-	186,3

Observa-se no Quadro 4.8 que o fio apresenta resultados intermédios relativamente aos valores apresentados no Quadro 4.7 e Quadro 2.7. No que se refere à análise de fio com massa linear 7 tex produzido com algodão egípcio “Giza 88”, apresentam-se no Quadro 4.9 os resultados e a relação com a Estatística Uster.

³¹ Fonte: Unidade Fabril Minas Gerais 2 (2017)

Quadro 4.9: Análise de fios produzidos com algodão egípcio Giza 88 – 7 tex³²

Análise de Fios Produzidos com Algodão Egípcio						
Algodão Egípcio (Giza 88)						
Dados do Ensaio		Parâmetros Uster				
Fio 7 tex Penteado		Material: 100% Algodão				
Número amostras/ensaios		Processo: Filatório anel				
10		Preparação: Penteado				
		Aplicação: Tecelagem				
		Instrumento: Uster Tester				
		Metragem de Análise: 1000 metros				
Parâmetros	Resultados	Parâmetros Estatística Uster				
		5%	25%	50%	75%	95%
CVm %	14,08	13,6	● 14,3	15	15,9	16,8
Pontos Finos (-50%)	11	8 ●	16	28	52	95
Pontos Grossos (+50%)	46	27	41 ●	66	111	189
Neps (+200%)	137	56	93	● 141	222	360
Pilosidade	3,60	2,5	2,7	3,0	3,3	3,6 ●
Tenacidade de Ruptura (cN/tex)	24,66	28	- ●	21,4	-	16,7
Alongamento de Ruptura (%)	4,34	5,8	5,4	4,9	4,6	● 4,2
Força de Ruptura (cN)	182	206,9 ●	-	157,8	-	123

Realizando-se o comparativo dos fios em relação ao percentil da Estatística Uster obtêm-se os resultados no Quadro 4.10.

Quadro 4.10: Estatística Uster (Comparativo de Percentil)³³

Estatística Uster - Comparativo de Percentil				
Fio	20 tex Penteado	10 tex Empresa Y	10 tex Giza 86	7 tex Giza 88
Data	20/09/2015	-	-	-
Filatório	2 (RX 240)	-	G36	G36
Massa Linear Preparação do Pavo (tex)	656	-	-	-
Número amostras/ensaios	10	2	10	10
Massa Linear Encontrada (tex)	19,73	10,07	-	-
Torções por Metro Encontrada	801	1.390	-	-
Parâmetros	Toyota RX240	Egípcio		
CVm %	73%	>95%	50%	19%
Pontos Finos (-50%)	25%	>95%	50%	13%
Pontos Grossos (+50%)	75%	55%	75%	30%
Neps (+200%)	49%	65%	86%	48%
Pilosidade	>95%	86%	5%	95%
Tenacidade de Ruptura	67%	60%	50%	28%
Alongamento de Ruptura	58%	41%	50%	88%
Força de Ruptura	67%	60%	46%	11%
< menor que 5%				
> maior que 95%				

Conforme se pode verificar no Quadro 4.10, os resultados dos fios em relação aos percentis da Estatística Uster apresentam-se melhores para os fios 7 tex produzidos com algodão egípcio Giza 88 e para o fio 10 tex produzido com algodão egípcio Giza 86.

³² Fonte: Unidade Fabril Minas Gerais 2 (2017)

³³ Fonte: Uster Technologies (2016)

4.2 Produção dos Fios

Nesta secção são apresentados os desenvolvimentos experimentais para a produção dos fios realizados na Cocamar Cooperativa Agroindustrial e na Toyota Máquinas Têxteis. Os fios foram produzidos em 6 Etapas de desenvolvimento.

4.2.1 Etapa 1 – Formação de Base de Referência para a Produção dos Fios Propostos

Para a formação da base de referência para o desenvolvimento dos fios propostos selecionou-se material da linha produtiva, ou seja, selecionou-se o pavio de maçarqueira para a produção de fios 20 tex e 15 tex no filatório Fasa-Zinser 260. Os resultados do fio com massa linear 20 tex foram comparados com os resultados do fio com massa linear 20 tex produzido no filatório Toyota RX240 de forma a possibilitar a validação e a escolha de máquina (filatório Fasa-Zinser 260) para os desenvolvimentos. Os resultados do fio com massa linear 15 tex formaram os dados de referência para efeitos de comparação com as etapas seguintes, visto ser o fio mais fino já produzido na fiação Cocamar Cooperativa Agroindustrial.

4.2.1.1 Produção dos Fios 20 tex e 15 tex

Nesta etapa realizou-se uma pesquisa de dados mecânicos dos equipamentos (regulagens e engrenagens) no sistema de informações do departamento de controle de produção da indústria de fios Cocamar (sistema “PCF”), sistema destinado ao registo de dados mecânicos de todos os equipamentos da linha de produção, sejam eles equipamentos históricos ou efetivamente em produção, ou após novas alterações de máquinas.

Selecionaram-se 30 maçarocas da linha de produção com pavio de massa linear 656 tex e, para se produzir os fios de massa linear 20 tex e 15 tex, efetuaram-se as alterações dos dados mecânicos de filatórios, ajustando-se a estiragem (Anexo 2) e a torção (Anexo 3), calculadas a partir das Equações 2.5 e 2.9. Apresenta-se no Quadro 4.11 as engrenagens adotadas e os resultados da estiragem total e das torções dos fios (valores mecânicos).

Quadro 4.11: Dados mecânicos do filatório Fasa-Zinser 260 (Etapa1)³⁴

Dados Mecânicos Filatório Fasa-Zinser 260		
Dados Mecânico/Técnicos	Fio	
	20 tex	15 tex
Pinhão de Estiragem (PE)	24	20
Pinhão de Estiragem Auxiliar (PEA)	85	93
Estiragem Total	35,71	46,89
Pinhão de Torção (PT)	56	49
Torções (T/m)	852	974
Coefficiente de Torção (tex)	3.779	3.741

Os dados mecânicos de cardas, passadeiras (primeira passagem), reunideiras, penteadeiras, passadeiras (segunda passagem), maçarqueiras e filatórios apresentam-se nos apêndices 01 (Dados Mecânicos de Carda), 02 (Dados Mecânicos de Passadeira – Primeira Passagem), 03 (Dados Mecânicos de Reunideira), 04 (Dados Mecânicos de Penteadeira), 05 (Dados Mecânicos de Passadeira – Segunda Passagem), 07 (Dados Mecânicos de Maçarqueira) e 08 (Dados Mecânicos de Filatório – Etapa 1) e as análises foram realizadas conforme parâmetros descritos no apêndice 15 (Parâmetros de Ensaio Realizados na Cocamar Cooperativa Agroindustrial).

Foram realizados ensaios de caracterização de matéria-prima no HVI em amostras dos fardos de algodão que compunham a mistura no processo de sala de abertura, assim como ensaios de parâmetros de massa de fita de carda, fita de passadores (primeira e segunda passagens), fita de penteadeira e pavio de maçarqueira. Nos fios com massas lineares 20 tex e 15 tex, realizaram-se ensaios de parâmetros de massa e ensaios dinamométricos. Os aparelhos HVI (PREMIER ART2), regularímetro (PREMIER IQ2 DX), Dinamómetro (USTER TENSORAPID 3), Torsiómetro (MARTE) e Aspa (MARTE), utilizados para ensaios de fibras e fios, são apresentados na Figura 4.1.

³⁴ Fonte: Próprio Autor (2015)



Figura 4.1: Aparelhos de ensaios de fibras e fios³⁵

No Quadro 4.12 apresenta-se um resumo do plano de produção desta fase.

³⁵ Fonte: Cocamar Cooperativa Agroindustrial (2017)

Quadro 4.12: Resumo de produção da Etapa 1³⁶

Plano Etapa	Cocamar 01
Início dos Ensaios	24/09/2015
Final dos Ensaios	28/09/2015
Fibra	
Comprimento (mm)	29,14
Finura / Micronaire	3,88
Tenacidade (gf/tex)	30,39
Uniformidade (%)	81,64
Carda	Trutzschler 5.900 tex
Passadeira (primeira passagem)	Fasa-Zinser 4.917 tex
Reunideira	Toyota 74 gramas/metro
Penteadeira	Toyota 4.917 tex
Passadeira (segunda passagem)	Toyota 4.917 tex
Maçaroqueira	Toyota 656 tex
Filatório	Fasa-Zinser 20 tex e 15 tex

O Quadro 4.12 possui informações resumidas sobre algumas características da matéria-prima, equipamentos utilizados e massas lineares produzidas em cada um dos setores da fiação.

4.2.1.2 Análise e Discussão dos Resultados (Etapa 1)

Objetivando uma melhor forma e facilidade de apresentação dos resultados, esta secção será dividida em matéria-prima, setores produtivos de preparação (carda, passadores, penteadeira, maçaroqueira) e filatório.

a) Matéria-prima

Quanto às características da matéria-prima utilizada nesta etapa, realizaram-se análises de fibras em linha de produção por intermédio do aparelho *High Volume Instrument* (HVI). O Quadro 4.13 apresenta os parâmetros utilizados em linha de produção, bem como os valores da Estatística Uster.

³⁶ Fonte: Próprio Autor (2016)

Quadro 4.13: Análise HVI de algodão brasileiro em linha de produção - Etapa 1³⁷

COCAMAR - Laboratório de Controle de Qualidade									
Análise de HVI									
Algodão Brasileiro (Linha de Produção - 45 Fardos/ Etapa)									
Etapa / Data do Ensaio	Finura / Micronaire	Comprimento UHM - (mm)	Uniformidade UI (%)	Índice Fibras Curtas (%)	RD (%)	+b	Tenacidade (gf/tex)	Alongamento (%)	Maturidade
Etapa 1 (25/09/2015)	3,88	29,14	81,64	9,12	77,37	7,92	30,39	6,55	0,86
Estatística Uster (29,14 mm)	38%	-	82%	49%	-	-	30%	-	-

De acordo com os parâmetros apresentados no Quadro 4.13, observa-se que as características da matéria-prima na linha produtiva no período de desenvolvimento da Etapa 1 são semelhantes às obtidas nos Quadros 2,4, 4.2 e 4.4.

b) Setores Produtivos de Preparação

Obteve-se, com recurso a análise de regularímetro, os resultados de parâmetros de massa do material processado em linha de produção, no período de execução desta etapa dos ensaios realizados na Cocamar Cooperativa Agroindustrial. Os resultados são apresentados no Quadro 4.14.

Quadro 4.14: Análise de parâmetros de massa dos setores de preparação - Etapa 1³⁸

COCAMAR - Laboratório de Controle de Qualidade			
Análise de Parâmetros de Massa (Etapa 1)			
Algodão Brasileiro (Linha de Produção)			
Etapa / Data do Ensaio	tex	Um (%)	CVm (%)
Carda 11 (24/09/2015)	5.900	2,58	3,23
Passadeira 6 - primeira passagem (24/09/2015)	4.917	3,12	3,94
Penteadeira 1 - retirada de 15% de fibras curtas (24/09/2015)	4.917	4,44	5,57
Passadeira 1 - segunda passagem (24/09/2015)	4.917	2,18	2,76
Maçaroqueira 1 (01/10/2015)	656	3,58	4,49

Os resultados de coeficiente de variação de massa (CVm(%)) apresentados são valores que serão utilizados como referências para as próximas etapas. Embora o objetivo da passadeira seja efetuar a regularização da massa fibrosa proveniente do setor de cardagem, verifica-se o aumento do coeficiente de variação de massa (CVm(%)) da passadeira de primeira passagem em relação ao setor de cardas, o que pode ser explicado pela necessidade de ajuste do equipamento ou pelo fato de o material em processo na linha de produção ser proveniente de outras cardas do processo com irregularidade de massa. Após o processamento do material na penteadeira, obtém-se um

³⁷ Fonte: Cocamar Cooperativa Agroindustrial (2015) e Uster Technologies (2016)

³⁸ Fonte: Cocamar Cooperativa Agroindustrial (2015)

elevado valor de coeficiente de variação de massa (CVm(%), embora em relação ao existente após a segunda passagem, tem-se a regularização e uniformização da massa fibrosa.

Os parâmetros de qualidade de Estatística Uster para os setores de passadeira de segunda passagem e maçarqueira, obtidos mediante consultas a tabelas Uster (2016), são apresentadas no Quadro 4.15.

Quadro 4.15: Estatística Uster – Passadeira de segunda passagem e Maçarqueira – Etapa 1³⁹

ESTATÍSTICA USTER						
Material: 100 % Algodão						
Instrumento: Uster Tester						
Parameter: Coeficiente de Variação de Massa (CVm (%))						
Processo	Massa Linear (tex)	Estatística Uster				
		5%	25%	50%	75%	95%
Fita de Passadeira (Penteado)	4.917	1,76	2,00	2,29	2,65 ○	3,03
Pavio de Maçarqueira (Penteado)	656	3,4	3,70	4,1	○4,5	4,9

Conforme os resultados apresentados, tem-se o percentil de 81% em relação aos parâmetros da Estatística Uster para a fita de passadeira e o percentil de 74% para pavio de maçarqueira.

c) *Filatório*

No que diz respeito ao setor de filatórios, apresentam-se no Quadro 4.16 os resultados dos fios 20 tex e 15 tex produzidos na Etapa 1, ordenados por massa linear de fios, de forma a propiciar uma melhor interpretação dos resultados e relacioná-los com a Estatística Uster.

O fio 20 tex produzido no filatório Toyota Rx240 era o fio mais fino produzido em linha de produção da Cocamar no período em que se iniciaram os desenvolvimentos. Em função do fato de terem sido disponibilizados filatórios Fasa-Zinser 260 para o desenvolvimento desta pesquisa, produziu-se o fio 20 tex também no filatório Fasa-Zinser 260, para possibilitar a comparação entre as características do fio e, conseqüentemente, a adoção do filatório para a produção dos fios propostos.

Como o fio 15 tex foi o fio mais fino produzido na fiação Cocamar, foi definida a produção e a adoção dos parâmetros de massa e dinamométricos para formar a base de referências para comparativos com os fios das demais etapas.

³⁹ Fonte: Uster Technologies (2016)

Quadro 4.16: Análises de parâmetros de massa e dinamométricos de filatórios – Etapa 1 (Fasa-Zinzer 260)⁴⁰

COCAMAR - Laboratório de Controle de Qualidade							
Análise de Parâmetros de Massa e Dinamométricos de Filatórios							
Algodão Brasileiro (Plano de Ensaio)							
Dados do Ensaio						Parâmetros Uster	
Plano de Ensaio						Etapa 1	
Fio Produzido (tex)		20	15				
Data		26/09/2015	28/09/2015				
Filatório		26	26				
Preparação do Pavio (tex)		656	656				
Número amostras/ensaios		30	30				
Massa Linear Encontrada (tex)		19,71	14,81				
Torções por Metro Encontrada		833	955				
Parâmetros		Resultados	Parâmetros Estatística Uster				
			5%	25%	50%	75%	95%
20 tex	CVm %	13,31	11	11,8	12,7	● 13,7	14,7
	Pontos Finos (-50%)	1,53	0	1	● 2	3	7
	Pontos Grossos (+50%)	22,53	6	11	22●	41	81
	Neps (+200%)	17,80	17●	29	50	89	164
	Pilosidade	5,25	3,8	4,2	4,6	5,1●	5,6
	Tenacidade de Ruptura (cN/tex)	16,78	21,8	-	17,2●	-	13,1
	Alongamento de Ruptura (%)	6,67	● 6,4	5,8	5,3	4,9	4,4
	Força de Ruptura (cN)	330	429,4	-	339,1●	-	258,3
15 tex	CVm %	14,92	12	12,9	13,8	14,9●	15,9
	Pontos Finos (-50%)	13,43	1	2	4	7	● 14
	Pontos Grossos (+50%)	80,93	8	15	31	56	● 105
	Neps (+200%)	53,93	24	42 ●	71	127	232
	Pilosidade	4,39	3,4	3,7	4,1	● 4,6	5,0
	Tenacidade de Ruptura (cN/tex)	15,41	22,1	-	17,6	● -	13,2
	Alongamento de Ruptura (%)	5,78	6,2	● 5,7	5,2	4,7	4,3
	Força de Ruptura (cN)	228	326	-	259,7	● -	195,5

De acordo com os resultados apresentados no Quadro 4.16, verifica-se que os valores obtidos para o fio 20 tex produzido no filatório Fasa-Zinzer 260 foram melhores do que os apresentados nos Quadros 2.6 e Quadro 4.6.

Relativamente à Estatística Uster, apresenta-se no Quadro 4.17 o percentil para os parâmetros de massa e dinamométricos dos fios produzidos nesta etapa.

⁴⁰ Fonte: Cocamar Cooperativa Agroindustrial (2015) e Uster Technologies (2016)

Quadro 4.17: Estatística Uster – Percentil (Etapa 1)⁴¹

Estatística Uster (Percentil)		
Fio	20 tex Penteado	15 tex Penteado
Data	26/09/2015	28/09/2015
Filatório	26	26
Massa Linear Preparação do Pávio (tex)	656	656
Número amostras/ensaios	30	30
Massa Linear Encontrada (tex)	19,71	14,81
Torções por Metro Encontrada	833	955
Parâmetros		Etapa 1
CVm %	65%	75%
Pontos Finos (-50%)	39%	93%
Pontos Grossos (+50%)	51%	85%
Neps (+200%)	6%	35%
Pilosidade	79%	65%
Tenacidade de Ruptura	55	72%
Alongamento de Ruptura	< 5%	22%
Força de Ruptura	55%	72%
< menor que 5%		
> maior que 95%		

Os parâmetros de percentil da Estatística Uster do fio 20 tex, produzido no filatório Fasa-Zinser 260, apresentam-se melhores que os parâmetros apresentados no Quadro 4.10 referentes ao fio 20 tex produzido no filatório Toyota RX240. Também se verifica que os valores obtidos nos parâmetros da Estatística Uster para o fio 15 tex foram todos superiores ao percentil de 50%, com exceção dos Neps e do alongamento, o que não torna o fio num fio de boa qualidade. Nota-se que, com a redução da massa linear, os resultados obtidos nos ensaios do fio 15 tex são inferiores aos do fio com massa linear 20 tex, conseqüentemente, tem-se um percentil de Estatística Uster elevado, fato este que pode estar relacionado com a adequação da matéria-prima a cada fio produzido, ajustes dos equipamentos ou ter relação direta com o número de fibras por secção do fio.

4.2.2 Etapa 2 – Produção dos Fios Propostos

O desenvolvimento da Etapa 2 teve como objetivo realizar a produção dos fios com massa linear de 15 tex a 6 tex propostos na presente pesquisa. Para a produção dos fios foram mantidos todos os parâmetros técnicos desde a sala de abertura até ao setor de penteadeiras. Selecionaram-se materiais de penteadeira e definiram-se novos ajustes de massas lineares para os setores de

⁴¹ Fonte: Uster Technologies (2016)

passadores de segunda passagem, maçaroqueiras e filatórios, objetivando o desenvolvimento dos fios com massas lineares 15 tex, 10 tex, 7 tex e 6 tex.

4.2.2.1 Produção dos Fios 15 tex, 10 tex, 7 tex e 6 tex

Foram realizados os ajustes de passadeira de segunda passagem (alteração de dados mecânicos de máquina) para a produção de 30 latas de fita com massa linear 3.933 tex. Deste modo, selecionaram-se 8 latas de penteadeira com massa linear 4.917 tex para alimentação da passadeira em questão, passadeira Toyota (DX8) número 1, conforme apresentado na Figura 4.2.



Figura 4.2: Passadeira Toyota⁴²

Como este equipamento foi adquirido para a produção de massa linear 4.917 tex (massa linear de linha de produção), a Cocamar Cooperativa Agroindustrial não possuía jogos de engrenagens para alterações de estiragens, pelo que os pequenos ajustes, quando necessários, processavam-se através de dispositivos eletrônicos, fato este que limita a estiragem mecânica da máquina até, aproximadamente, 8 vezes.

Para a realização do plano de ensaio em passadeira Toyota havia a necessidade de uma estiragem de 10 vezes e, face à limitação dos jogos de engrenagens da passadeira, mantiveram-se os dados mecânicos, alterando-se apenas o número de dublagem, ou seja, para se contornar esta situação e obter-se uma fita com massa linear menor que a normalmente utilizada, adotou-se a dublagem (D) de 6 latas (6 fitas). Aplicando-se a Equação 2.3 e adotando-se a massa linear de entrada de 4.917 tex, a dublagem de 6 fitas e a estiragem mecânica de 8 vezes (não considerando os

⁴² Fonte: Próprio Autor (2017)

desperdícios), realizaram-se os cálculos e obteve-se a massa linear teórica de saída de 3.688 tex. A passadeira foi preparada tendo em consideração estes dados e, desta forma, após ajuste eletrônico, obteve-se uma massa linear de saída de 3.734 tex. Após a adoção desta massa linear para a passadeira e o processamento do material, houve a necessidade de ajuste de massa linear nos demais setores da linha produtiva.

No processamento do material em maçarqueira ocorreu a mesma limitação quanto a engrenagens de estiragem para a produção do pávio com massa linear de 393 tex, pois os materiais produzidos em linha possuem valores entre 738 tex e 590 tex. Com as novas variáveis de produção, tinha-se uma massa linear de entrada de 3.734 tex e uma massa linear de saída planeada de 393 tex, resultando numa estiragem de 9,50 vezes.

Utilizando-se a Equação 2.4, identificou-se que a engrenagem necessária para o ensaio seria de 37 dentes. Verificou-se que a Cocamar não possuía esta engrenagem e, para solucionar este problema, contactou-se a Toyota Máquinas Têxteis, sendo que, e diante deste fato, a alternativa foi o empréstimo de uma engrenagem com valor próximo ou o mais próximo possível do valor calculado. Conseguiu-se obter uma engrenagem de 33 dentes na empresa Têxtil Bezerra de Menezes (TBM – Fortaleza, Estado do Ceará, Brasil), propiciando uma estiragem de 10,56 vezes, fato que resultou no cálculo de massa linear teórico de 354 tex, tendo-se obtido uma massa linear efetiva de 364 tex. Ajustaram-se as torções do pávio (eletronicamente) e obteve-se 46,46 torções por metro. Salienta-se que durante o plano de ensaio utilizou-se maçarqueira de linha de produção conforme demonstrado na Figura 4.3.



Figura 4.3: Execução do plano de ensaio na maçarqueira Toyota⁴³

⁴³ Fonte: Próprio Autor (2016)

Posteriormente realizaram-se as alterações de máquina para a produção dos fios têxteis em filatórios com massas lineares 15 tex, 10 tex, 7 tex e 6 tex. Para a produção dos três primeiros fios, obteve-se as engrenagens de estiragem (Anexo 2) e torções (Anexo 3) necessárias para a produção no filatório Fasa-Zinzer 260 aplicando-se as Equações 2.5 e 2.9, embora para a produção do fio 7 tex tenha sido necessário efetivar uma estiragem prática de 49,08. Contudo, a opção de estiragem mecânica máxima identificada com as engrenagens existentes foi de 47,90 com a utilização das engrenagens de pinhão de estiragem de 20 dentes e pinhão de estiragem auxiliar de 95 dentes, limitando desta forma a possibilidade de produção do fio. Face a este problema, foi necessária a produção de uma engrenagem de estiragem auxiliar de 100 dentes para o filatório Fasa-Zinzer, engrenagem esta produzida pela empresa VMA (Maringá – Estado do Paraná – Brasil). A Figura 4.4 apresenta o filatório Fasa-Zinzer 260.



Figura 4.4: Filatório Fasa-Zinzer 260⁴⁴

Todavia, para a produção do fio 6 tex era necessária uma estiragem prática de 61,35 vezes, no entanto, mesmo com a fabricação da engrenagem de pinhão de estiragem auxiliar de 100 dentes e com os pinhões de estiragens existentes, a estiragem mecânica do filatório era limitada ao valor de 50,42 vezes. Diante deste fato, a alternativa foi programar a produção deste fio numa máquina com dispositivo de acionamento eletrônico das velocidades dos cilindros do sistema de trem-de-estiragem, adotando-se o filatório Fasa-Zinzer 260 equipado com o sistema “Pinter”, conforme apresentado na Figura 4.5.

⁴⁴ Fonte: Próprio Autor (2016)



Figura 4.5: Filatório Fasa-Zinser 260 com Sistema *Pinter*⁴⁵

A inserção de valores de estiragem e de torção foi realizada no *display* de ajustes do filatório.

O Quadro 4.18 apresenta as engrenagens de estiragem e torções, e os respectivos valores obtidos.

Quadro 4.18: Dados mecânicos do filatório Fasa-Zinser 260 (Etapa 2)⁴⁶

Dados Mecânicos Filatório Fasa-Zinser 260				
Dados Mecânico/Técnicos	Fio			
	15 tex	10 tex	7 tex	6 tex
Pinhão de Estiragem (PE)	29	25	20	-
Pinhão de Estiragem Auxiliar (PEA)	72	95	100	-
Estiragem Total	25,04	38,32	50,42	62,61*
Pinhão de Torção (PT)	49	32	32	-
Torções (T/m)	974	1.488	1.488	1811*
Coeficiente de Torção (tex)	3.741	4.665	4.045	4.399

* Ajustes Eletrônicos

Para a produção dos fios com massa linear 10 tex, 7 tex e 6 tex foi necessário realizar testes com viajantes de anel para adequar o seu peso à massa linear do fio a ser desenvolvido. O almoxarifado (armazém) e o departamento de controle de produção (PCP) da Cocamar não possuíam nos seus estoques viajantes leves suficientes para estes desenvolvimentos, assim, procurou-se junto de fornecedores de viajantes amostras para a realização de testes para os novos fios, tendo-se adotado, desta forma, as amostras do viajante Bracker C1 MM UDR Saphir 7/0 para o desenvolvimento dos respectivos fios em todas as etapas do plano de ensaios na Cocamar Cooperativa Agroindustrial.

⁴⁵ Fonte: Próprio Autor (2017)

⁴⁶ Fonte: Próprio Autor (2015)

Os dados mecânicos de cardas, passadeiras (primeira passagem), reunideira, penteadeiras, passadeira (segunda passagem), maçarqueira e filatórios apresentam-se nos apêndices 01 (Dados Mecânicos de Carda), 02 (Dados Mecânicos de Passadeira – Primeira Passagem), 03 (Dados Mecânicos de Reunideira), 04 (Dados Mecânicos de Penteadeira), 05 (Dados Mecânicos de Passadeira – Segunda Passagem), 07 (Dados Mecânicos de Maçarqueira) e 09 (Dados Mecânicos de Filatório – Etapa 2) e as análises foram realizadas conforme os parâmetros descritos no apêndice 15 (Parâmetros de Ensaio Realizados na Cocamar Cooperativa Agroindustrial).

Realizaram-se ensaios de fibras no aparelho HVI para se identificar as características da matéria-prima utilizada no processo (representativos da mistura). Realizaram-se também ensaios de parâmetros de massa de fita de carda, fitas de passadores, fita de penteadeira e pávio de maçarqueira, assim como ensaios de parâmetros de massa e dinamométricos dos fios 15 tex, 10 tex, 7 tex e 6 tex.

O Quadro 4.19 apresenta o resumo do plano de produção da Etapa 2.

Quadro 4.19: Resumo de produção da Etapa 2⁴⁷

Plano Etapa	Cocamar 02
Início dos Ensaio	22/10/2015
Final dos Ensaio	07/12/2015
Fibra	
Comprimento (mm)	29,11
Finura / Micronaire	3,76
Tenacidade (gf/tex)	30,27
Uniformidade (%)	81,29
Carda	Trutzschler 5.900 tex
Passador I	Fasa-Zinser 4.917 tex
Reunideira	Toyota 74 gramas/metro
Penteadeira	Toyota 4.917 tex
Passador II	Toyota 3.734 tex
Maçarqueira	Toyota 364 tex
Filatório	Fasa-Zinser 15 tex, 10 tex, 7 tex e 6 tex

⁴⁷ Fonte: Próprio Autor (2016)

4.2.2.2 Análise e Discussão dos Resultados (Etapa 2)

A apresentação e a interpretação dos resultados serão apresentadas em quadros contemplando esta fase da produção dos fios, sendo os mesmos divididos em matéria-prima, setores produtivos de preparação (carda, passadores, penteadeira, maçarqueira) e filatório.

a) *Matéria-prima*

O Quadro 4.20 apresenta as características da matéria-prima, obtidas por meio de ensaios no aparelho *High Volume Instrument* (HVI), do algodão utilizado em linha de produção no período de execução desta etapa, assim como a relação com os parâmetros da Estatística Uster.

Quadro 4.20: Análise HVI de algodão brasileiro em linha de produção - Etapa 2⁴⁸

COCAMAR - Laboratório de Controle de Qualidade									
Análise de HVI									
Algodão Brasileiro (Linha de Produção - 45 Fardos/ Etapa)									
Etapa / Data do Ensaio	Finura / Micronaire	Comprimento UHM - (mm)	Uniformidade UI (%)	Índice Fibras Curtas (%)	RD (%)	+b	Tenacidade (gf/tex)	Alongamento (%)	Maturidade
Etapa 2 (23/10/2015)	3,76	29,11	81,29	9,34	75,91	8,20	30,27	6,58	0,86
Estatística Uster (29,11 mm)	30%	-	89%	54%	-	-	32%	-	-

Conforme os dados apresentados no Quadro 4.20, a matéria-prima utilizada na Etapa 2 apresentou resultados similares aos resultados obtidos na Etapa 1, com poucas variações em termos de qualidade intrínseca e de percentil de Estatística Uster.

b) *Setores Produtivos de Preparação*

Nos setores produtivos de preparação (cardas, passadores, penteadeira e maçarqueira) obteve-se, através da análise por regularímetro, os resultados de parâmetros de massa do material processado em linha de produção no período de execução da Etapa 2, conforme se apresenta no Quadro 4.21.

⁴⁸ Fonte: Cocamar Cooperativa Agroindustrial (2015) e Uster Technologies (2016)

Quadro 4.21: Análise de parâmetros de massa de setores de preparação - Etapa 2⁴⁹

COCAMAR - Laboratório de Controle de Qualidade			
Análise de Parâmetros de Massa (Etapa 2)			
Algodão Brasileiro (Linha de Produção e Plano de Ensaio)			
Etapa / Data do Ensaio	tex	Um (%)	CVm (%)
Carda 11 (27/10/2015)	5.900	3,08	3,85
Passadeira 6 - primeira passagem (21/10/2015)	4.917	3,09	3,87
Penteadeira 1 - retirada de 15 % de fibras curtas (04/11/2015)	4.917	4,83	5,96
Passadeira 1 - segunda passagem (08/11/2015)	4.917	2,46	3,10
Passadeira 1 - segunda passagem - plano de ensaio (22/10/2015)	3.688	2,71	3,43
Maçaroqueira 1 (25/10/2015)	656	3,20	4,06
Maçaroqueira 1 - plano de ensaio (22/10/2015)	369	4,51	5,70

Através da análise do Quadro 4.21, verifica-se que o coeficiente de variação de massa (CVm%) dos setores de carda, penteadeira e passadeira de segunda passagem foi superior ao apresentado na 1ª fase, embora os resultados relativos aos setores de passadeira de primeira passagem e maçaroqueiras tenham sido menores. Quanto aos resultados do desenvolvimento do plano de ensaios de passadeira de segunda passagem e maçaroqueira, ambos foram superiores aos resultados apresentados em linha de produção. Relacionaram-se os resultados da passadeira de segunda passagem e maçaroqueira com a Estatística Uster e obtiveram-se os parâmetros apresentados no Quadro 4.22.

Quadro 4.22: Estatística Uster – Passadeiras de segunda passagem e maçaroqueira – Etapa 2⁵⁰

ESTATÍSTICA USTER						
Material: 100 % Algodão						
Instrumento: Uster Tester						
Parameter: Coeficiente de Variação de Massa (CVm (%))						
Processo	Massa Linear (tex)	Estatística Uster				
		5%	25%	50%	75%	95%
Fita de Passadeira (Penteado)	4.917 tex	1,76	2,00	2,29	2,65 ○	3,03 □
Fita de Passadeira (Penteado)/Plano de Ensaio	3.688 tex	1,71	1,95	2,25	2,59	2,95 □
Pavio de Maçaroqueira (Penteado)	656 tex	3,4	3,70	□ 4,1	○ 4,5	4,9
Pavio de Maçaroqueira (Penteado)/Plano de Ensaio	369 tex	3,5	3,8	4,2	4,6	5,0 □

○ Etapa 1

□ Etapa 2

Relativamente aos parâmetros apresentados no Quadro 4.22, obteve-se no desenvolvimento desta etapa percentil superiores a 95 % para a fita de passadeira (linha de produção e plano de ensaio) e pavio de maçaroqueira no que concerne ao coeficiente de variação de massa (CVm%). O coeficiente de variação de massa apresentou nesta etapa percentil de 48% na Estatística Uster para os ensaios de linha de produção no setor de maçaroqueira.

⁴⁹ Fonte: Cocamar Cooperativa Agroindustrial (2015)

⁵⁰ Fonte: Uster Technologies (2016)

Os valores obtidos continuam a não ser aceitáveis para a obtenção de fio com a qualidade desejável.

c) *Filatório*

Os resultados do setor de filatórios dos fios produzidos nesta etapa apresentam-se no Quadro 4.23, ordenados por massa linear de fios, de forma a propiciar uma melhor interpretação dos resultados e relacioná-los com a Estatística Uster. Conforme mencionado anteriormente, adotou-se o fio 15 tex para efetuar a comparação dos dados obtidos nas diferentes etapas.

Quadro 4.23: Análise de parâmetros de massa e dinamométricos de filatórios – Etapa 2⁵¹

COCAMAR - Laboratório de Controle de Qualidade							
Análise de Parâmetros de Massa e Dinamométricos de Filatórios							
Algodão Brasileiro (Plano de Ensaio)							
Dados do Ensaio					Parâmetros Uster		
Plano de Ensaio					Etapa 2		
Fio Produzido (tex)		15	10	7	6	Instrumento: Uster Tester	
Data		30/10/2015	28/10/2015	05/12/2015	14/01/2016	Material: 100% Algodão	
Filatório		26	26	26	15	Processo: Filatório	
Preparação do Pavio (tex)		364	364	364	364	Preparação: Penteadado	
Número amostras/ensaios		30	30	30	30	Aplicação: Tecelagem	
Massa Linear Encontrada (tex)		14,97	9,88	7,49	6,01	Metragem/Análise: 1000 metros	
Torções por Metro Encontrada		978	1.462	1.502	1.790		
Parâmetros		Resultados	Parâmetros Estatística Uster				
			5%	25%	50%	75%	95%
15 tex	CVm %	15,15	12	12,9	13,8	14,9 ●	15,9
	Pontos Finos (-50%)	17,97	1	2	4	7	14 ●
	Pontos Grossos (+50%)	82,6	8	15	31	56 ●	105 ●
	Neps (+200%)	77,53	24	42	71 ●	127	232
	Pilosidade	4,35	3,4	3,7	4,1	● 4,6	5,0
	Tenacidade de Ruptura (cN/tex)	15,99	22,1	-	17,6	● -	13,2
	Alongamento de Ruptura (%)	5,91	6,2 ●	5,7	5,2	4,7	4,3
	Força de Ruptura (cN)	236	326	-	259,7	● -	195,5
10 tex	CVm %	17,57	12,6	13,2	13,9	14,7	15,6 ●
	Pontos Finos (-50%)	118,23	3	7	12	23	43 ●
	Pontos Grossos (+50%)	296,87	14	21	35	59	103 ●
	Neps (+200%)	219,9	35	62	96	161 ●	283
	Pilosidade	3,62	2,8	3,1	3,4	● 3,7	4,1
	Tenacidade de Ruptura (cN/tex)	15,54	27,9	-	21,5	-	16,7 ●
	Alongamento de Ruptura (%)	5,67	6,1	● 5,6	5,1	4,8	4,4
	Força de Ruptura (cN)	153	274,7	-	211,2	-	164 ●
7 tex	CVm %	19,64	13,6	14,3	15	15,9	16,8 ●
	Pontos Finos (-50%)	757,63	8	16	28	52	95 ●
	Pontos Grossos (+50%)	817,07	27	41	66	111	189 ●
	Neps (+200%)	568,93	56	93	141	222	360 ●
	Pilosidade	2,97	2,5	2,7	● 3,0	3,3	3,6
	Tenacidade de Ruptura (cN/tex)	13,78	28	-	21,4	-	16,7 ●
	Alongamento de Ruptura (%)	5,68	5,8 ●	5,4	4,9	4,6	4,2
	Força de Ruptura (cN)	102	206,9	-	157,8	-	123 ●
6 tex	CVm %	22,34	14,5	15,2	16	16,9	17,8 ●
	Pontos Finos (-50%)	1683,53	17	31	55	98	178 ●
	Pontos Grossos (+50%)	1478,43	45	69	108	181	303 ●
	Neps (+200%)	1001,13	80	127	190	284	435 ●
	Pilosidade	3,23	2,3	2,5	2,7	3,0	● 3,3
	Tenacidade de Ruptura (cN/tex)	12,96	28,1	-	21,3	-	16,7 ●
	Alongamento de Ruptura (%)	5,37	5,6 ●	5,2	4,8	4,4	4,1
	Força de Ruptura (cN)	76	166,1	-	125,9	-	98,4 ●

Verifica-se que os resultados relativos ao fio 15 tex produzido na Etapa 2 apresentam características similares ao fio de referência apresentado na Etapa 1, embora os parâmetros de massa sejam ligeiramente melhores no fio desenvolvido na Etapa 1 e os parâmetros dinamométricos sejam melhores no fio desenvolvido na Etapa 2. Os valores obtidos respeitantes ao fio 10 tex, produzido nesta etapa com a utilização do algodão brasileiro, são elevados em

⁵¹ Fonte: Cocamar Cooperativa Agroindustrial (2016) e Uster Technologies (2016)

relação aos valores apresentados nos Quadros 2.7 e 4.7, concernentes aos fios produzidos com algodão egípcio. O fio 7 tex também apresenta valores superiores aos valores apresentados no Quadro 4.9, referentes ao fio 7 tex produzido com algodão egípcio. No que respeita ao fio de massa linear 6 tex, apesar de não se ter uma referência, aquando de uma comparação com o fio 6,5 tex produzido com algodão egípcio, apresentado no Quadro 2.7, ou com os parâmetros de Estatística Uster em 50% para fio 6 tex penteado, apresentado no Quadro 2.8, observa-se que os valores de qualidade, em geral, foram inferiores, ou seja, os valores de parâmetros de massa apresentaram-se muito elevados.

Apresentam-se no Quadro 4.24 os percentis da Estatística Uster para os fios produzidos nesta etapa.

Quadro 4.24: Estatística Uster – Percentil (Etapa 2)⁵²

Estatística Uster (Percentil)				
Fio	15 tex Penteado	10 tex Penteado	7 tex Penteado	6 tex Penteado
Data	30/10/2015	28/10/2015	05/12/2015	14/01/2016
Filatório	26	26	26	15
Massa Linear Preparação do Pavio (tex)	364	364	364	363
Número amostras/ensaio	30	30	30	30
Massa Linear Encontrada (tex)	14,97	9,88	7,49	6,01
Torções por Metro Encontrada	978	1.462	1.502	1.790
Parâmetros	Etapa 2			
CVm %	80%	>95%	>95%	>95%
Pontos Finos (-50%)	>95%	>95%	>95%	>95%
Pontos Grossos (+50%)	86%	>95%	>95%	>95%
Neps (+200%)	53%	85%	>95%	>95%
Pilosidade	63%	69%	48%	91%
Tenacidade de Ruptura	68%	>95%	>95%	>95%
Alongamento de Ruptura	17%	22%	16%	17%
Força de Ruptura	68%	>95%	>95%	>95%
< menor que 5%				
> maior que 95%				

O fio 15 tex apresenta percentis de parâmetros de massa e dinamométricos superiores a 50%, tal como havia sido apresentado relativamente ao fio 15 tex produzido na etapa anterior, exceto para a característica de alongamento, que repetiu um valor baixo. Verifica-se que os percentis da Estatística Uster referentes aos fios 10 tex, 7 tex e 6 tex produzidos nesta fase são superiores aos percentis apresentados para os fios 15 tex produzidos na Etapa 1 e Etapa 2.

No decorrer da preparação e produção dos fios nesta etapa houve registos de fatores relacionados com o andamento dos materiais e ajustes de equipamentos.

⁵² Fonte: Uster Technologies (2016)

Na produção do pavio de maçarqueira na Etapa 2 observou-se que o pavio apresentava baixa resistência, gerando transtornos no momento de passar pavio na gaiola de filatórios e durante a produção dos fios.

Devido às limitações quanto a jogos de engrenagens no setor de filatórios, foi necessária a adoção de um valor elevado de torções para o fio 10 tex, fator que não foi possível contornar no processo produtivo. Outro ponto relacionou-se com as limitações dos jogos de engrenagens de estiragem no filatório, gerando a necessidade de fabricação de uma engrenagem de pinhão de estiragem auxiliar para a produção do fio 7 tex e, mesmo com esta ação, houve a necessidade posterior de utilizar outro filatório com acionamento eletrônico do trem-de-estiragem para a produção do fio 6 tex.

Face aos dados obtidos, e por se tratar de um método de pesquisa de investigação-ação, no decorrer do desenvolvimento dos fios propostos na Etapa 2, verificou-se que embora tenha sido possível produzir o fio 6 tex, as características do fio produzido apresentaram valores de parâmetros de massa elevados. Objetivando reduzir os valores de parâmetros de massa, avaliou-se a possibilidade de se reduzir as massas lineares dos setores de preparação, tornando-se necessária a realização de novos ensaios.

Visto que todo o material selecionado na Etapa 2 foi transformado em pavio de maçarqueira, possibilitando ajustes de massas lineares somente no setor de filatórios, e a realização de novos ensaios previa novos ajustes de massas lineares nos setores de passadeiras de segunda passagem e maçarqueiras, selecionaram-se novos materiais no setor de penteadeiras. A forma aplicada para detetar e registrar possíveis variações de matéria-prima no processo foi o registo da qualidade da matéria-prima em processamento na sala de abertura (análise HVI) também nesta nova etapa de trabalho desenvolvido.

Definiu-se a realização deste novo ciclo para o desenvolvimento dos fios propostos (15 tex, 10 tex, 7 tex e 6 tex), introduzindo-se no plano de ensaios a Etapa 3.

4.2.3 Etapa 3 – Produção dos Fios Propostos com Ajustes das Massas Lineares Utilizadas na Etapa 2

O desenvolvimento da Etapa 3 teve como objetivo a produção dos fios propostos, pois, após o desenvolvimento da Etapa 2, percebeu-se a necessidade de se definir novos ajustes de massa linear para o passador de segunda passagem e maçarqueira, de forma a melhorar os parâmetros de qualidade dos fios 15 tex, 10 tex, 7 tex e 6 tex. Uma das questões abordadas foi a de não ter sido efetuada a regularização da massa fibrosa na passadeira de segunda passagem, o que pode ter levado à diminuição da qualidade do material. Foram efetuados novos ensaios no processo de produção, nomeadamente a substituição e o ajuste de estiragem em passadores de segunda passagem e estiragem e torção em maçarqueira.

4.2.3.1 Produção dos Fios 15 tex, 10 tex, 7 tex e 6 tex

De forma a ultrapassar o problema existente na Etapa 2 e garantir a regularização da matéria-prima em estudo, foi utilizada a passadeira Trutzschler modelo HSR 1000, conforme Figura 4.6, assim, o intuito foi melhorar a qualidade do material por meio da utilização de dublagem de 8 fitas na alimentação da passadeira.



Figura 4.6: Passadeira Trutzschler⁵³

⁵³ Fonte: Próprio Autor (2017)

Utilizou-se a dublagem (D) de 8 fitas de 4.917 tex e estiragem (E) de 10 vezes para se obter uma fita com massa linear de 3.933 tex. Foram produzidas 30 latas para alimentação da maçarqueira. Adotou-se a maçarqueira Toyota (máquina 4) e, para os novos ajustes de estiragem, ter-se-ia estiragem de 10 vezes, considerando a massa linear de entrada de 3.933 tex e a necessidade de massa linear de saída de 393 tex. Aplicando a Equação 2.4, obteve-se do cálculo a necessidade de uma engrenagem de 34 ou 35 dentes para obtenção da estiragem total mencionada. Por motivo de devolução da engrenagem de 33 dentes, emprestada pela empresa TBM, optou-se pela fabricação de uma engrenagem de 34 dentes (fabricada na empresa VMA), isto para se obter um melhor parâmetro de ajuste do equipamento, possibilitando uma estiragem mecânica de 10,25 vezes (Anexo 1) e, conseqüentemente, a obtenção de um pávio com massa linear de 393 tex. Quanto à torção, ajustou-se a torção do pávio para 59,84 torções por metro, proporcionando uma melhoria da resistência do pávio em relação ao pávio desenvolvido na etapa anterior.

Realizaram-se as alterações de máquina para a produção dos fios têxteis com massas lineares 15 tex, 10 tex, 7 tex e 6 tex em filatórios. Para a produção dos dois primeiros fios utilizaram-se as engrenagens de estiragem (Anexo 2) e torções (Anexo 3) necessárias para ajustes do filatório Fasa-Zinser 260, aplicando-se as Equações 2.5 e 2.9. Para a produção do fio com massa linear 7 tex foi necessária estiragem de 53,33 vezes, contudo, o limite do filatório Fasa-Zinser era de 50,42. Assim, frente a esta situação, definiu-se, assim como para a produção do fio 6 tex, utilizar uma máquina com dispositivo de acionamento eletrônico das velocidades dos cilindros do trem-de-estiro (Fasa-Zinser 260 equipada com sistema “Pinter”), tendo-se programado no *display* os ajustes de estiragem e torção.

O Quadro 4.25 apresenta as engrenagens de estiragem e torções, e os respectivos valores obtidos.

Quadro 4.25: Dados mecânicos do filatório Fasa-Zinser 260 (Etapa 3)⁵⁴

Dados Mecânicos Filatório Fasa-Zinser 260				
Dados Mecânicos/Técnicos	Fio			
	15 tex	10 tex	7 tex	6 tex
Pinhão de Estiragem (PE)	30	20	-	-
Pinhão de Estiragem Auxiliar (PEA)	85	85	-	-
Estiragem Total	28,57	42,86	53,22*	68,43*
Pinhão de Torção (PT)	49	32	-	-
Torções (T/m)	974	1.488	1.488	1811*
Coefficiente de Torção (tex)	3.741	4.665	4.045	4.399

* Ajustes Eletrônicos

⁵⁴ Fonte: Próprio Autor (2016)

Os dados mecânicos de cardas, passadeiras (primeira passagem), reunideira, penteadeiras, passadeira (segunda passagem), maçarqueira e filatórios apresentam-se nos apêndices 01 (Dados Mecânicos de Carda), 02 (Dados Mecânicos de Passadeira – Primeira Passagem), 03 (Dados Mecânicos de Reunideira), 04 (Dados Mecânicos de Penteadeira), 05 (Dados Mecânicos de Passadeira – Segunda Passagem), 07 (Dados Mecânicos de Maçarqueira) e 10 (Dados Mecânicos de Filatório – Etapa 3) e as análises foram realizadas conforme os parâmetros descritos no apêndice 15 (Parâmetros de Ensaio Realizados na Cocamar Cooperativa Agroindustrial).

Realizaram-se ensaios HVI em amostras de algodão de fardos da mistura em processo (representativos da mistura). Realizaram-se também ensaios de parâmetros de massa em fita de carda, fitas de passadores (primeira e segunda passagens), fita de penteadeira e pávio de maçarqueira, assim como ensaios de parâmetros de massa e parâmetros dinamométricos dos fios 15 tex, 10 tex, 7 tex e 6 tex.

O Quadro 4.26 apresenta o resumo do plano de produção da Etapa 3.

Quadro 4.26: Resumo de produção da Etapa 3⁵⁵

Plano Etapa	Cocamar 03
Início dos Ensaio	16/12/2015
Final dos Ensaio	15/01/2016
Fibra	
Comprimento (mm)	28,83
Finura / Micronaire	3,90
Tenacidade (gf/tex)	30,76
Uniformidade (%)	81,34
Carda	Trutzschler 4.917 tex
Passador I	Fasa-Zinser 4.917 tex
Reunideira	Toyota 74 gramas/metro
Penteadeira	Toyota 4.917 tex
Passador II	Trutzschler HSR1000 3.933 tex
Maçarqueira	Toyota 393 tex
Filatório	Fasa-Zinser 15 tex, 10 tex, 7 tex e 6 tex

⁵⁵ Fonte: Próprio Autor (2016)

4.2.3.2 Análise e Discussão dos Resultados (Etapa 3)

Objetivando uma melhor forma de apresentação, os quadros foram divididos em matéria-prima, setores produtivos de preparação (carda, passadores, penteadeira e maçarqueira) e filatórios.

a) *Matéria-prima*

Realizaram-se as análises de fibras em linha de produção com recurso ao aparelho *High Volume Instrument* (HVI). O Quadro 4.27 apresenta os parâmetros obtidos nesta etapa do plano de ensaios, bem como os valores encontrados na Estatística Uster.

Quadro 4.27: Análise HVI de algodão brasileiro em linha de produção - Etapa 3⁵⁶

COCAMAR - Laboratório de Controle de Qualidade									
Análise de HVI									
Algodão Brasileiro (Linha de Produção - 45 Fardos/ Etapa)									
Etapa / Data do Ensaio	Finura / Micronaire	Comprimento UHM - (mm)	Uniformidade UI (%)	Índice Fibras Curtas (%)	RD (%)	+b	Tenacidade (gf/tex)	Alongamento (%)	Maturidade
Etapa 3 (09/12/2015)	3,90	28,83	81,34	9,45	78,48	8,43	30,76	6,51	0,87
Estatística Uster (28,83 mm)	38%	-	84%	52%	-	-	21%	-	-

Da análise do Quadro, verifica-se que o comprimento das fibras teve uma ligeira queda em comparação com os resultados das Etapas 1 e 2, observando-se, no entanto, um pequeno aumento em relação à tenacidade das fibras.

b) *Setores Produtivos de Preparação*

No Quadro 4.28 apresentam-se os resultados de parâmetros de massa dos setores produtivos de preparação do material nesta etapa da pesquisa.

⁵⁶ Fonte: Cocamar Cooperativa Agroindustrial (2015) e Uster Technologies (2016)

Quadro 4.28: Análise de parâmetros de massa de setores de preparação - Etapa 3⁵⁷

COCAMAR - Laboratório de Controle de Qualidade			
Análise de Parâmetros de Massa (Etapa 3)			
Algodão Brasileiro (Linha de Produção e Plano de Ensaio)			
Etapa / Data do Ensaio	tex	Um (%)	CVm (%)
Carda 11 (28/11/2015)	5.900	3,42	4,24
Passadeira 6 - primeira passagem (03/12/2015)	4.917	3,23	4,06
Penteadeira 1 - retirada de 15% de fibras curtas (05/12/2015)	4.917	4,09	5,13
Passadeira 1 - segunda passagem (08/12/2015)	4.917	2,39	3,04
Passadeira 9 - segunda passagem - plano de ensaio (17/12/2015)	3.933	3,21	4,15
Maçaroqueira 1 (29/01/2016)	656	3,86	4,83
Maçaroqueira 4 - plano de ensaio (12/01/2016)	393	4,97	6,23

Observa-se nos resultados que, em relação aos materiais da linha de produção, o coeficiente de variação de massa (CVm%) de carda, passador de primeira passagem e maçaroqueira foram piores que os resultados da etapa anterior, contudo, os resultados de penteadeira e passadeira de segunda passagem apresentaram melhorias. Relativamente ao desenvolvimento do material para a produção dos fios propostos, os resultados de coeficiente de variação de massa (CVm%) apresentaram piores resultados que os apresentados na Etapa 2.

No Quadro 4.29 apresenta-se a relação entre os resultados do setor de passadeiras de segunda passagem e maçaroqueira e os parâmetros da Estatística Uster.

Quadro 4.29: Estatística Uster – Passadeira de segunda passagem e maçaroqueira – Etapa 3⁵⁸

ESTATÍSTICA USTER						
Material: 100 % Algodão						
Instrumento: Uster Tester						
Parameter: Coeficiente de Variação de Massa (CVm (%))						
Processo	Massa Linear (tex)	Estatística Uster				
		5%	25%	50%	75%	95%
Fita de Passadeira (Penteado)	4.917 tex	1,76	2,00	2,29	2,65 ○	3,03 ▲ □
Fita de Passadeira (Penteado)/Plano de Ensaio	3.933 tex	1,72	1,96	2,26	2,60	2,97 ▲
Pavio de Maçaroqueira (Penteado)	656 tex	3,4	3,70	□ 4,1	○ 4,5	▲ 4,9
Pavio de Maçaroqueira (Penteado)/Plano de Ensaio	393 tex	3,5	3,8	4,2	4,6	5,0 ▲

○ Etapa 1 □ Etapa 2 ▲ Etapa 3

Os valores obtidos para o coeficiente de variação de massa (CVm%) continuaram elevados tanto na fita quanto no pavio, não se tendo conseguido melhorar a fiabilidade com esta alteração.

⁵⁷ Fonte: Cocamar Cooperativa Agroindustrial (2015)

⁵⁸ Fonte: Uster Technologies (2016)

c) *Filatório*

Apresentam-se no Quadro 4.30 os resultados de parâmetros de massa e dinamométricos do setor de filatório e a sua relação com os parâmetros de qualidade da Estatística Uster.

Quadro 4.30: Análises de parâmetros de massa e dinamométricos de filatórios – Etapa 3⁹⁹

COCAMAR - Laboratório de Controle de Qualidade							
Análise de Parâmetros de Massa e Dinamométricos de Filatórios							
Algodão Brasileiro (Plano de Ensaio)							
Dados do Ensaio					Parâmetros Uster		
Plano de Ensaio					Etapa 3		
Fio Produzido (tex)					Instrumento: Uster Tester		
					Material: 100% Algodão		
Data					Processo: Filatório		
Filatório					Preparação: Penteadado		
Preparação do Pavio (tex)					Aplicação: Tecelagem		
Número amostras/ensaios					Metragem/Análise: 1000 metros		
Massa Linear Encontrada (tex)							
Torções por Metro Encontrada							
Parâmetros		Resultados	Parâmetros Estatística Uster				
			5%	25%	50%	75%	95%
15 tex	CVm %	14,51	12	12,9	13,8	● 14,9	15,9
	Pontos Finos (-50%)	10,63	1	2	4	7	● 14
	Pontos Grossos (+50%)	82,2	8	15	31	56	● 105
	Neps (+200%)	73,93	24	42	71	● 127	232
	Pilosidade	4,97	3,4	3,7	4,1	4,6	● 5,0
	Tenacidade de Ruptura (cN/tex)	15,86	22,1	-	17,6	● -	13,2
	Alongamento de Ruptura (%)	6,31	6,2	● 5,7	5,2	4,7	4,3
	Força de Ruptura (cN)	234	326	-	259,7	● -	195,5
10 tex	CVm %	16,88	12,6	13,2	13,9	14,7	15,6 ●
	Pontos Finos (-50%)	79,97	3	7	12	23	43 ●
	Pontos Grossos (+50%)	287,7	14	21	35	59	103 ●
	Neps (+200%)	232,8	35	62	96	161	● 283
	Pilosidade	3,6	2,8	3,1	3,4	● 3,7	4,1
	Tenacidade de Ruptura (cN/tex)	15,76	27,9	-	21,5	-	16,7 ●
	Alongamento de Ruptura (%)	5,93	6,1	● 5,8	5,1	4,8	4,4
	Força de Ruptura (cN)	155	274,7	-	211,2	-	164 ●
7 tex	CVm %	18,70	13,6	14,3	15	15,9	16,8 ●
	Pontos Finos (-50%)	569,87	8	16	28	52	95 ●
	Pontos Grossos (+50%)	714,57	27	41	66	111	189 ●
	Neps (+200%)	594,83	56	93	141	222	360 ●
	Pilosidade	3,45	2,5	2,7	3,0	3,3	● 3,6
	Tenacidade de Ruptura (cN/tex)	15,3	28	-	21,4	-	16,7 ●
	Alongamento de Ruptura (%)	6,05	● 5,8	5,4	4,9	4,6	4,2
	Força de Ruptura (cN)	113	206,9	-	157,8	-	123 ●
6 tex	CVm %	21,81	14,5	15,2	16	16,9	17,8 ●
	Pontos Finos (-50%)	1580,77	17	31	55	98	178 ●
	Pontos Grossos (+50%)	1355,7	45	69	108	181	303 ●
	Neps (+200%)	991,43	80	127	190	284	435 ●
	Pilosidade	3,27	2,3	2,5	2,7	3,0	● 3,3
	Tenacidade de Ruptura (cN/tex)	13,1	28,1	-	21,3	-	16,7 ●
	Alongamento de Ruptura (%)	4,91	5,6	5,2	● 4,8	4,4	4,1
	Força de Ruptura (cN)	77	166,1	-	125,9	-	98,4 ●

⁹⁹ Fonte: Cocamar Cooperativa Agroindustrial (2016) e Uster Technologies (2016)

Observa-se no Quadro 4.30 que os fios produzidos apresentaram resultados similares aos resultados dos fios produzidos na Etapa 2. Apresentam-se no Quadro 4.31 os percentis da Estatística Uster para os fios produzidos nesta etapa.

Quadro 4.31: Estatística Uster – Percentil (Etapa 3)⁶⁰

Estatística Uster (Percentil)				
Fio	15 tex Penteado	10 tex Penteado	7 tex Penteado	6 tex Penteado
Data	19/01/2016	18/01/2015	15/01/2016	15/01/2016
Filatório	26	26	15	15
Massa Linear Preparação do Pavio (tex)	393	393	393	393
Número amostras/ensaios	30	30	30	30
Massa Linear Encontrada (tex)	14,48	9,47	7,71	5,85
Torções por Metro Encontrada	1.023	1.493	1.506	1.814
Parâmetros	Etapa 3			
CVm %	68%	>95%	>95%	>95%
Pontos Finos (-50%)	86%	>95%	>95%	>95%
Pontos Grossos (+50%)	86%	>95%	>95%	>95%
Neps (+200%)	51%	87%	>95%	>95%
Pilosidade	94%	67%	85%	93%
Tenacidade de Ruptura	68%	>95%	>95%	>95%
Alongamento de Ruptura	5%	12%	< 5%	43%
Força de Ruptura	66%	>95%	>95%	>95%
< menor que 5%				
> maior que 95%				

Verifica-se que os resultados obtidos não são satisfatórios, pois quase todos eles apresentam valores superiores a 50% de percentil da Estatística Uster, com exceção do alongamento a ruptura.

As características dinamométricas do fio 6 tex apresentam valores mais baixos do que as dos restantes dos fios, assim como valores mais elevados de parâmetros de massa, como seria de prever com a diminuição de fibras por secção do fio. O alongamento, que até aqui, nos outros fios, se encontrava com percentil até 12%, apresentou para o fio 6 tex um percentil elevado, demonstrando um decréscimo da qualidade do fio.

Devido aos elevados valores apresentados para as características de pontos finos, pontos grossos e neps dos fios 6 tex produzidos nas Etapas 2 e 3, surgiram questionamentos quanto à calibração do regularímetro da Cocamar Cooperativa Agroindustrial. Realizou-se uma revisão no aparelho de análise (regularímetro) onde os resultados permaneceram idênticos. Frente aos novos resultados, as amostras foram enviadas para a fiação da Coamo Agroindustrial Cooperativa para se realizar uma contraprova dos ensaios de análises de parâmetros de massa e dinamométricos de filatórios para o fio com massa linear 6 tex, conforme apresentado no Quadro 4.32.

⁶⁰ Fonte: Uster Technologies (2016)

Quadro 4.32: Contraprova de análises de parâmetros de massa e dinamométricos de filatórios – Fio 6 tex⁶¹

COAMO - Laboratório de Controle de Qualidade							
Análise de Parâmetros de Massa e Dinamométricos de Filatórios							
Algodão Brasileiro (Plano de Ensaios)							
Dados do Ensaio				Parâmetros Uster			
Fio 6 tex Penteado							
Plano de Ensaio		Etapa 2	Etapa 3	Material: 100% Algodão			
Data		30/03/2016	30/03/2016	Processo: Filatório			
Filatório		15	15	Preparação: Penteado			
Preparação do Pavio (tex)		369	393	Aplicação: Tecelagem			
Número amostras/ensaios		30	30	Instrumento: Uster Tester			
Massa Linear Encontrada (tex)		6,01	5,85	Metragem de Análise: 1000 metros			
Torções por Metro Encontrada		1.790	1.814				
Parâmetros	Resultados		Parâmetros Estatística Uster				
			5%	25%	50%	75%	95%
Cvm %	23,54	22,81	14,5	15,2	16	16,9	17,8 Δ \square
Pontos Finos (-50%)	1638	1386	17	31	55	98	178 Δ \square
Pontos Grossos (+50%)	1655	1549	45	69	108	181	303 Δ \square
Neps (+200%)	2574	2618	80	127	190	284	435 \square Δ
Pilosidade	4,19	4,28	2,3	2,5	2,7	3,0	3,3 Δ \square
Tenacidade de Ruptura (cN/tex)	12,69	12,38	28,1	-	21,3	-	16,7 \square Δ
Alongamento de Ruptura (%)	5,21	4,06	5,6	5,2	4,8	4,4	4,1 Δ
Força de Ruptura (cN)	74,93	73,14	166,1	-	125,9	-	98,4 Δ \square

\square Etapa 2

Δ Etapa 3

Verifica-se na análise do Quadro 4.32 que os resultados da contraprova foram semelhantes aos resultados obtidos na Cocamar. Devido ao fato de todos os ensaios terem sido realizados e baseados no regularímetro do laboratório de controle de qualidade da Cocamar, decidiu-se adotar os resultados de análises realizadas na Cocamar.

Em virtude de as características dos fios obtidos nesta etapa não serem satisfatórias, pois a qualidade do fio obtido era muito má, decidiu-se efetuar uma nova etapa, introduzindo-se no plano de ensaios a Etapa 4, que se refere à proposta de melhorar a uniformidade do comprimento de fibras por meio de ajustes de preparação (penteadeira e passadeira) e alteração no fluxo de processo (inserindo terceira passagem).

4.2.4 Etapa 4 – Produção dos Fios Propostos com Alteração de Ajustes de Penteadeira e Alteração do Fluxo de Processo

O objetivo da Etapa 4 foi a uniformização do comprimento de fibras por meio do ajuste de penteadeira para retirar 25% de fibras curtas e a inserção de passadeiras de terceira passagem.

⁶¹ Fonte: Coamo Agroindustrial Cooperativa (2016) e Uster Technologies (2016)

Detetou-se no início desta etapa a redução de valores de algumas características das fibras de algodão, identificando-se a redução no comprimento, uniformidade e resistência, fato que poderia prejudicar o andamento da pesquisa. Observou-se também que o comprimento da fibra na Etapa 3 apresentava uma leve diminuição, no entanto, os demais parâmetros não apresentaram alterações. Diante deste novo panorama, iniciou-se o monitoramento dos parâmetros de qualidade para validação de ações tomadas em conjunto com a equipe técnica da fiação no sentido de retomar os parâmetros obtidos nas etapas anteriores. As características de fibras durante o monitoramento estão apresentadas no Quadro 4.33.

Quadro 4.33: Parâmetros de qualidade de monitoramento de matéria-prima⁶²

COCAMAR - Laboratório de Controle de Qualidade										
Parâmetros de Qualidade - Monitoramento de Matéria-prima										
Data	Ensaio	Comprimento (UHM - mm)	Uniformidade (%)	Finura / Micronaire	Tenacidade (gf/tex)	Alongamento (%)	Rd (%)	+b	Maturidade	Índice Fibras Curtas (%)
09/12/2015	18 (Etapa 3)	28,83	81,30	3,90	30,80	6,50	78,50	8,40	0,87	9,40
23/03/2016	28	28,60	80,90	3,92	30,00	6,50	77,00	9,60	0,86	9,90
31/03/2016	29	28,97	80,90	4,11	31,40	6,60	77,60	9,40	0,88	9,70
07/04/2016	30	28,75	81,30	3,95	29,10	6,60	76,60	9,70	0,86	9,50
15/04/2016	31	28,91	82,10	4,06	30,70	6,60	77,00	9,60	0,87	8,80
22/04/2016	32	28,51	81,30	4,03	29,90	6,50	77,30	9,80	0,87	9,60
02/05/2016	33	28,68	80,90	3,98	29,70	6,50	77,70	9,60	0,87	9,80
05/05/2016	34	29,03	81,40	3,98	30,00	6,60	78,60	9,80	0,87	9,30
12/05/2016	35 (Etapa 4)	29,16	81,10	3,86	30,10	6,60	77,80	9,80	0,86	9,50

Observa-se que após oito (8) semanas de monitoramento dos resultados da matéria-prima e a realização de alterações de fornecedores, houve uma melhoria nas características intrínsecas das fibras. O tempo de monitoramento e as alterações na mistura ocorreram devido à necessidade de novas compras e inserções gradativas na mistura de fardos da sala de abertura. Os resultados de análise de cada ensaio equivalem à média de 45 amostras da mistura de fardos retirados após o misturador da linha de abertura.

4.2.4.1 Produção dos Fios 15 tex, 10 tex, 7 tex e 6 tex

Realizou-se o ajuste de penteadeira para retirar 25% de fibras curtas, sendo que nas etapas anteriores e na linha de produção são normalmente retiradas 15% de fibras curtas. Segue na Figura 4.7 a ilustração do modelo de penteadeira utilizada.

⁶² Fonte: Cocamar Cooperativa Agroindustrial (2016)



Figura 4.7: Penteadeira Toyota⁶³

Foram efetivadas análises HVI de materiais, anteriores e posteriores aos ajustes de penteadeira, cujos resultados são apresentados no Quadro 4.34.

Quadro 4.34: Análises HVI anterior e posterior a ajustes de penteadeira⁶⁴

COCAMAR - Laboratório de Controle de Qualidade									
Análises HVI - Ajustes de Penteadeira									
Ensaio	Comprimento (UHM - mm)	Uniformidade (%)	Finura /Micronaire	Tenacidade (gf/tex)	Alongamento (%)	Rd (%)	+b	Maturidade	Índice Fibras Curtas
Alimentação	29,57	84,30	3,91	31,60	6,70	82,00	9,50	0,87	7,60
Fita (Retirada 15%)	30,12	86,10	4,48	31,30	6,80	83,10	9,70	0,89	7,10
Fita (Retirada 25%)	30,68	88,10	4,47	34,00	6,90	83,50	9,60	0,91	7,10
Resíduo (15%)	18,17	64,90	3,01	22,60	9,90	79,00	9,90	0,79	55,30
Resíduo (25%)	21,41	66,30	3,20	20,90	5,90	80,50	9,90	0,79	45,90

Observou-se que, com a retirada de 25% de fibras curtas, foi possível a obtenção de fibras com qualidade superior em termos de comprimento, uniformidade e tenacidade. Um dado que chamou a atenção relaciona-se com a finura (micronaire), pois em ambos ensaios de HVI do material em fita observou-se um resultado com índice mais grosso, característica que influencia negativamente a produção de fios finos. Salienta-se que este fator pode estar relacionado com a maturidade das fibras, dado que as fibras imaturas tendem a ser mais leves e, erroneamente, podem ser confundidas ou interpretadas como fibras finas, e por serem leves, conseqüentemente, podem ser retiradas por meio do fluxo de ar de limpeza no processo de penteação do equipamento.

⁶³ Fonte: Próprio Autor (2017)

⁶⁴ Fonte: Cocamar Cooperativa Agroindustrial (2016)

Um fato importante a destacar refere-se ao custo final do fio, pois com o aumento de retirada de fibras curtas no processo de penteadeiras tem-se, conseqüentemente, um aumento no custo de matéria-prima, resultando num maior custo do fio. Salieta-se que apesar de haver um aumento de custo, o objetivo desta etapa foi o de conseguir melhorar os parâmetros de qualidade do fio.

Após a alteração mecânica de penteadeira foram definidos para as passadeiras de segunda e terceira passagem novos parâmetros mecânicos para se conseguir uma melhor regularização do material.

Produziu-se no setor de penteadeira massa linear de 4.214 tex e, aplicando a Equação 2.3, definiu-se que com esta alteração seria possível trabalhar nas etapas posteriores com passadeira Toyota (DX8). Adotou-se dublagem de 8 fitas e estiragem de 8,57 vezes, resultando na massa linear de saída de 3.933 tex. Na terceira passagem utilizou-se dublagem de 8 fitas e estiragem de 8 vezes, resultando na massa linear de 3.933 tex. Produziram-se 30 latas de fitas para alimentação da maçoarqueira.

Utilizando a Equação 2.4, definiu-se a engrenagem de estiragem de 34 dentes (a mesma da etapa anterior), programando-se a maçoarqueira Toyota (máquina 2) com estiragem de 10,25 vezes (Anexo 1) e, conseqüentemente, a obtenção de massa linear no pavio de 393 tex. No que à torção diz respeito, adotou-se 72,05 torções por metro.

Efetivaram-se as alterações de filatórios para a produção dos fios 15 tex, 10 tex, 7 tex e 6 tex. Aplicaram-se as Equações 2.5 e 2.9, realizando-se as mesmas programações da etapa anterior para as engrenagens de estiragem (Anexo 2) e torção (Anexo 3), para os fios com massa linear 15 tex e 10 tex. Para o fio com massa linear 7 tex realizou-se o mesmo ajuste de estiragem do fio na etapa anterior, no entanto, devido ao mau andamento do filatório (excesso de rutura), foi necessário alterar a torção. Para o fio 6 tex adotou-se a estiragem em *display* de 69 vezes e, com a finalidade de melhorar o andamento em filatório devido ao excesso de rutura já observado no fio desenvolvido anteriormente, alterou-se a torção.

Os dados mecânicos adotados são apresentados no Quadro 4.35.

Quadro 4.35: Dados mecânicos do filatório Fasa-Zinser 260 (Etapa 4)⁶⁵

Dados Mecânicos Filatório Fasa-Zinser 260				
Dados Mecânicos/Técnicos	Fio			
	15 tex	10 tex	7 tex	6 tex
Pinhão de Estiragem (PE)	30	20	-	-
Pinhão de Estiragem Auxiliar (PEA)	85	85	-	-
Estiragem Total	28,57	42,86	53,22*	69*
Pinhão de Torção (PT)	49	32	-	-
Torções (T/m)	974	1.488	1.620*	1.929*
Coefficiente de Torção (tex)	3.741	4.665	4.399	4.686

* Ajustes Eletrônicos

Os dados mecânicos de cardas, passadeiras (Primeira passagem), reunideira, penteadeiras, passadeira (Segunda passagem), passadeira (Terceira Passagem), maçaroeira, filatório apresentam-se nos apêndices 01 (Dados Mecânicos de Carda), 02 (Dados Mecânicos de Passadeira – Primeira Passagem), 03 (Dados Mecânicos de Reunideira), 04 (Dados Mecânicos de Penteadeira), 05 (Dados Mecânicos de Passadeira – Segunda Passagem), 06 (Dados Mecânicos de Passadeira – Terceira Passagem), 07 (Dados Mecânicos de Maçaroeira) e 11 (Dados Mecânicos de Filatório – Etapa 4) e as análises foram realizadas conforme os parâmetros descritos no apêndice 15 (Parâmetros de Ensaio Realizados na Cocamar Cooperativa Agroindustrial).

Tal como nas etapas anteriores, foram realizados no HVI ensaios nas amostras de algodão dos fardos que compunham a mistura em processo (representativos da mistura), assim como ensaios de parâmetros de massa de fita de carda, fitas de passadeiras (primeira, segunda e terceira passagens), fita de penteadeira e pavio de maçaroeira e ensaios de parâmetros de massa e dinamométricos dos fios 15 tex, 10 tex, 7 tex e 6 tex.

O Quadro 4.36 apresenta um resumo do plano de produção da Etapa 4.

⁶⁵ Fonte: Proprio Autor (2016)

Quadro 4.36: Resumo de produção da Etapa 4⁶⁶

Plano Etapa	Cocamar 04
Início dos Ensaios	12/05/2016
Final dos Ensaios	30/06/2016
Fibra	
Comprimento (mm)	29,16
Finura / Micronaire	3,86
Tenacidade (gf/tex)	30,13
Uniformidade (%)	81,11
Carda	Trutzschler 5.900 tex
Passador I	Fasa-Zinser 4.917 tex
Reunideira	Toyota 74 gramas/metro
Penteadeira	Toyota 4.214 tex
Passador II	Toyota 3.933 tex
Passador III	Toyota 3.933 tex
Maçaroqueira	Toyota 393 tex
Filatório	Fasa-Zinser 15 tex, 10 tex, 7 tex e 6 tex

4.2.4.2 Análise e Discussão dos Resultados (Etapa 4)

Conforme apresentado nas etapas anteriores, os resultados foram divididos em matéria-prima, setor produtivo de preparação (carda, passadores, penteadeira e maçaroqueira) e filatório.

a) Matéria-prima

Realizaram-se análises de fibras utilizadas na linha de produção no aparelho *High Volume Instrument* (HVI) para se determinar as características de matéria-prima. Os resultados da análise de fibras e a relação com a Estatística Uster são apresentados no Quadro 4.37.

⁶⁶ Fonte: Próprio Autor (2016)

Quadro 4.37: Análises HVI de algodão brasileiro em linha de produção – Etapa 4⁶⁷

COCAMAR - Laboratório de Controle de Qualidade									
Análise de HVI									
Algodão Brasileiro (Linha de Produção - 45 Fardos/ Etapa)									
Etapa / Data do Ensaio	Finura / Micronaire	Comprimento UHM - (mm)	Uniformidade UI (%)	Índice Fibras Curtas (%)	RD (%)	+b	Tenacidade (gf/tex)	Alongamento (%)	Maturidade
Etapa 4 (12/05/2016)	3,86	29,16	81,11	9,46	77,80	9,78	30,13	6,60	0,86
Estatística Uster (29,16 mm)	37%	-	93%	57%	-	-	35%	-	-

Os resultados de características das fibras e os parâmetros obtidos na Estatística Uster relativos à Etapa 4 são semelhantes aos resultados das etapas desenvolvidas anteriormente, embora estes últimos se apresentem com qualidade ligeiramente inferior.

b) Setores Produtivos de Preparação

Os valores dos parâmetros de massa da matéria-prima no setor produtivo de preparação, produzidos normalmente na linha e produzidos no desenvolvimento proposto, são apresentados no Quadro 4.38.

Quadro 4.38: Análise de parâmetros de massa de setores de preparação – Etapa 4⁶⁸

COCAMAR - Laboratório de Controle de Qualidade			
Análise de Parâmetros de Massa (Etapa 4)			
Algodão Brasileiro (Linha de Produção e Plano de Ensaio)			
Etapa / Data do Ensaio	tex	Um (%)	CVm (%)
Carda 11 (11/05/2016)	5.900	3,02	3,79
Passadeira 6 (11/05/2016)	4.917	3,02	3,79
Penteadeira 1 - retirada de 15% de fibras curtas (11/05/2016)	4.917	3,70	4,65
Penteadeira 1 - plano de ensaio - retirada de 25% de fibras curtas (12/05/2016)	4.214	6,25	7,89
Passadeira 1 - segunda passagem (03/05/2016)	4.917	2,35	2,99
Passadeira 1 - segunda passagem - plano de ensaio (13/05/2016)	3.933	2,45	3,13
Passadeira 1 - terceira passagem - plano de ensaio (13/05/2016)	3.933	2,13	2,72
Maçaroqueira 2 (17/05/2016)	656	3,74	4,73
Maçaroqueira 2 - Plano de ensaio (17/05/2016)	393	4,70	5,87

Verifica-se no Quadro 4.38 que o coeficiente de variação de massa (CVm%) do material produzido normalmente em linha de produção apresentou valores semelhantes aos valores apresentados nas etapas anteriores. Embora o valor de coeficiente de variação de massa (CVm%) obtido na penteadeira no desenvolvimento do ensaio fosse elevado, houve uma regularização de massa nos processos de passadeira de segunda e terceira passagem, obtendo-se o melhor resultado entre os ensaios de passadeiras dos desenvolvimentos realizados até à presente etapa. O coeficiente de

⁶⁷ Fonte: Cocamar Cooperativa Agroindustrial (2016) e Uster Technologies (2016)

⁶⁸ Fonte: Cocamar Cooperativa Agroindustrial (2016)

variação de massa (CVm%) de maçaroeiras não se alterou, mantendo valor similar ao obtido nas demais etapas dos desenvolvimentos.

O Quadro 4.39 apresenta os parâmetros da Estatística Uster em relação ao setor de passadeiras de segunda passagem, passadeira de terceira passagem e maçaroeira.

Quadro 4.39: Estatística Uster - Passadeira (segunda e terceira passagem) e Maçaroeira (Etapa 4)⁶⁹

ESTATÍSTICA USTER						
Material: 100 % Algodão						
Instrumento: Uster Tester						
Parameter: Coeficiente de Variação de Massa (CVm (%))						
Processo	Massa Linear (tex)	Estatística Uster				
		5%	25%	50%	75%	95%
Fita de Passadeira (Penteado)	4.917 tex	1,76	2,00	2,29	2,65 ○	■ 3,03 ▲ □
Fita de Passadeira (Penteado)/Plano de Ensaio	3.933 tex	1,72	1,96	2,26	2,60 □	2,97 ■
Pavio de Maçaroeira (Penteado)	656 tex	3,4	3,70	□ 4,1	○ 4,5	■ ▲ 4,9
Pavio de Maçaroeira (Penteado)/Plano de Ensaio	393 tex	3,5	3,8	4,2	4,6	5,0 ■ ▲

○ Etapa 1 □ Etapa 2 ▲ Etapa 3 ■ Etapa 4 (2º Passagem) □ Etapa 4 (3º Passagem)

Após a análise do Quadro 4.39, verifica-se que os valores dos percentis nesta etapa apresentam melhores valores de qualidade, principalmente em relação à passadeira de terceira passagem, embora a maçaroeira apresente valor percentil superior a 95 % da Estatística Uster para o desenvolvimento proposto.

c) Filatório

Os valores dos parâmetros de massa e dinamométricos dos fios, bem como a sua relação com a Estatística Uster, encontram-se descritos no Quadro 4.40.

⁶⁹ Fonte: Uster Technologies (2016)

Quadro 4.40: Análises de parâmetros de massa e dinamométricos de filatórios – Etapa 4⁷⁰

COCAMAR - Laboratório de Controle de Qualidade							
Análise de Parâmetros de Massa e Dinamométricos de Filatórios							
Algodão Brasileiro (Plano de Ensaio)							
Dados do Ensaio					Parâmetros Uster		
Plano de Ensaio					Etapa 4		
Fio Produzido (tex)		15	10	7	6	Instrumento: Uster Tester	
Data		11/06/2016	13/06/2016	09/07/2016	23/07/2016	Material: 100% Algodão	
Filatório		26	26	21	21	Processo: Filatório	
Preparação do Pavo (tex)		393	393	393	393	Preparação: Penteadado	
Número amostras/ ensaios		27	27	25	25	Aplicação: Tecelagem	
Massa Linear Encontrada (tex)		14,44	9,81	7,32	5,90	Metragem/Análise: 1000 metros	
Torções por Metro Encontrada		1.033	1.511	1.561	1.907		
Parâmetros		Resultados	Parâmetros Estatística Uster				
			5%	25%	50%	75%	95%
15 tex	CVm %	14,74	12	12,9	13,8	● 14,9	15,9
	Pontos Finos (-50%)	7,48	1	2	4	7●	14
	Pontos Grossos (+50%)	81,86	8	15	31	56	● 105
	Neps (+200%)	83,63	24	42	71 ●	127	232
	Pilosidade	4,83	3,4	3,7	4,1	4,6	● 5,0
	Tenacidade de Ruptura (cN/tex)	15,01	22,1	-	17,6	- ●	13,2
	Alongamento de Ruptura (%)	6,2	6,2	5,7	5,2	4,7	4,3
	Força de Ruptura (cN)	221	326	-	259,7	- ●	195,5
10 tex	CVm %	16,87	12,6	13,2	13,9	14,7	15,6 ●
	Pontos Finos (-50%)	50,11	3	7	12	23	43 ●
	Pontos Grossos (+50%)	256,19	14	21	35	59	103 ●
	Neps (+200%)	213,52	35	62	96	161 ●	283
	Pilosidade	3,17	2,8	3,1●	3,4	3,7	4,1
	Tenacidade de Ruptura (cN/tex)	15,00	27,9	-	21,5	-	16,7 ●
	Alongamento de Ruptura (%)	5,85	6,1 ●	5,6	5,1	4,8	4,4
	Força de Ruptura (cN)	148	274,7	-	211,2	-	164 ●
7 tex	CVm %	18,86	13,6	14,3	15	15,9	16,8 ●
	Pontos Finos (-50%)	544,84	8	16	28	52	95 ●
	Pontos Grossos (+50%)	695,00	27	41	66	111	189 ●
	Neps (+200%)	528,60	56	93	141	222	360 ●
	Pilosidade	3,57	2,5	2,7	3,0	3,3	● 3,6
	Tenacidade de Ruptura (cN/tex)	13,34	28	-	21,4	-	16,7 ●
	Alongamento de Ruptura (%)	4,50	5,8	5,4	4,9	4,6 ●	4,2
	Força de Ruptura (cN)	98,00	206,9	-	157,8	-	123 ●
6 tex	CVm %	20,71	14,5	15,2	16	16,9	17,8 ●
	Pontos Finos (-50%)	1040,32	17	31	55	98	178 ●
	Pontos Grossos (+50%)	1070,27	45	69	108	181	303 ●
	Neps (+200%)	752,00	80	127	190	284	435 ●
	Pilosidade	2,26	2,3	2,5	2,7	3,0	3,3
	Tenacidade de Ruptura (cN/tex)	12,24	28,1	-	21,3	-	16,7 ●
	Alongamento de Ruptura (%)	4,63	5,6	5,2	4,8 ●	4,4	4,1
	Força de Ruptura (cN)	72,00	166,1	-	125,9	-	98,4 ●

Apresentam-se no Quadro 4.41 os percentis da Estatística Uster para os fios produzidos nesta fase da pesquisa.

⁷⁰ Fonte: Cocamar Cooperativa Agroindustrial (2016) e Uster Technologies (2016)

Quadro 4.41: Estatística Uster – Percentil (Etapa 4)⁷¹

Estatística Uster (Percentil)				
Fio	15 tex Penteado	10 tex Penteado	7 tex Penteado	6 tex Penteado
Data	11/06/2016	13/06/2016	09/07/2016	23/07/2016
Filatório	26	26	21	21
Massa Linear Preparação do Pavio (tex)	393	393	393	393
Número amostras/ensaios	27	27	25	25
Massa Linear Encontrada (tex)	14,44	9,81	7,32	5,90
Torções por Metro Encontrada	1.033	1.511	1.561	1.907
Parâmetros	Etapa 4			
CVm %	73%	>95%	>95%	>95%
Pontos Finos (-50%)	76%	>95%	>95%	>95%
Pontos Grossos (+50%)	86%	>95%	>95%	>95%
Neps (+200%)	56%	84%	>95%	>95%
Pilosidade	87%	31%	93%	5%
Tenacidade de Ruptura	76%	>95%	>95%	>95%
Alongamento de Ruptura	5%	15%	80%	61%
Força de Ruptura	77%	>95%	>95%	>95%
< menor que 5%				
> maior que 95%				

No que diz respeito aos parâmetros de massa e dinamométricos dos fios 7 tex e 6 tex, verifica-se que todos eles se situam no percentil maior que 95%, com exceção da pilosidade, que apresenta, respetivamente, percentil de 93% e 5%, e do alongamento que é de 80% e 61%.

Como os resultados do desenvolvimento da Etapa 4 não apresentaram resultados satisfatórios relativos à qualidade dos fios, foi decidido realizar a produção de novos fios. Para se tentar encontrar a solução que permitisse a obtenção de um fio com as características desejadas, foi desenvolvido um novo plano de produção adotando os conceitos de produção *corespun yarn*, utilizando filamentos contínuos no núcleo do fio e revestimento com fibras de algodão.

4.2.5 Etapa 5 – Produção do Fio *Corespun*

Dado que através do processo convencional não se conseguiu obter resultados satisfatórios relativamente à produção dos fios com fibras de algodão brasileiro, foram efetuadas novas propostas de produção dos fios. Foi necessário tentar outro processo de fiação para se chegar ao objetivo proposto, por conseguinte, foi decidido o desenvolvimento experimental da Etapa 5, que teve como objetivo produzir os fios com massas lineares 7 tex e 6 tex utilizando o conceito *corespun yarn*.

⁷¹ Fonte: Uster Technologies (2016)

4.2.5.1 Produção dos Fios 7 tex e 6 tex *corespun*

Para a realização desta etapa, houve a necessidade de obtenção de filamentos contínuos com massa linear próxima de 1 tex (10 dtex). Com o intuito de satisfazer esta demanda, obteve-se duas (2) amostras de multifilamento de poliamida 6.6, sendo ambas de 1,6 tex (16 dtex), uma com sentido de torção “Z” e outra com sentido de torção “S”. O Quadro 4.42 apresenta os parâmetros de massa e dinâmométricos dos multifilamentos de poliamida.

Quadro 4.42: Filamentos contínuos⁷²

Filamentos Contínuos							
Amostra	Descrição do fio	Massa Linear (Dtex)	Massa Linear (tex)	Número de Filamentos	Tenacidade (cN/Tex)	Alongamento (%)	Força de Ruptura (cN)
Poliamida 6.6 (Z)	16/10/1	16,25	1,63	10	49,08	38,97	80
Poliamida 6.6 (S)	16/10/1	16,21	1,62	10	50,62	37,44	82

Tendo em consideração que o objetivo do desenvolvimento do fio *corespun* é o ganho de resistência em relação ao fio 100% algodão, optou-se pela utilização do multifilamento contínuo de poliamida. Quanto à possibilidade de utilização de multifilamento de viscose, decidiu-se pelo descarte do desenvolvimento de fio com estas fibras, na medida em que estas apresentam uma tenacidade de fibras menor e perda de tenacidade quando em estado húmido. Adotando-se as amostras de poliamida para a realização dos ensaios visando a produção do fio *corespun*, ter-se-á o fio com massa linear 7 tex com uma composição de aproximadamente 77% algodão e 23% poliamida, enquanto o fio com massa linear 6 tex apresentará uma composição de aproximadamente 73% algodão e 27% poliamida (cálculo com massa linear da poliamida com sentido de torção “Z”).

Definida a produção do fio no processo *corespun*, foi necessário obter um filatório equipado com *kit corespun*, ou seja, um acessório que possibilite a produção de fio composto de filamento em alma e revestimento em algodão, no entanto, deve-se ressaltar que as fiações que possuem estes filatórios estavam com os mesmos em produção, não permitindo a sua paragem para a realização destes ensaios. Uma possibilidade foi efetuar uma adaptação de *kit corespun* num filatório na Cocamar. Desenvolveu-se um *kit corespun* para a inserção do multifilamento no último cilindro do trem-de-estiro, conforme apresentado na Figura 4.8, adotando-se uma máquina com dispositivo eletrónico de ajuste de velocidade dos cilindros do sistema de trem-de-estiro (Sistema Pinter).

⁷² Fonte: Cocamar Cooperativa Agroindustrial (2017)

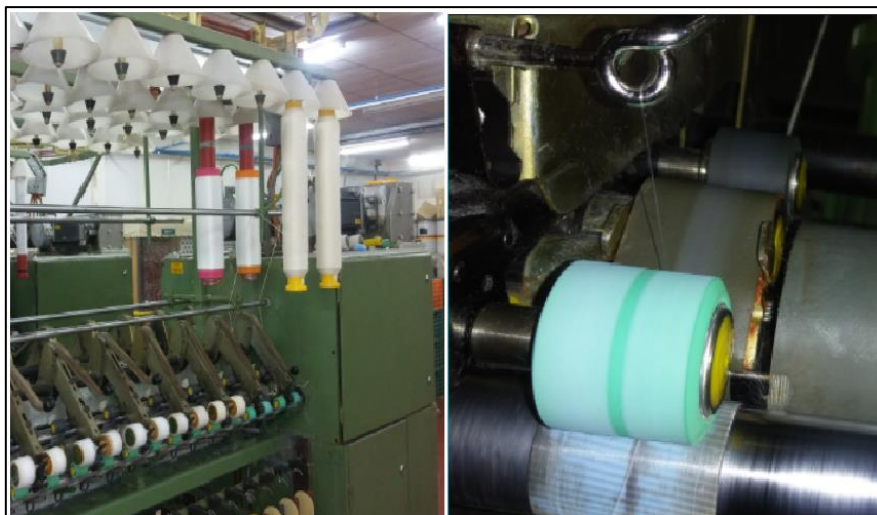


Figura 4.8: Adaptação *kit corespun*⁷³

Apresenta-se no Quadro 4.43 os valores de estiragem e torção de filatório para a obtenção dos fios 7 tex e 6 tex *corespun*.

Quadro 4.43: Dados técnicos do filatório Fasa-Zinser 260 (Etapa 5)⁷⁴

Dados Mecânicos Filatório Fasa-Zinser 260		
Dados Mecânicos/Técnicos	Fio	
	7 tex	6 tex
Massa linear do fio de algodão (tex)	5,67	4,21
Estiragem Total	69,33*	93,33*
Torções (T/m)	1.615*	1.811*
Coefficiente de Torção (tex)	4.387	4.399

* Ajustes Eletrônicos

Utilizaram-se para a produção dos fios *corespun* os multifilamentos de Poliamida 6.6 com sentido de torção “Z” e “S” e pavios de maçoqueiras produzidos na Etapa 4.

Os dados mecânicos de filatório estão representados no apêndice 12 (Dados Mecânicos de Filatório – Etapa 5) e as análises foram realizadas conforme os parâmetros descritos no apêndice 15 (Parâmetros de Ensaio Realizados na Cocamar Cooperativa Agroindustrial). Realizou-se os ensaios de parâmetros de massa e dinamométricos dos fios *corespun* 7 tex e 6 tex produzidos em filatório.

⁷³ Fonte: Próprio Autor (2017)

⁷⁴ Fonte: Próprio Autor (2017)

4.2.5.2 Análise e Discussão dos Resultados (Etapa 5)

Visto que os pavios de maçarqueira a serem utilizados para o revestimento do multifilamento de poliamida são originários da Etapa 4 do desenvolvimento desta pesquisa, nesta fase serão apresentados tão-somente os resultados do setor de filatório.

- *Filatório*

Os resultados de parâmetros de massa e dinamométricos para os fios 7 tex e 6 tex *corespun*, são apresentados no Quadro 4.44. Embora existam tabelas que permitem comparar os valores obtidos com os parâmetros Uster, os resultados foram relacionados com os parâmetros de qualidade da Estatística Uster para um fio da mesma massa com composição 100% algodão, objetivando ter um comparativo de qualidade entre o fio *corespun* e os fios desenvolvidos nas demais etapas, mesmo estando o investigador ciente de que se trata de composições diferentes.

Quadro 4.44: Análises de parâmetros de massa e dinamométricos de filatórios – Etapa 5⁷⁵

COCAMAR - Laboratório de Controle de Qualidade								
Análise de Parâmetros de Massa e Dinamométricos de Filatórios								
Algodão Brasileiro (Plano de Ensaio)								
Dados do Ensaio					Parâmetros Uster			
Plano de Ensaio					Etapa 5			
Fio Produzido (tex)		7 Corespun		6 Corespun				
Data		28/06/2017		28/06/2017		Instrumento: Uster Tester		
Filatório		15	15	15	15	Material: 100% Algodão		
Preparação do Pavio Algodão (tex)		393	393	393	393	Processo: Filatório		
Filamento Contínuo (Tex)		1,63	1,62	1,63	1,62	Preparação: Penteadado		
Sentido de Torção do Filamento		Z	S	Z	S	Aplicação: Tecelagem		
Número amostras/ensaios		1	1	1	1	Metragem/Análise: 1000 metros		
Massa Linear Encontrada (tex)		7,49	7,41	5,97	5,95			
Torções por Metro Encontrada		1.567	1.539	1.694	1.670			
Parâmetros		Resultados		Parâmetros Estatística Uster				
				5%	25%	50%	75%	95%
7 tex (Z)	CVm %	17,52	13,6	14,3	15	15,9	16,8 ●	
	Pontos Finos (-50%)	245	8	16	28	52	95 ●	
	Pontos Grossos (+50%)	575	27	41	66	111	189 ●	
	Neps (+200%)	455	56	93	141	222	360 ●	
	Pilosidade	3,3	2,5	2,7	3,0	3,3 ●	3,6	
	Tenacidade de Ruptura (cN/tex)	15,74	28	-	21,4	-	16,7 ●	
	Alongamento de Ruptura (%)	6,25	● 5,8	5,4	4,9	4,6	4,2	
	Força de Ruptura (cN)	114	206,9	-	157,8	-	123 ●	
7 tex (S)	CVm %	19,09	13,6	14,3	15	15,9	16,8 ●	
	Pontos Finos (-50%)	645	8	16	28	52	95 ●	
	Pontos Grossos (+50%)	820	27	41	66	111	189 ●	
	Neps (+200%)	635	56	93	141	222	360 ●	
	Pilosidade	3,18	2,5	2,7	3,0	● 3,3	3,6	
	Tenacidade de Ruptura (cN/tex)	14,36	28	-	21,4	-	16,7 ●	
	Alongamento de Ruptura (%)	7,14	● 5,8	5,4	4,9	4,6	4,2	
	Força de Ruptura (cN)	104	206,9	-	157,8	-	123 ●	
6 tex (Z)	CVm %	20,49	14,5	15,2	16	16,9	17,8 ●	
	Pontos Finos (-50%)	1000	17	31	55	98	178 ●	
	Pontos Grossos (+50%)	980	45	69	108	181	303 ●	
	Neps (+200%)	1020	80	127	190	284	435 ●	
	Pilosidade	3,09	2,3	2,5	2,7	3,0 ●	3,3	
	Tenacidade de Ruptura (cN/tex)	14,85	28,1	-	21,3	-	16,7 ●	
	Alongamento de Ruptura (%)	13,36	● 5,6	5,2	4,8	4,4	4,1	
	Força de Ruptura (cN)	88	166,1	-	125,9	-	98,4 ●	
6 tex (S)	CVm %	23,2	14,5	15,2	16	16,9	17,8 ●	
	Pontos Finos (-50%)	2090	17	31	55	98	178 ●	
	Pontos Grossos (+50%)	1830	45	69	108	181	303 ●	
	Neps (+200%)	1655	80	127	190	284	435 ●	
	Pilosidade	3,2	2,3	2,5	2,7	3,0	● 3,3	
	Tenacidade de Ruptura (cN/tex)	13,97	28,1	-	21,3	-	16,7 ●	
	Alongamento de Ruptura (%)	13,87	● 5,6	5,2	4,8	4,4	4,1	
	Força de Ruptura (cN)	83	166,1	-	125,9	-	98,4 ●	

⁷⁵ Fonte: Cocamar Cooperativa Agroindustrial (2017) e Uster Technologies (2017)

Verifica-se que os fios *corespun* utilizando o multifilamento com sentido de torção em “Z” apresentaram melhores resultados que os fios produzidos com multifilamento de sentido de torção em “S”. Ressalta-se também que os fios produzidos com multifilamento com sentido de torção em “Z” apresentaram tenacidade superior àquela obtida na produção do fio na Etapa 3, etapa em que foi obtida a maior resistência no plano de ensaios Cocamar.

Apresentam-se no Quadro 4.45 os percentis da Estatística Uster para os fios 7 tex e 6 tex *corespun*.

Quadro 4.45: Estatística Uster – Percentil (Etapa 5)⁷⁶

Estatística Uster (Percentil)				
Fio	7 tex <i>corespun</i>		6 tex <i>corespun</i>	
Data	28/06/2017	28/06/2017	28/06/2017	28/06/2017
Filatório	15	15	15	15
Massa Linear Preparação do Pavio (tex)	393	393	393	393
Sentido de torção	Z*	S*	Z*	S*
Massa Linear Encontrada (tex)	7,49	7,41	5,97	5,95
Torções por Metro Encontrada	1.567	1.539	1.694	1.670
Parâmetros	Etapa 5			
CVm %	>95%	>95%	>95%	>95%
Pontos Finos (-50%)	>95%	>95%	>95%	>95%
Pontos Grossos (+50%)	>95%	>95%	>95%	>95%
Neps (+200%)	>95%	>95%	>95%	>95%
Pilosidade	75%	65%	81%	89%
Tenacidade de Ruptura	>95%	>95%	>95%	>95%
Alongamento de Ruptura	< 5%	< 5%	< 5%	< 5%
Força de Ruptura	>95%	>95%	>95%	>95%
< menor que 5%				
> maior que 95%				

Numa análise ao melhor desempenho do fio utilizando o multifilamento contínuo com sentido de torção “Z”, em comparação com o fio utilizando o multifilamento contínuo com sentido de torção “S”, este pode ser explicado pela circunstância de o fio *corespun* processado no filatório também ter o sentido de torção “Z”, resultando numa compactação dos multifilamentos na estrutura do fio.

Dado os resultados obtidos ainda não serem nada satisfatórios, decidiu-se sobre a possibilidade de desenvolvimento de um fio utilizando uma máquina anel de última geração e também a produção dos fios em sistema de fiação anel compacto. Salienta-se que, devido a dificuldades no acesso às empresas que possuem filatórios anel compacto e que poderiam disponibilizá-los para os ensaios, e também por não ser possível a utilização dos filatórios anel Toyota RX240 da Cocamar Cooperativa Agroindustrial, realizou-se um contato com a Toyota Máquinas Têxteis do Brasil para uma parceria na forma de prestação de serviços para a Cocamar Cooperativa

⁷⁶ Fonte: Uster Technologies (2017)

Agroindustrial, tendo sido elaborado um plano de ensaios para a Toyota Máquinas Têxteis a ser desenvolvido na sua sede em Kariya, no Japão.

A expectativa era a de que no sistema compacto, devido ao processo de formação do fio e à compactação da sua massa fibrosa, se obtivesse uma melhor qualidade dos fios propostos com a utilização do algodão brasileiro.

4.2.6 Etapa 6 – Produção do Fio Anel e Anel Compacto em Filatórios Toyota

O presente tópico refere-se ao desenvolvimento do fio em filatórios anéis e anéis compactos de última geração (RX240E) na Toyota Máquinas Têxteis, mais concretamente na sua sede em Kariya, no Japão. Foram desenvolvidos os fios com massas lineares 15 tex, 10 tex e 7 tex.

4.2.6.1 Produção dos Fios 15 tex, 10 tex e 7 tex (Anel e Anel Compacto)

Foram produzidos no centro de pesquisa Toyota Máquinas Têxteis, fios com massas lineares 15 tex, 10 tex e 7 tex, em filatório RX240E com sistema anel e anel compacto, utilizando como matéria-prima pavios de maçarocqueira produzidos na Etapa 4 da Cocamar Cooperativa Agroindustrial (Logística de envio de materiais para a Toyota Máquinas Têxteis (Apêndice 17)). De acordo com os responsáveis pelo desenvolvimento dos fios, não foi possível rodar os fios com massa linear 6 tex, pois os mesmos apresentaram excesso de ruturas, inviabilizando desta forma o seu desenvolvimento. O desenvolvimento do fio com massa linear 6 tex na Cocamar, durante a realização da Etapa 4, também apresentou elevado número de ruturas, fato que ocasionou a necessidade de aumento de torção no fio para a conclusão da produção do mesmo. Destaca-se que os desenvolvimentos dos fios na Toyota foram realizados com rotações dos fusos de filatório a 16.000 rotações por minuto, ao passo que, nos ensaios na Cocamar, as rotações de fusos foram de aproximadamente 12.000 rotações por minuto.

As análises de parâmetros de massa e dinamométricos dos fios desenvolvidos foram realizadas no laboratório de controle de qualidade da Cocamar Cooperativa Agroindustrial.

Os Dados Mecânicos de filatórios apresentam-se nos apêndices 13 (Dados Mecânicos de Filatório Anel – Toyota Máquinas Têxteis – Etapa 6) e 14 (Dados Mecânicos de Filatório Anel compacto – Toyota Máquinas Têxteis – Etapa 6) e as análises foram realizadas conforme os parâmetros descritos no apêndice 15 (Parâmetros de Ensaio Realizados na Cocamar Cooperativa Agroindustrial).

4.2.6.2 Análise e Discussão dos Resultados (Etapa 6)

Os resultados dos parâmetros de massa e dinamométricos dos fios produzidos na Toyota Máquinas Têxteis foram divididos em sistema anel (convencional) e sistema Compacto. Tendo em conta que os pavios de maçarqueira enviados para a Toyota eram originários da Etapa 4 do desenvolvimento desta pesquisa, nesta fase serão apresentados tão-somente os resultados do setor de filatório.

a) Filatório (Sistema anel – Convencional)

Apresenta-se no Quadro 4.46 os resultados obtidos relativamente a parâmetros de massa e dinamométricos de filatórios anel para os fios produzidos no sistema anel (convencional) da Toyota Máquinas Têxteis, bem como a sua relação com a Estatística Uster.

Quadro 4.46: Análises de parâmetros de massa e dinamométricos do filatório anel (Toyota Japão) (Etapa 6)⁷⁷

COCAMAR - Laboratório de Controle de Qualidade								
Análise de Parâmetros de Massa e Dinamométricos de Filatórios								
Algodão Brasileiro (Plano de Ensaio)								
Dados do Ensaio (Fios Anel - Convencional)						Parâmetros Uster		
Plano de Ensaio						Etapa 6		
Fio Produzido (tex)		15	10	7		Instrumento: Uster Tester		
Data		22/05/2017	24/05/2017	30/05/2017		Material: 100% Algodão		
Filatório		RX 240	RX 240	RX 240		Processo: Filatório		
Preparação do Pavio (tex)		393	393	393		Preparação: Penteadado		
Número amostras/ensaios		4	4	4		Aplicação: Tecelagem		
Massa Linear Encontrada (tex)		14,91	10,08	7,30		Metragem/Análise: 1000 metros		
Torções por Metro Encontrada		943	1.218	1.498				
Parâmetros		Resultados		Parâmetros Estatística Uster				
				5%	25%	50%	75%	95%
15 tex	CVm %	14,48	12	12,9	13,8	● 14,9	15,9	
	Pontos Finos (-50%)	12,50	1	2	4	7	● 14	
	Pontos Grossos (+50%)	65,00	8	15	31	56 ●	105	
	Neps (+200%)	116,25	24	42	71	● 127	232	
	Pilosidade	4,31	3,4	3,7	4,1 ●	4,6	5,0	
	Tenacidade de Ruptura (cN/tex)	14,94	22,1	-	17,6	- ●	13,2	
	Alongamento de Ruptura (%)	4,44	6,2	5,7	5,2	4,7	● 4,3	
	Força de Ruptura (cN)	221	326	-	259,7	- ●	195,5	
10 tex	CVm %	16,45	12,6	13,2	13,9	14,7	15,6 ●	
	Pontos Finos (-50%)	72,50	3	7	12	23	43 ●	
	Pontos Grossos (+50%)	217,50	14	21	35	59	103 ●	
	Neps (+200%)	272,50	35	62	96	161	● 283	
	Pilosidade	3,45	2,8	3,1	3,4 ●	3,7	4,1	
	Tenacidade de Ruptura (cN/tex)	15,85	27,9	-	21,5	-	16,7 ●	
	Alongamento de Ruptura (%)	3,67	6,1	5,6	5,1	4,8	4,4 ●	
	Força de Ruptura (cN)	156	274,7	-	211,2	-	164 ●	
7 tex	CVm %	18,48	13,6	14,3	15	15,9	16,8 ●	
	Pontos Finos (-50%)	607,50	8	16	28	52	95 ●	
	Pontos Grossos (+50%)	603,75	27	41	66	111	189 ●	
	Neps (+200%)	803,75	56	93	141	222	360 ●	
	Pilosidade	3,21	2,5	2,7	3,0	● 3,3	3,6	
	Tenacidade de Ruptura (cN/tex)	13,09	28	-	21,4	-	16,7 ●	
	Alongamento de Ruptura (%)	4,28	5,8	5,4	4,9	4,6	● 4,2	
	Força de Ruptura (cN)	97	206,9	-	157,8	-	123 ●	

Observa-se que os resultados relativos aos fios 15 tex, 10 tex e 7 tex são semelhantes aos dos fios desenvolvidos no plano de ensaio Cocamar (ver Quadros 4.16, 4.23, 4.30 e 4.40), exceto no que concerne ao neps, que apresentou valores superiores aos fios desenvolvidos no Brasil.

Apresentam-se no Quadro 4.47 os percentis da Estatística Uster para os fios 15 tex, 10 tex e 7 tex produzidos na Toyota Máquinas Têxteis em sistema anel (convencional).

⁷⁷ Fonte: Cocamar Cooperativa Agroindustrial (2017) e Uster Technologies (2017)

Quadro 4.47: Estatística Uster – Percentil fios anéis (Etapa 6)⁷⁸

Estatística Uster (Percentil)			
Fio	15 tex Penteado	10 tex Penteado	7 tex Penteado
Data	22/05/2017	24/05/2017	30/05/2017
Filatório	RX 240	RX 240	RX 240
Massa Linear Preparação do Pávio (tex)	393	393	393
Número amostras/ ensaios	4	4	4
Massa Linear Encontrada (tex)	14,91	10,08	7,30
Torções por Metro Encontrada	943	1.218	1.498
Parâmetros	Etapa 6		
CVm %	66%	>95%	>95%
Pontos Finos (-50%)	92%	>95%	>95%
Pontos Grossos (+50%)	80%	>95%	>95%
Neps (+200%)	71%	94%	>95%
Pilosidade	62%	57%	69%
Tenacidade de Ruptura	76%	>95%	>95%
Alongamento de Ruptura	88%	>95%	90%
Força de Ruptura	76%	>95%	>95%
< menor que 5%			
> maior que 95%			

Como pode ser observado no Quadro 4.47, os percentis dos fios 15 tex, 10 tex e 7 tex apresentam-se semelhantes aos obtidos para os fios produzidos nas Etapas de 1 a 4, exceto no tocante ao neps e ao alongamento dos fios 15 tex e 10 tex, assim como ao alongamento do fio 7 tex, que apresentaram valores superiores àqueles dos fios desenvolvidos nas referidas etapas.

b) Filatório (Sistema anel – Compacto)

Apresenta-se no Quadro 4.48 os resultados obtidos no tocante aos parâmetros de massa e dinamométricos de filatórios anel compactos para os fios produzidos no sistema anel compacto da Toyota Máquinas Têxteis, bem como a sua relação com a Estatística Uster.

⁷⁸ Fonte: Uster Technologies (2017)

Quadro 4.48: Análises de parâmetros de massa e dinamométricos do filatório anel compacto (Toyota Japão) – Etapa 6⁷⁹

COCAMAR - Laboratório de Controle de Qualidade								
Análise de Parâmetros de Massa e Dinamométricos de Filatórios								
Algodão Brasileiro (Plano de Ensaio)								
Dados do Ensaio (Fios Anel - Compacto)						Parâmetros Uster		
Plano de Ensaio						Etapa 6		
Fio Produzido (tex)		15	10	7				
Data		22/05/2017	24/05/2017	30/05/2017		Instrumento: Uster Tester		
Filatório		RX 240	RX 240	RX 240		Material: 100% Algodão		
Preparação do Pavio (tex)		393	393	393		Processo: Filatório		
Número amostras/ensaios		4	4	4		Preparação: Penteado		
Massa Linear Encontrada (tex)		15,58	10,50	7,75		Aplicação: Tecelagem		
Torções por Metro Encontrada		1.003	1.384	1.621		Metragem/Análise: 1000 metros		
Parâmetros		Resultados	Parâmetros Estatística Uster					
			5%	25%	50%	75%	95%	
15 tex	CVm %	13,57	11,2	-	12,3	-	13,5 ●	
	Pontos Finos (-50%)	2,50	0	-	2	●	6	
	Pontos Grossos (+50%)	48,75	6	-	16	-	42 ●	
	Neps (+200%)	70,00	13	-	36	- ●	104	
	Pilosidade	2,88	2,7	●	-	3,2	-	3,8
	Tenacidade de Ruptura (cN/tex)	20,40	26,4	-	21,6	●	-	17,9
	Alongamento de Ruptura (%)	5,60	6,2	-	●	5,5	-	4,9
	Força de Ruptura (cN)	301	390,5	-	319,3	●	-	264,9
10 tex	CVm %	15,29	12	-	13,1	-	14,3 ●	
	Pontos Finos (-50%)	13,75	1	-	5	-	● 18	
	Pontos Grossos (+50%)	125,00	10	-	24	-	59 ●	
	Neps (+200%)	176,25	17	-	44	-	123 ●	
	Pilosidade	2,36	2,2	●	-	2,6	-	3,1
	Tenacidade de Ruptura (cN/tex)	20,18	27,7	-	22,6	-	● 18,9	
	Alongamento de Ruptura (%)	5,65	6	- ●	5,3	-	4,7	
	Força de Ruptura (cN)	199	272,8	-	222,8	-	● 186,3	
7 tex	CVm %	16,94	12,6	-	13,7	-	14,9 ●	
	Pontos Finos (-50%)	252,50	3	-	10	-	37 ●	
	Pontos Grossos (+50%)	391,25	13	-	31	-	76 ●	
	Neps (+200%)	487,50	20	-	51	-	138 ●	
	Pilosidade	2,10	1,9	- ●	2,2	-	2,6	
	Tenacidade de Ruptura (cN/tex)	18,07	28,7	-	23,4	-	19,7 ●	
	Alongamento de Ruptura (%)	4,58	5,8	-	5,1	-	4,6 ●	
	Força de Ruptura (cN)	133	211,5	-	172,6	-	145,1 ●	

No Quadro 4.48 verifica-se que os resultados concernentes aos fios compactos são superiores aos obtidos relativamente aos fios produzidos no sistema anel e inferiores aos fios produzidos com algodão egípcio, embora os valores do fio 10 tex sejam próximos dos valores do fio egípcio apresentado no Quadro 4.7.

Observa-se que, tal como havia sucedido no caso dos fios anéis penteados produzidos na Toyota Máquinas Têxteis, os fios compactos também apresentaram valores elevados de neps em relação aos fios desenvolvidos nas etapas de 1 a 4.

⁷⁹ Fonte: Cocamar Cooperativa Agroindustrial (2017) e Uster Technologies (2017)

Apresentam-se no Quadro 4.49 os percentis da Estatística Uster para os fios 15 tex, 10 tex e 7 tex produzidos na Toyota Máquinas Têxteis em sistema anel compacto.

Quadro 4.49: Estatística Uster – Percentil fios anéis compactos (Etapa 6)⁸⁰

Estatística Uster (Percentil)			
Fio	15 tex Compacto	10 tex Compacto	7 tex Compacto
Data	22/05/2017	24/05/2017	30/05/2017
Filatório	RX 240	RX 240	RX 240
Massa Linear Preparação do Pavio (tex)	393	393	393
Número amostras/ensaio	4	4	4
Massa Linear Encontrada (tex)	15,58	10,50	7,75
Torções por Metro Encontrada	1.003	1.384	1.621
Parâmetros	Etapa 6		
CVm %	>95%	>95%	>95%
Pontos Finos (-50%)	65%	87%	>95%
Pontos Grossos (+50%)	>95%	>95%	>95%
Neps (+200%)	78%	>95%	>95%
Pilosidade	20%	24%	34%
Tenacidade de Ruptura	64%	79	>95%
Alongamento de Ruptura	46%	26	>95%
Força de Ruptura	64%	79	>95%
< menor que 5%			
> maior que 95%			

Embora os resultados dos parâmetros de massa e dinamométricos dos fios compactos sejam superiores aos resultados dos fios anéis (convencionais), uma análise aos percentis da Estatística Uster permite observar que o fio 10 tex compacto apresentou melhorias em relação aos fios 10 tex anéis (convencionais), apresentando melhores percentis para as características de pontos finos, pilosidade, tenacidade e força de ruptura, contudo, apresentou resultados inferiores em relação a neps e ao alongamento. O fio 7 tex compacto apresentou percentis semelhantes aos dos fios anéis, embora com resultados inferiores para as características de pilosidade e alongamento. O Fio 15 tex compacto apresenta percentis inferiores aos apresentados pelos fios anéis, tendo resultados piores em relação às características de coeficiente de variação de massa, pontos grossos, neps, tenacidade e alongamento.

⁸⁰ Fonte: Uster Technologies (2017)

4.2.7 Resumo de Desenvolvimento dos Fios Produzidos

O resumo de desenvolvimento dos fios produzidos na Cocamar Cooperativa Agroindustrial e na Toyota Máquinas Têxteis, conforme planejamento da pesquisa, é apresentado no Quadro 4.50.

Quadro 4.50: Resumo de desenvolvimento dos fios produzidos⁸¹

Plano Etapa	Cocamar 01	Cocamar 02	Cocamar 03	Cocamar 04	Cocamar 05	Toyota 06
Início dos Ensaio	24/09/2015	22/10/2015	16/12/2015	12/05/2016	27/06/2017	22/05/2017
Final dos Ensaio	28/09/2015	07/12/2015	15/01/2016	30/06/2016	29/06/2017	30/05/2017
Fibra						
Comprimento (mm)	29,14	29,11	28,83	29,16	29,16	29,16
Finura / Micronaire	3,88	3,76	3,90	3,86	3,86	3,86
Tenacidade (gf/tex)	30,39	30,27	30,76	30,13	30,13	30,13
Uniformidade (%)	81,64	81,29	81,34	81,11	81,11	81,11
Carda	Trutzschler 5.900 tex	Trutzschler 5.900 tex	Trutzschler 5.900 tex	Trutzschler 5.900 tex	Trutzschler 5.900 tex	Trutzschler 5.900 tex
Passador I	Fasa-Zinser 4.917 tex	Fasa-Zinser 4.917 tex	Fasa-Zinser 4.917 tex	Fasa-Zinser 4.917 tex	Fasa-Zinser 4.917 tex	Fasa-Zinser 4.917 tex
Reunideira	Toyota 74 gramas/metro	Toyota 74 gramas/metro	Toyota 74 gramas/metro	Toyota 74 gramas/metro	Toyota 74 gramas/metro	Toyota 74 gramas/metro
Penteadeira	Toyota 4.917 tex	Toyota 4.917 tex	Toyota 4.917 tex	Toyota 4.214 tex	Toyota 4.214 tex	Toyota 4.214 tex
Passador II	Toyota 4.917 tex	Toyota 3.734 tex	Trutzschler HSR1000 3.933 tex	Toyota 3.933 tex	Toyota 3.933 tex	Toyota 3.933 tex
Passador III	-	-	-	Toyota 3.933 tex	Toyota 3.933 tex	Toyota 3.933 tex
Maçaroqueira	Toyota 656 tex	Toyota 364 tex	Toyota 393 tex	Toyota 393 tex	Toyota 393 tex	Toyota 393 tex
Filatório	Fasa-Zinser 20 tex e 14 tex	Fasa-Zinser 15 tex, 10 tex, 7 tex e 6 tex	Fasa-Zinser 15 tex, 10 tex, 7 tex e 6 tex	Fasa-Zinser 15 tex, 10 tex, 7 tex e 6 tex	Fasa-Zinser 7 tex e 6 tex <i>corespun</i>	Toyota RX240E 15 tex, 10 tex e 7 tex Anel e Anel compacto

A produção dos fios *corespun*, Etapa 5 do plano de produção na Cocamar, utilizou pavio de maçaroça produzido na Etapa 4, sendo adicional a alimentação simultânea do multifilamento contínuo no último cilindro do trem-de-estiragem do filatório, alterando apenas a estiragem de processamento, produzindo os fios 7 tex e 6 tex.

O plano de produção na Toyota Máquinas Têxteis (Etapa 6) também utilizou maçarocas desenvolvidas na Etapa 4 do plano de produção na Cocamar, sendo realizado o desenvolvimento, na Toyota Máquinas Têxteis em filatório RX240E, dos fios 15 tex, 10 tex e 7 tex em sistema anel e anel compacto.

⁸¹ Fonte: Próprio Autor (2017)

4.3 Análise Global

A análise global tem o propósito de possibilitar uma visão comparativa entre os resultados obtidos relativamente aos fios produzidos com diferentes massas lineares em todas as etapas desenvolvidas e, também, aos fios produzidos com o algodão egípcio. No Quadro 4.51 apresentam-se os resultados obtidos para os fios do sistema anel penteado de 20 tex, 15 tex, 10 tex, 7 tex e 6 tex, assim como para os fios *corespun* 7 tex e 6 tex (com multifilamentos em “Z” e “S”), desenvolvidos na Cocamar Cooperativa Agroindustrial. São também apresentados os resultados dos fios anel penteado e anel compacto penteado de massas lineares 15 tex, 10 tex e 7 tex produzidos na Toyota Máquinas Têxteis. Complementando o quadro, são apresentadas as referências dos fios 10 tex e 7 tex produzidos com o algodão egípcio (variedade “Giza 86” e “Giza 88”).

No Quadro 4.52 apresentam-se os percentis da Estatística Uster para os fios do sistema anel penteado de massas lineares 20 tex, 15 tex, 10 tex, 7 tex e 6 tex, desenvolvidos na Cocamar Cooperativa Agroindustrial, os percentis para os fios anel penteado e anel compacto penteado de massas lineares 15 tex, 10 tex e 7 tex produzidos na Toyota Máquinas Têxteis, e, por fim, para os fios 10 tex e 7 tex produzidos com o algodão egípcio. Também se apresentam os percentis da Estatística Uster dos fios *corespun* 7 tex e 6 tex (com multifilamentos em “Z”), baseados em fios 100% algodão.

Quadro 4.51: Análise global dos fios – Resultados ⁸²

Análise Global dos Fios - Resultados										
Fio	20 tex Penteado	20 tex Penteado	15 tex Penteado				15 tex Penteado	15 tex Compacto	10 tex Giza 86	
Data	20/09/2015	26/09/2015	28/09/2015	30/10/2015	19/01/2016	11/06/2016	22/05/2017	22/05/2017	-	
Filatório	2 (RX 240)	26	26	26	26	26	RX 240	RX 240	G36	
Massa Linear Preparação (tex)	656	656	656	364	393	393	393	393	-	
Número amostras/ensaio	10	30	30	30	30	27	4	4	10	
Massa Linear Encontrada (tex)	19,73	19,71	14,81	14,97	14,48	14,44	14,91	15,58	-	
Torções por Metro Encontrada	801	833	955	978	1.023	1.033	943	1.003	-	
Parâmetros	Toyota RX240	Etapa 1	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 4	Etapa 6	Etapa 6	Egípcio	
CVm %	13,63	13,31	14,92	15,15	14,51	14,74	14,48	13,57	13,12	
Pontos Finos (-50%)	1,00	1,53	13,43	17,97	10,63	7,48	12,50	2,50	5	
Pontos Grossos (+50%)	41,00	22,53	80,93	82,6	82,2	81,86	65,00	48,75	43	
Neps (+200%)	49,00	17,80	53,93	77,53	73,93	83,63	116,25	70,00	107	
Pilosidade	5,76	5,25	4,39	4,35	4,97	4,83	4,31	2,88	2,09	
Tenacidade (cN/tex)	15,63	16,78	15,41	15,99	15,86	15,01	14,94	20,40	22,69	
Alongamento de Ruptura (%)	5,17	6,67	5,78	5,91	6,31	6,20	4,44	5,60	5,37	
Força de Ruptura (cN)	309	330	228	236	234	221	221	301	227	
Fio	10 tex Penteado		10 tex Penteado	10 tex Compacto	7 tex Giza 88	7 tex Penteado				
Data	28/10/2015	18/01/2015	13/06/2016	24/05/2017	24/05/2017	-	05/12/2015	15/01/2016	09/07/2016	
Filatório	26	26	26	RX 240	RX 240	G36	26	15	21	
Massa Linear Preparação (tex)	364	393	393	393	393	-	364	393	393	
Número amostras/ensaio	30	30	27	4	4	10	30	30	25	
Massa Linear Encontrada (tex)	9,88	9,47	9,81	10,08	10,50	-	7,49	7,71	7,32	
Torções por Metro Encontrada	1.462	1.493	1.511	1.218	1.384	-	1.502	1.506	1.561	
Parâmetros	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 4	Etapa 6	Etapa 6	Egípcio	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 4	
CVm %	17,57	16,88	16,87	16,45	15,29	14,08	19,64	18,7	18,86	
Pontos Finos (-50%)	118,23	79,97	50,11	72,50	13,75	11	757,63	569,87	544,84	
Pontos Grossos (+50%)	296,87	287,7	256,19	217,50	125,00	46	817,07	714,57	695,00	
Neps (+200%)	219,9	232,8	213,52	272,50	176,25	137	568,93	594,83	528,60	
Pilosidade	3,62	3,6	3,17	3,45	2,36	3,6	2,97	3,45	3,57	
Tenacidade (cN/tex)	15,54	15,76	15,00	15,85	20,18	24,66	13,78	15,3	13,34	
Alongamento de Ruptura (%)	5,67	5,93	5,85	3,67	5,65	4,34	5,68	6,05	4,50	
Força de Ruptura (cN)	153	155	148	156	199	182	102	113	98,00	
Fio	7 tex Penteado	7 tex Compacto	7 tex Corespun		6 tex Penteado		6 tex Corespun			
Data	30/05/2017	30/05/2017	28/06/2017	28/06/2017	14/01/2016	15/01/2016	23/07/2016	28/06/2017	28/06/2017	
Filatório	RX 240	RX 240	15	15	15	15	21	15	15	
Massa Linear Preparação (tex)	393	393	393	393	363	393	393	393	393	
Número amostras/ensaio	4	4	Z*	S*	30	30	25	Z*	S*	
Massa Linear Encontrada (tex)	7,30	7,75	7,49	7,41	6,01	5,85	5,90	5,97	5,95	
Torções por Metro Encontrada	1.498	1.621	1.567	1.539	1.790	1.814	1.907	1.694	1.670	
Parâmetros	Etapa 6	Etapa 6	Etapa 5	Etapa 5	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 4	Etapa 5	Etapa 5	
CVm %	18,48	16,94	17,52	19,09	22,34	21,81	20,71	20,49	23,2	
Pontos Finos (-50%)	607,50	252,50	245	645	1683,53	1580,77	1040,32	1000	2090	
Pontos Grossos (+50%)	603,75	391,25	575	820	1478,43	1355,7	1070,27	980	1830	
Neps (+200%)	803,75	487,50	455	635	1001,13	991,43	752,00	1020	1655	
Pilosidade	3,21	2,10	3,3	3,18	3,23	3,27	2,26	3,09	3,2	
Tenacidade (cN/tex)	13,09	18,07	15,74	14,36	12,96	13,1	12,24	14,85	13,97	
Alongamento de Ruptura (%)	4,28	4,58	6,25	7,14	5,37	4,91	4,63	13,36	13,87	
Força de Ruptura (cN)	97	133	114	104	76	77	72,00	88	83	
Z* e S* - Sentido de torção do filamento contínuo										

⁸² Fonte: Próprio Autor (2017)

Quadro 4.52: Análise global dos fios – Estatística Uster⁸³

Análise Global dos Fios - Estatística Uster										
Fio	20 tex Penteado	20 tex Penteado	15 tex Penteado				15 tex Penteado	15 tex Compacto	10 tex Giza 86	
Data	20/09/2015	26/09/2015	28/09/2015	30/10/2015	19/01/2016	11/06/2016	22/05/2017	22/05/2017	-	
Filatório	2 (RX 240)	26	26	26	26	26	RX 240	RX 240	G36	
Massa Linear Preparação (tex)	656	656	656	364	393	393	393	393	-	
Número amostras/ensaio	10	30	30	30	30	27	4	4	10	
Massa Linear Encontrada (tex)	19,73	19,71	14,81	14,97	14,48	14,44	14,91	15,58	-	
Torções por Metro Encontrada	801	833	955	978	1.023	1.033	943	1.003	-	
Parâmetros	Toyota RX240	Etapa 1	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 4	Etapa 6	Etapa 6	Egípcio	
CVm %	73%	65%	75%	80%	68%	73%	66%	>95%	50%	
Pontos Finos (-50%)	25%	39%	93%	>95%	86%	76%	92%	65%	50%	
Pontos Grossos (+50%)	75%	51%	85%	86%	86%	86%	80%	>95%	75%	
Neps (+200%)	49%	6%	35%	53%	51%	56%	71%	78%	86%	
Pilosidade	>95%	79%	65%	63%	94%	87%	62%	20%	5%	
Tenacidade	67%	55	72%	68%	68%	76%	76%	64%	50%	
Alongamento de Ruptura	58%	< 5%	22%	17%	5%	5%	88%	46%	50%	
Força de Ruptura	67%	55%	72%	68%	66%	77%	76%	64%	46%	
Fio	10 tex Penteado		10 tex Penteado	10 tex Compacto	7 tex Giza 88		7 tex Penteado			
Data	28/10/2015	18/01/2015	13/06/2016	24/05/17	24/05/2017	-	05/12/2015	15/01/2016	09/07/2016	
Filatório	26	26	26	RX 240	RX 240	G36	26	15	21	
Massa Linear Preparação (tex)	364	393	393	393	393	-	364	393	393	
Número amostras/ensaio	30	30	27	4	4	10	30	30	25	
Massa Linear Encontrada (tex)	9,88	9,47	9,81	10,08	10,50	-	7,49	7,71	7,32	
Torções por Metro Encontrada	1.462	1.493	1.511	1.218	1.384	-	1.502	1.506	1.561	
Parâmetros	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 4	Etapa 6	Etapa 6	Egípcio	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 4	
CVm %	>95%	>95%	>95%	>95%	>95%	19%	>95%	>95%	>95%	
Pontos Finos (-50%)	>95%	>95%	>95%	>95%	87%	13%	>95%	>95%	>95%	
Pontos Grossos (+50%)	>95%	>95%	>95%	>95%	>95%	30%	>95%	>95%	>95%	
Neps (+200%)	85%	87%	84%	94%	>95%	48%	>95%	>95%	>95%	
Pilosidade	69%	67%	31%	57%	24%	95%	48%	85%	93%	
Tenacidade	>95%	>95%	>95%	>95%	79	28%	>95%	>95%	>95%	
Alongamento de Ruptura	22%	12%	15%	>95%	26	88%	16%	< 5%	80%	
Força de Ruptura	>95%	>95%	>95%	>95%	79	11%	>95%	>95%	>95%	
Fio	7 tex Penteado	7 tex Compacto	7 tex Corespun		6 tex Penteado			6 tex Corespun		
Data	30/05/2017	30/05/2017	28/06/2017	28/06/2017	14/01/2016	15/01/2016	23/07/2016	28/06/2017	28/06/2017	
Filatório	RX 240	RX 240	15	15	15	15	21	15	15	
Massa Linear Preparação (tex)	393	393	393	393	363	393	393	393	393	
Número amostras/ensaio	4	4	Z*	S*	30	30	25	Z*	S*	
Massa Linear Encontrada (tex)	7,30	7,75	7,49	7,41	6,01	5,85	5,90	5,97	5,95	
Torções por Metro Encontrada	1.498	1621	1.567	1.539	1.790	1.814	1.907	1.694	1.670	
Parâmetros	Etapa 6	Etapa 6	Etapa 5	Etapa 5	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 4	Etapa 5	Etapa 5	
CVm %	>95%	>95%	>95%	>95%	>95%	>95%	>95%	>95%	>95%	
Pontos Finos (-50%)	>95%	>95%	>95%	>95%	>95%	>95%	>95%	>95%	>95%	
Pontos Grossos (+50%)	>95%	>95%	>95%	>95%	>95%	>95%	>95%	>95%	>95%	
Neps (+200%)	>95%	>95%	>95%	>95%	>95%	>95%	>95%	>95%	>95%	
Pilosidade	69%	34%	75%	65%	91%	93%	5%	81%	89%	
Tenacidade	>95%	>95%	>95%	>95%	>95%	>95%	>95%	>95%	>95%	
Alongamento de Ruptura	90%	>95%	< 5%	< 5%	17%	43%	61%	< 5%	< 5%	
Força de Ruptura	>95%	>95%	>95%	>95%	>95%	>95%	>95%	>95%	>95%	
Z* e S* - Sentido de torção do filamento continuo < menor que 5% > maior que 95%										

⁸³ Fonte: Próprio Autor (2017)

Como era de se esperar, com a redução da massa linear dos fios verifica-se um aumento de irregularidades referentes a parâmetros de massa e a redução de parâmetros dinamométricos, principalmente aqueles relacionados com a característica de força de ruptura, considerando os mesmos sistemas de fição e composições. Em relação aos fios produzidos no sistema anel penteado, desenvolvidos na Cocamar, destacam-se os fios da Etapa 3 como sendo os que apresentaram melhores parâmetros dinamométricos e os da Etapa 4, com os melhores resultados em relação aos parâmetros de massa. Na Etapa 3 realizaram-se ajustes de massas lineares de passadeiras e maçarqueiras após a obtenção de resultados dos primeiros fios produzidos na Etapa 2, enquanto na Etapa 4 realizaram-se ajustes de penteadeira e efetuou-se a inserção da terceira passagem no processo de produção.

Comparando estes resultados com aqueles relativos aos fios produzidos na Toyota Máquinas Têxteis, verifica-se que os fios produzidos no sistema anel penteado apresentaram características semelhantes aos fios produzidos na Cocamar e os fios produzidos no sistema compacto penteado apresentaram os melhores resultados de entre todos os fios produzidos em todas as etapas.

Em relação aos fios *corespun*, obteve-se melhores resultados com os fios produzidos com o multifilamento de poliamida 6.6 com sentido de torção em “Z”, isto devido ao fato de o sentido de torção ser o mesmo do da produção dos fios. Os fios *corespun* (“Z”) apresentaram resultados de parâmetros de massa e dinamométricos melhores que os fios produzidos no sistema anel penteados, salientando-se que o fio com massa linear 7 tex não atingiu a qualidade do fio compacto produzido na Toyota Máquinas Têxteis.

Quanto à qualidade dos fios desenvolvidos nas primeiras 4 Etapas, observa-se por meio do fio referencial (15 tex) que os materiais processados no plano de ensaios apresentaram resultados similares, havendo uma pequena vantagem em relação aos neps da Etapa 1, no entanto, houve ganhos em relação a tenacidade e força de ruptura para as Etapas 2 e 3, e menor índice de pontos finos para a Etapa 4, fato este que demonstra que mesmo com os ajustes de cada etapa não se obteve melhoria nos resultados do fio referencial, como era esperado.

No que respeita ao Quadro 4.52, exibem-se os parâmetros de percentis da Estatística Uster dos fios produzidos nos planos de ensaios da Cocamar e no plano de ensaios da Toyota Máquinas Têxteis. Destaca-se que os fios desenvolvidos com algodão brasileiro não apresentaram características similares aos fios produzidos com algodão egípcio, como pode ser observado no comparativo da análise global.

4.4 Análise de Microscopia de Fios

Para se tentar entender a estrutura dos fios, decidiu-se efetuar cortes transversais nos mesmos e realizar ensaios de microscopia com o intuito de visualizar a disposição e a quantidade de fibras por secção do fio. Foram efetuadas análises de microscopia dos fios 15 tex, 10 tex, 7 tex e 6 tex anel penteado (Etapa 4), assim como análises dos fios 7 tex anel compacto penteado (Etapa 6) e dos fios 7 tex e 6 tex *corespun* “Z” (Etapa 5).

Perante esta demanda, utilizou-se o *Scanning Electron Microscopy* (SEM) do Serviço de Caracterização de Materiais (SEMAT) da Universidade do Minho (Guimarães – Portugal). O microscópio utilizado é apresentado na Figura 4.9.

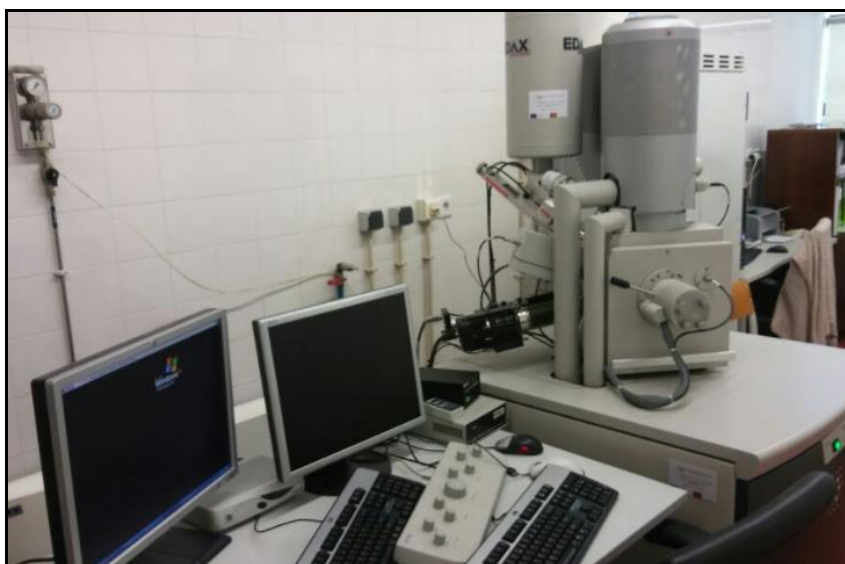


Figura 4.9: *Scanning Electron Microscopy* (SEM) – FEI Nova NanoSEM 200⁸⁴

Após a preparação das amostras e a realização dos ensaios, obtiveram-se as imagens apresentadas na Figura 4.10.

⁸⁴ Fonte: Universidade do Minho (2017)

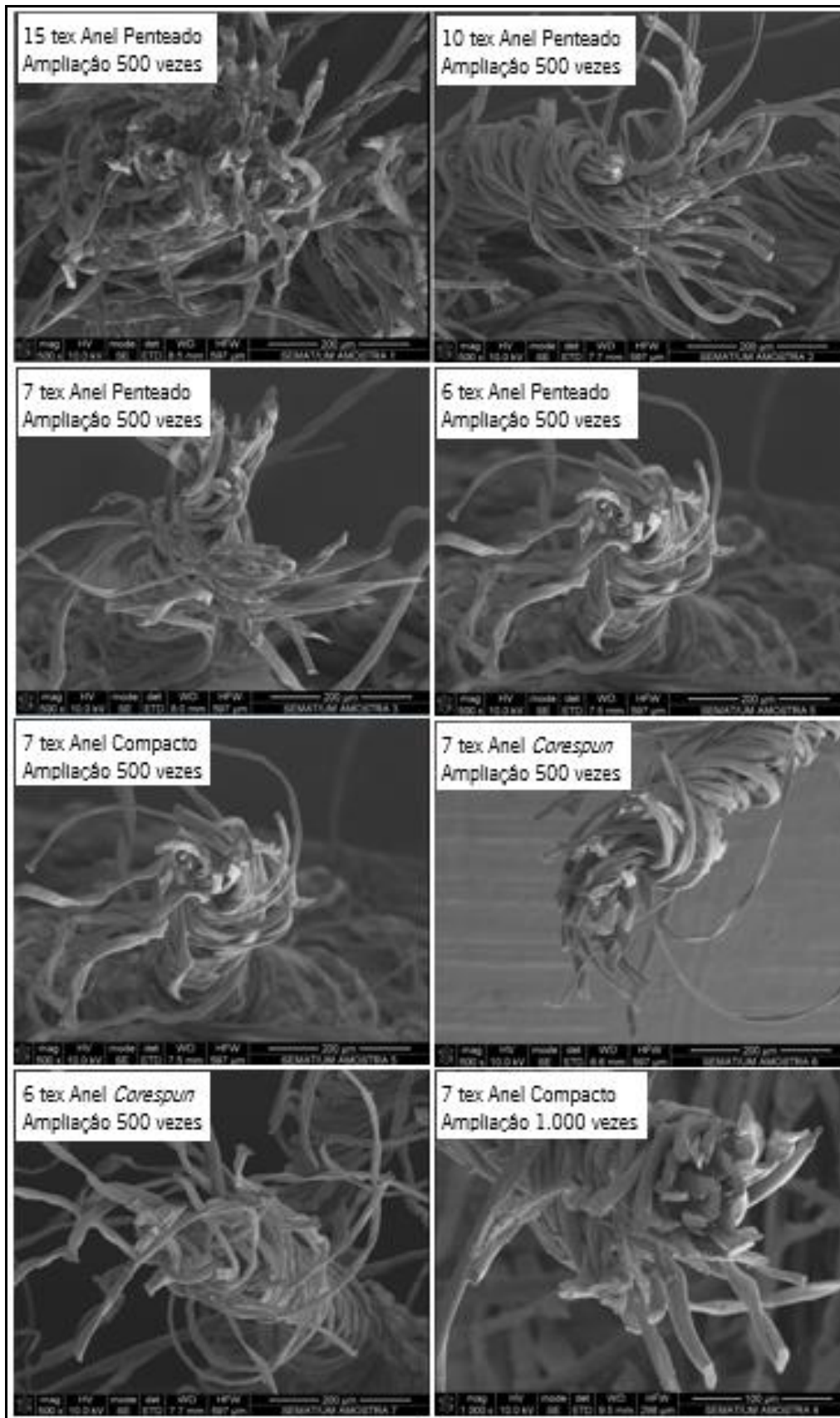


Figura 4.10: Imagens das estruturas dos fios⁸⁸

Verifica-se que a identificação das estruturas dos fios é possível por meio das imagens, no entanto, há dificuldade em quantificar as fibras por secção dos fios. Os fios *corespun* não possibilitam a identificação na sua estrutura dos multifilamentos de poliamida, pois o método de corte provavelmente terá danificado a estrutura das fibras.

Em face dos resultados obtidos, definiu-se a realização de novos ensaios de microscopia a partir do revestimento das fibras com resina *EPOFIX*, o qual foi possível em consequência do fornecimento de resina e da preparação das amostras por intermédio do laboratório de microscopia da Escola de Engenharia de Polímeros da Universidade do Minho (Guimarães – Portugal). A Figura 4.11 apresenta algumas fases de preparação das amostras.

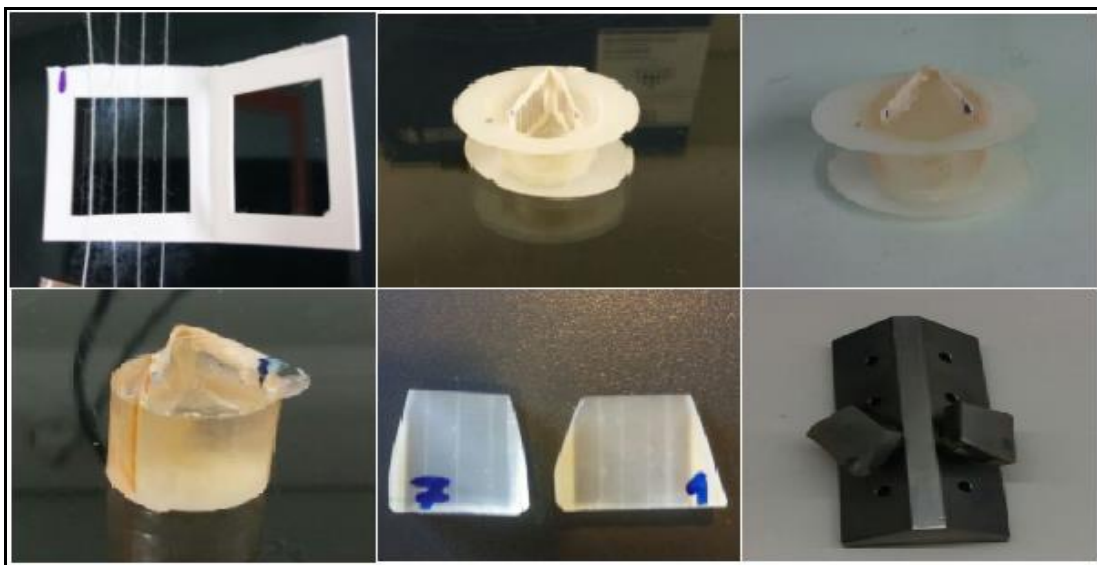


Figura 4.11: Preparação de amostras de fios com resina *EPOFIX*⁸⁵

Posteriormente ao revestimento e ao corte transversal das amostras de fio revestidas com a resina, realizaram-se novos ensaios no *Scanning Electron Microscopy* (SEM), os quais geraram as imagens apresentadas na Figura 4.12. Do mesmo modo que na análise anterior, foram efetuadas análises de microscopia dos fios 15 tex, 10 tex, 7 tex e 6 tex anel penteado (Etapa 4), assim como análises dos fios 7 tex anel compacto penteado (Etapa 6) e dos fios 7 tex e 6 tex *corespun Z* (Etapa 5).

⁸⁵ Fonte: Universidade do Minho (2017)

⁸⁶ Fonte: Universidade do Minho (2017)

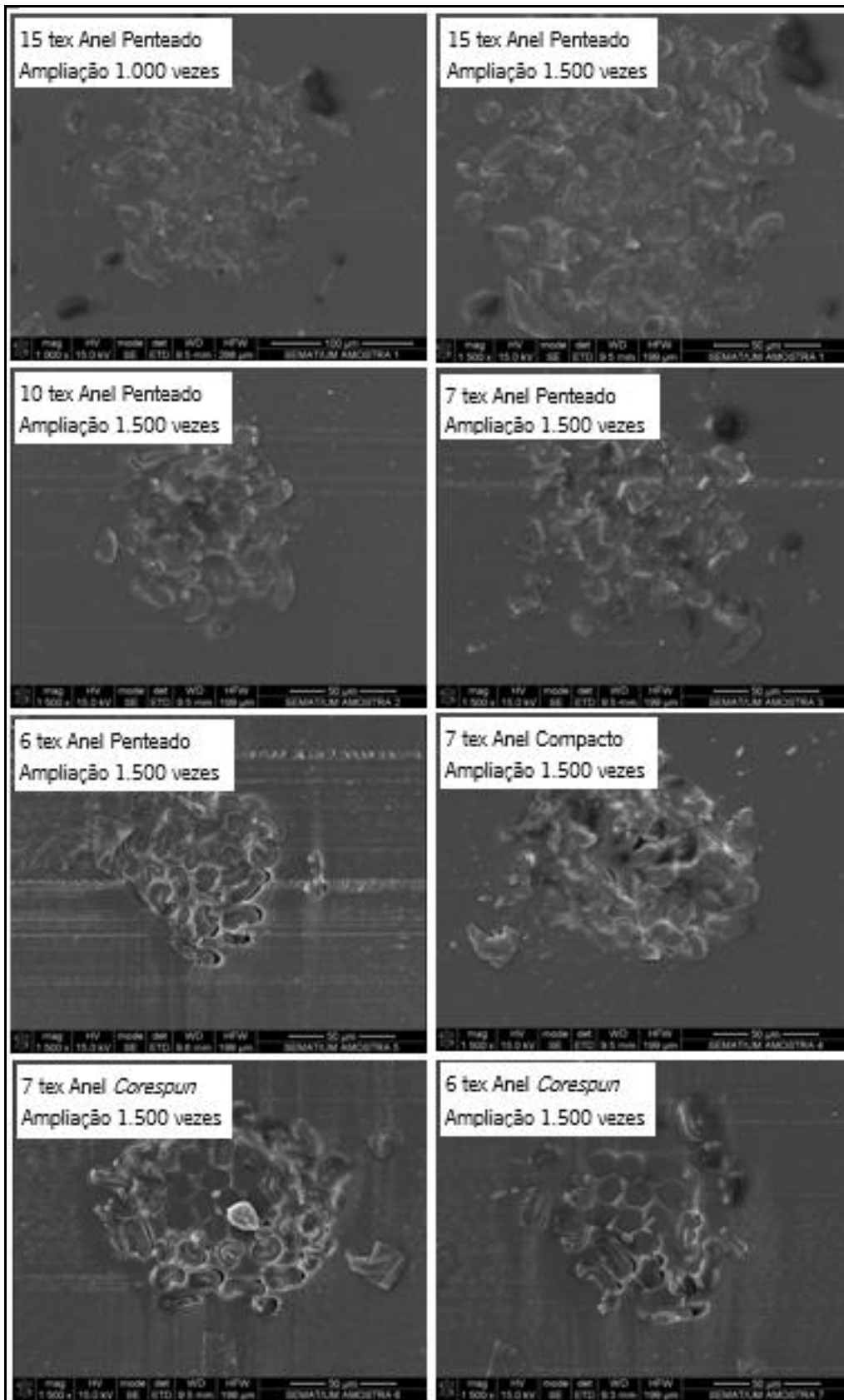


Figura 4.12: Imagens de cortes transversais de fios resinados⁸⁷

⁸⁷ Fonte: Universidade do Minho (2017)

Tal como era expectável, verifica-se na Figura 4.12 a redução do número de fibras por secção do fio conforme a redução da massa linear do fio. Também é possível observar a diferença entre as estruturas do fio 7 tex anel penteado e as do fio 7 tex anel compacto, assim como a distribuição das fibras dos multifilamentos de poliamida na formação dos fios 7 tex e 6 tex *corespun*, evidenciando-se a melhor estrutura e distribuição central dos multifilamentos de poliamida na formação do fio 7 tex *corespun*.

Utilizaram-se as Equações 2.11 e 2.12 para se efetuar o cálculo da quantidade de fibras por secção transversal dos fios. Adotaram-se nos fios as massas lineares encontradas nos ensaios e, quanto ao micronaire das fibras, o valor médio encontrado nos ensaios HVI do algodão (índice de 3,9). Com recurso às imagens das Figuras 4.10 e 4.12 foi possível efetuar a contagem das fibras por secção transversal de cada fio e compará-las com o cálculo, cujos resultados são apresentados no Quadro 4.53.

Quadro 4.53: Contagem de fibras por secção do fio⁸⁸

Fio (tex)	Fibras por secção		Redução de fibras (%)
	Cálculo	Contagem	
15 Anel Penteado	94	79	15,96
10 Anel Penteado	64	49	23,44
7 Anel Penteado	47	40	14,89
6 Anel Penteado	38	28	26,31
7 Anel Compacto	50	40	20,00
7 Correspun Z*	38+10*	36+10*	5,26
6 Correspun Z*	28+10*	20+10*	28,57

Observa-se um número menor de fibras por secção transversal dos fios em resultado da contagem por meio das imagens de microscopia do que o obtido pelos cálculos realizados por intermédio das Equações 2.11 e 2.12. Embora possam ter ocorrido algumas variações na quantidade de fibras na secção transversal dos fios durante a preparação das amostras, isto devido à secção de análise, os resultados são semelhantes para a maioria das amostras, exceto para o fio 7 tex *corespun*. Consequentemente, esta redução de fibras por secção transversal dos fios pode ter tido influência nos resultados obtidos na produção dos fios, justificando principalmente a redução de resistência. Outro ponto que pode estar relacionado com esta redução refere-se ao micronaire obtido nos ensaios HVI após ajustes de penteadeira na Etapa 4 (Quadro 4.34), pois obteve-se nos

⁸⁸ Fonte: Próprio Autor (2017)

ensaios resultados de micronaire próximos do índice de 4,45 e estes valores justificariam tanto a redução no número de fibras por seção transversal do fio quanto a queda na resistência do fio.

4.5 Construção de Tecido Plano

Para se determinar qual seria o comportamento do fio na tecelagem, foi efetuada a confecção de tecido plano para, na sequência, se determinar o andamento e a resistência do tecido. Em função da quantidade reduzida de fios disponíveis, definiu-se que seriam utilizados mediante a sua inserção na trama do tecido plano.

Para a realização dos ensaios, adotou-se o tear plano da marca Dornier (tear de pinças) da Universidade do Minho, conforme apresentado na Figura 4.13.



Figura 4.13: Tear Plano Dornier⁸⁹

O tear possuía no seu urdume fios com massa linear 49 tex (50% algodão / 50% poliéster), com densidade de 24 fios por centímetro, e o mesmo estava programado para confecção de tecido duplo, com padronagem de ligação apresentada na Figura 4.14.

⁸⁹ Fonte: Universidade do Minho (2017)

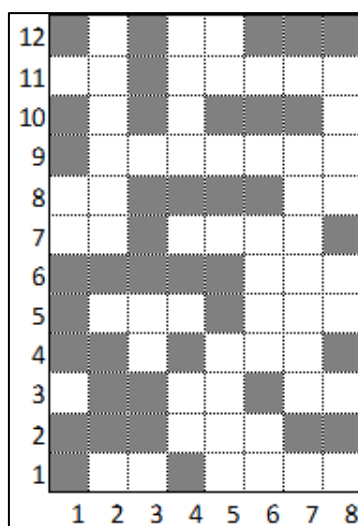


Figura 4.14: Padronagem⁹⁰

Dada a disponibilidade de fios e da quantidade necessária para a produção de faixas de 6 centímetros de tecido para cada amostra, realizaram-se os ensaios utilizando os fios 15 tex, 10 tex e 7 tex anel penteado (Etapa 4), 7 tex anel compacto penteado (Etapa 6) e fio 6 tex *corespun* Z (Etapa 5).

Em face desta demanda, programou-se o tear com a velocidade de 280 inserções por minuto e realizou-se a programação conforme o Quadro 4.54.

Quadro 4.54: Programação de inserções de trama⁹¹

Amostra / Fio	Inserções / cm
Fio 15 tex Anel Penteado	50
Fio 10 tex Anel Penteado	70
Fio 7 tex Anel Penteado	70
Fio 7 tex Anel Penteado	110
Fio 7 tex Anel Compacto Penteado	110
Fio 6 tex <i>corespun</i> Z	150

A adoção dos respetivos valores de inserções de fios por centímetro ocorreu levando-se em consideração a formação e o aspeto do tecido. Observou-se na produção do tecido que os fios tiveram um bom andamento, possibilitando desta forma a confeção de faixas de tecido com 6 centímetros de largura para as suas respetivas amostras de fios.

⁹⁰ Fonte: Universidade do Minho (2017)

⁹¹ Fonte: Próprio Autor (2017)

Depois de terem sido produzidos os tecidos, efetuaram-se os ensaios dinamométricos, no âmbito dos quais foram preparados, para cada amostra de tecido, dois corpos de prova (CP) para se realizarem os ensaios de resistência no sentido da trama (método resistência de tiras), tendo, para este efeito, sido utilizado o dinamómetro localizado no laboratório de física têxtil da Universidade do Minho, conforme apresentado na Figura 4.15.



Figura 4.15: Dinamómetro Hounsfield H100 KS⁹²

Após a definição dos parâmetros de ensaios (apêndice 16), obteve-se os resultados de resistência que são apresentados no Quadro 4.55.

⁹² Fonte: Universidade do Minho (2017)

Quadro 4.55: Resistência de tecidos (Sentido da trama)⁹³

Fio (tex e inserções por cm)		Resistência (N)	Coefficiente de Variação (%)	Alongamento (%)	Coefficiente de Variação (%)
15 tex Anel Penteado (50 inserções/cm)	CP 01	537	-	14,10	-
	CP 02	571	-	13,69	-
	Média	554	4,309	13,89	2,099
10 tex Anel Penteado (70 inserções/cm)	CP 01	416	-	11,94	-
	CP 02	523	-	12,90	-
	Média	469	16,170	12,42	5,470
7 tex Anel Penteado (70 inserções/cm)	CP 01	347	-	12,60	-
	CP 02	382	-	12,90	-
	Média	364	6,760	12,75	1,664
7 tex Anel Penteado (110 inserções/cm)	CP 01	537	-	12,90	-
	CP 02	530	-	12,19	-
	Média	534	0,894	12,54	4,016
7 tex Anel Compacto (110 inserções/cm)	CP 01	634	-	12,44	-
	CP 02	710	-	12,49	-
	Média	672	8,050	12,46	0,270
6 tex <i>corespun</i> Z (150 inserções/cm)	CP 01	721	-	22,60	-
	CP 02	734	-	23,66	-
	Média	728	1,312	23,13	3,248

Como seria expectável, a redução da massa linear dos fios é acompanhada por uma redução na resistência do tecido (sentido da trama), como pode ser observado no resultado dos fios 10 tex e 7 tex anel penteado com 70 inserções por centímetro, embora quando do acréscimo de densidade dos fios por centímetro no fio 7 tex anel penteado para 110 inserções por centímetro, há consequentemente o aumento da resistência, resultando na aproximação do seu valor obtido com o resultado do fio referência 15 tex anel penteado com 50 inserções por centímetro.

No caso do fio com massa linear 10 tex anel penteado, o valor obtido não foi satisfatório, assim, seria necessário um aumento gradativo de densidade dos fios (aumento de inserção de fios por centímetro) de forma a alcançar-se um equilíbrio na resistência do tecido e equiparar-se a amostra do fio referência 15 tex anel penteado.

Verificaram-se resultados satisfatórios para o fio com massa linear 7 tex anel penteado com 110 inserções por centímetro, contudo ao compara-lo com o fio 7 tex anel compacto penteado com 110 incersões por centímetro, se tem neste últimos resultados melhores, consequentemente pelo sistema de produção.

⁹³ Fonte: Próprio Autor (2017)

Embora o fio 6 tex *corespun* (Z) seja o fio com menor massa linear utilizado na confecção do tecido, os resultados obtidos com 150 inserções por centímetro foram consideravelmente satisfatórios.

Os resultados obtidos na construção do tecido plano são capazes de contribuir para validar o objetivo de confecção de fios com baixa massa linear utilizando o algodão brasileiro.

4.6 Análise de Custos

Devido ao fato de os ensaios, na sua maioria, serem realizados na fiação da Cocamar Cooperativa Industrial, definiu-se utilizar a assessoria da empresa Analysis para a composição dos custos. A Analysis é a empresa responsável pela elaboração de custos da Cooperativa e delineou alguns procedimentos para padronizar o método utilizado na simulação do custo dos fios produzidos nesta pesquisa.

- a) Adotou-se uma linha de produção de fios denominada “linha longa”, composta por quatorze (14) filatórios Toyota RX240 equipados com um mil e duzentos (1.200) fusos cada. Para se ter o custo do fio é necessário determinar e efetuar a somatória dos custos industriais, custos de matéria-prima e custos de embalagens;
- b) Com o intuito de se manter um padrão comparativo e compor o custo entre os diferentes fios produzidos no plano de ensaios, realizou-se a simulação de produção de cada fio em seis (6) filatórios destinados a fios penteados. Os demais filatórios estão distribuídos entre os fios cardados e mistos (Poliéster/Algodão), mantendo-se fixa esta configuração para todas as simulações;
- c) A linha longa possui um custo de fabricação já pré-determinado (R\$ 1.172.395,96) contendo os custos de mão-de-obra, energia, manutenção e outros (material de segurança, material de limpeza, telefone, combustíveis, seguros, serviço de copa e limpeza, segurança patrimonial, café, lanches e refeições). Este custo de fabricação foi rateado pelos fios produzidos na linha, conforme as suas respectivas massas lineares e produções em quilogramas por dia;
- d) Para a realização da simulação, utilizaram-se as Equações 2.8 (capítulo 2), Equações A5.1 e A5.2 (Anexo 5) e efetuou-se os cálculos de produção (Kg/dia) dos fios produzidos com base na produção em filatórios Toyota RX240, conforme apresentado no Quadro 4.56.

Quadro 4.56: Produção (Kg/dia)⁹⁴

Massa Linear (tex)	Coefficiente de Torção (tex)	RPM do fuso	Eficiência (%)	Produção (Kg/dia)
20	3.800	17.000	94	649,95
15	3.800	17.000	94	422,16
10	4.000	17.000	94	218,30
7	4.100	17.000	94	124,73
6	4.400	17.000	94	92,23

Como seria de se esperar, verifica-se no Quadro 4.56 que há uma redução de aproximadamente 86% na produção do fio com massa linear 6 tex em relação ao fio 20 tex, fato este previamente mencionado por fiações do Paraná em pesquisa de fatores que limitam a produção de fios extrafinos, conforme apresentado no Quadro 4.1;

- e) Utilizou-se a Equação A5.3 (Anexo 5) para se efetuar o cálculo de produção em Quilogramas por mês de cada fio na linha de produção, enquanto a Equação A5.4 (Anexo 5) foi utilizada para se efetuar o cálculo do custo industrial de cada fio (R\$/Kg);
- f) Para a realização dos cálculos do custo da matéria-prima, definiu-se o preço da mesma utilizando as cotações por meio de indicadores comerciais. Os preços cotados são apresentados no Quadro 4.57;

Quadro 4.57: Cotações de matéria-prima⁹⁵

MATÉRIA-PRIMA	COTAÇÃO (R\$/Kg)	Fonte
Algodão Egípcio Giza 86	10,94	CATGO(2016)
Algodão American Pima	11,14	CATGO(2016)
Algodão Egípcio Giza 86 Adicionado tarifas de importação, fretes marítimo e rodoviários, e linha de recuperação de impostos	15,42	Brunholi (2017a)
Algodão Brasileiro	6,04	CEPEA-Esalq (2017)
Poliamida 6.6 (multifilamento)	55,00	Fornecedor (2017)

Cotação em Reais do Dólar Americano - R\$ 3,12 (CEPEA-Esalq, 2017)

- g) Aplicando-se as Equações A5.5, A5.6 e A5.7 (anexo 5), realizaram-se os cálculos do custo da matéria-prima com ICMS (ICMS 12%), o cálculo da previsão de consumo de matéria-prima para produzir determinado peso de fio e o cálculo do custo total da matéria-prima por quilograma de fio;
- h) Adotou-se o custo de embalagens (cones de papelão, caixas de papelão, sacos plásticos e etiquetas) pré-definido para a linha produtiva (linha longa);

⁹⁴ Fonte: Próprio Autor (2017)

⁹⁵ Fonte: CATGO (2016), Brunholi (2017b), CEPEA-Esalq (2017) e Fornecedor de poliamida (2016)

- i) Com base nos fios desenvolvidos no plano de ensaios e no cálculo de custos industriais, custos de matéria-prima utilizada e custos de embalagens, elaborou-se o custo de produção dos fios, conforme apresentado no Quadro 4.58.

Quadro 4.58: Custo de produção de fios⁹⁶

Custo de Produção de Fios							
Descrição	kg/Máquina 24 h	Quebra da Matéria-prima	Matéria Prima (MP)	R\$/kg			
				Custo MP	Custo Industrial	Custo Embalagens	Custo Total
20 tex Penteado	649,95	27,00%	100% Algodão Brasileiro	9,22	4,29	0,25	13,76
15 tex Penteado	422,16	27,00%	100% Algodão Brasileiro	9,22	6,61	0,25	16,08
	422,16	37,00%	100% Algodão Brasileiro	10,68	6,61	0,25	17,54
10 tex Penteado	218,30	27,00%	100% Algodão Brasileiro	9,22	12,79	0,25	22,26
	218,30	37,00%	100% Algodão Brasileiro	10,68	12,79	0,25	23,72
	218,30	25,00%	100% Algodão Egypcio	20,15	12,79	0,25	33,19
7 tex Penteado	124,73	27,00%	100% Algodão Brasileiro	9,22	22,38	0,25	31,85
	124,73	37,00%	100% Algodão Brasileiro	10,68	22,38	0,25	33,31
	124,73	25,00%	100% Algodão Egypcio	20,15	22,38	0,25	42,78
	124,73	22,17%	77% Algodão Brasileiro x 23% Poliamida 6.6	19,75	22,38	0,25	42,38
6 tex Penteado	92,23	27,00%	100% Algodão Brasileiro	9,22	30,27	0,25	39,74
	92,23	37,00%	100% Algodão Brasileiro	10,68	30,27	0,25	41,20
	92,23	25,00%	100% Algodão Egypcio	20,15	30,27	0,25	50,67
	92,23	21,26%	73% Algodão Brasileiro x 27% Poliamida 6.6	21,58	30,27	0,25	52,10

Observa-se no Quadro 4.58 o comparativo de custo dos fios produzidos nesta pesquisa, o qual se efetuou com recurso a simulações contendo diferentes massas lineares, diferentes índices de quebras de matéria-prima, utilização do algodão brasileiro, utilização do algodão egípcio e custo do fio com a mistura de algodão brasileiro e poliamida 6.6.

Verifica-se que, no que concerne aos fios que utilizam algodão brasileiro e que possuem 27% de percentual de quebra de matéria-prima, os custos de matéria-prima e de embalagens são idênticos, alterando-se apenas o custo industrial de produção, assim, conforme se reduz a massa linear dos fios, há um acréscimo no custo industrial e, conseqüentemente, um custo total maior na produção de fios mais finos.

Observando-se os dados relativos aos fios produzidos com algodão brasileiro, verifica-se que com a alteração do percentual de quebra de matéria-prima de 27% para 37%, obtém-se como consequência o aumento do custo da matéria-prima e um valor maior no que respeita ao custo total do fio. Os fios produzidos no plano de ensaios com 15% e 25% de quebra de matéria-prima no processo de penteadeira possuem um adicional de 12% de quebra de matéria-prima relacionado com os processos de limpeza da sala de abertura (batedor) e cardas.

⁹⁶ Fonte: Brunholi (2017b)

Quanto à utilização de algodão egípcio, verifica-se que mesmo com custo idêntico de produção e de embalagem, e com percentual de 25% de quebra de matéria-prima, o fio apresenta um maior custo total de produção, isto, obviamente, devido ao valor de cotação atribuído à matéria-prima.

A utilização da poliamida em mistura com o algodão brasileiro provocou um aumento no custo da matéria-prima, devido ao valor cotado para o filamento contínuo. Em comparação com o fio produzido com algodão egípcio, tem-se um custo total inferior para o fio *corespun* com massa linear 7 tex e um custo total superior para o fio *corespun* com massa linear 6 tex, isto devido ao pormenor de a composição de poliamida ser superior no fio com massa linear 6 tex. Ambas as hipóteses são inviabilizadas neste estudo devido ao elevado custo da poliamida.

5. Conclusões e Perspetivas Futuras

Neste trabalho foi efetuado, numa primeira fase, um estudo sobre os dados técnicos do algodão brasileiro e do algodão egípcio. As características da fibra do algodão brasileiro apresentaram resultados com uma regularidade nos valores médios obtidos, obtendo-se 29 mm de comprimento, 81% de uniformidade, 30 grama-força por tex de tenacidade e finura com 3,9 de micronaire, caracterizando-a como fibra média. Os resultados obtidos na análise ao algodão egípcio apresentaram comprimentos de fibra entre 32 e 36 mm, uniformidade de 84% a 88% e tenacidade de 35 a 56 grama-força por tex, com resultados insatisfatórios apenas em relação à finura (micronaire), com valores entre 3,67 e 5,32, variação esta que provavelmente poderia estar relacionada com as regiões do plantio ou a variedade produzida (exemplo: variedades Giza 86 e Giza 88), das quais se destaca a produção de algodão egípcio de fibras longas e extralongas. Adotando-se o algodão egípcio variedade Giza 88 utilizado na produção do fio base com massa linear 7 tex, obteve-se um comprimento de fibras entre 36 e 38 mm, uniformidade acima de 86% e tenacidade entre 40 e 44 grama-força por tex, características que justificam os melhores parâmetros na produção do fio utilizando algodão egípcio, pois a tenacidade maior das fibras é diretamente proporcional à resistência do fio, assim como acontece em relação ao comprimento, na medida em que quanto maior o seu valor, maior o número de pontos de coesão entre as fibras, resultando numa maior resistência e regularidade do fio.

Foi realizada na fiação Cocamar Cooperativa Agroindustrial a produção em 5 etapas dos fios utilizando o algodão brasileiro, produzindo-se os fios anel penteado 15 tex, 10 tex, 7 tex e 6 tex e os fios *corespun* com massas lineares 7 tex e 6 tex. Como não foi possível produzir nesta unidade fabril os fios compactos, foram enviados materiais para a Toyota Máquinas Têxteis (sede no Japão), onde se produziram os fios compactos e os fios anéis penteado com massas lineares 15 tex, 10 tex e 7 tex, consolidando assim a conceção da produção de fios com baixa massa linear utilizando o algodão brasileiro.

Relativamente aos dados obtidos nos parâmetros da Estatística Uster nos diferentes setores de produção, obteve-se os seguintes percentis: entre 81% e 95% da Estatística Uster na passadeira de segunda passagem em linha de produção (Etapas 1, 3 e 4), com 1 ensaio superior a 95% (Etapa 2), no entanto, aquando do desenvolvimento do plano de ensaios Cocamar, todos os percentis obtidos foram superiores a 95% na Estatística Uster. O mesmo ocorreu no processo de

maçaroqueira, pois aquando dos ensaios do material em linha de produção, estes apresentaram percentis entre 50% e 95% da estatística, enquanto no momento do desenvolvimento do plano de ensaios os percentis foram superiores a 95% da Estatística Uster (Etapas 2, 3 e 4). Salienta-se que mesmo no desenvolvimento da Etapa 4, com 3 passagens, obteve-se o percentil de passadeira de terceira passagem com 82% na Estatística Uster e o percentil da maçaroqueira foi superior a 95% na Estatística Uster. Conclui-se que o algodão brasileiro não apresentou resultados satisfatórios para as massas lineares utilizadas nos setores de preparação da linha de produção, no entanto, ressalta-se que novos estudos podem ser propostos, realizando, por exemplo, novos ajustes de escartamentos, ajustes de pré-estiragem e estiragens, objetivando uma melhor adequação fibra-equipamento.

Os fios produzidos não apresentaram resultados satisfatórios, pois não foi possível a obtenção de características similares aos fios produzidos com o algodão egípcio, com destaque para os parâmetros de regularidade de massa e parâmetros dinâmométricos. Verifica-se que os fios produzidos com o algodão brasileiro apresentaram valores de parâmetros de massa (coeficiente de variação de massa, pontos finos, pontos grossos e neps) consideravelmente elevados em relação aos parâmetros de massa dos fios produzidos com algodão egípcio, pois, adotando-se como base o fio com massa linear 7 tex penteado produzido com algodão egípcio, variedade Giza 88, obtém-se, no que aos parâmetros de Estatística Uster diz respeito, respetivamente, percentil de 19% (14,08 CVm%/1000m), 13% (11 pontos finos/1000m), 30% (46 pontos grossos/1000m) e 48% (137 neps/1000m). Quanto aos fios com massas lineares 10 tex, 7 tex e 6 tex produzidos com algodão brasileiro, estes apresentaram percentis superiores a 95% da Estatística Uster, com valores de: 16,87% de CVm/1000m, 50 pontos finos/1000m, 256 pontos grossos/1000m e 213 neps/1000m para o fio com massa linear 10 tex; 18,86% de CVm/1000m, 545 pontos finos/1000m, 695 pontos grossos/1000m e 529 neps/1000m para o fio com massa linear 7 tex; e 20,71% CVm/1000m, 1040 pontos finos/1000m, 1070 pontos grossos/1000m e 752 neps/1000m para o fio com massa linear 6 tex, sendo estes os melhores valores entre os fios produzidos em cada etapa. Quanto aos parâmetros dinâmométricos (tenacidade e força de rutura), houve uma redução dos parâmetros em relação aos parâmetros de fios produzidos com algodão egípcio, considerando o mesmo fio base com massa linear 7 tex penteado produzido com algodão egípcio, variedade Giza 88. Obteve-se parâmetros de Estatística Uster com percentil de 28% (24,66 cN/tex) e 11% (182 cN) para a tenacidade e força de rutura, respetivamente. Para os fios com massas lineares 10 tex, 7 tex e 6 tex produzidos com algodão brasileiro, obteve-se percentis

superiores a 95% da Estatística Uster, com valores de tenacidade e força de rutura de 15,76 cN/tex e 155 cN para o fio com massa linear 10 tex; 15,3 cN/tex e 113 cN para o fio com massa linear 7 tex e valores de 13,1 cN/tex e 77 cN para o fio com massa linear 6 tex, sendo estes os melhores resultados entre o plano de ensaios de cada fio. Ressalta-se que, no respeitante à produção dos fios com massa linear 15 tex desenvolvidos em cada etapa e produzidos com algodão brasileiro, obteve-se o percentil na Estatística Uster de 68% para coeficiente de variação de massa (14,51% CVm/1000 metros), 88% para pontos finos (7 pontos finos/1000 metros), 86% para pontos grossos (82 pontos grossos/1000 metros), 49% para neps (74 neps/1000 metros), 71% para tenacidade (15,99 cN/tex) e 71% para força de rutura (236 cN), sendo estes os melhores resultados entre os fios produzidos em cada etapa. Face aos valores obtidos, pode-se concluir que o algodão brasileiro tem limites próximos do fio 15 tex para a produção no sistema anel penteado, pois aquando da redução de massa houve perdas consideráveis de qualidade, observadas no decorrer da pesquisa, as quais podem-se relacionar com as características da matéria-prima. Com o intuito de se melhorar a regularidade e a uniformização da massa fibrosa, efetuou-se na Etapa 4 a eliminação de um maior percentual de fibras curtas no processo de penteadeira e a inserção de terceira passagem no fluxo produtivo, embora os resultados também não tenham sido satisfatórios, tendo-se obtido valores similares aos resultados apresentados nas etapas anteriores.

Para aumentar a resistência do fio, recorreu-se ao conceito de tecnologia *corespun* no processo, produzindo os fios 7 tex e 6 tex com utilização de multifilamentos contínuos de poliamida 6.6, um em sentido de torção “Z” e outro em sentido de torção “S”. Foram obtidos melhores resultados utilizando o multifilamento com sentido de torção “Z”, fato este relacionado com o sentido de torção do fio no filatório em processo de fiação (“Z”). Em relação aos resultados destes fios, observou-se que o fio com massa linear 7 tex *corespun* apresentou melhores resultados em relação a parâmetros de massa e resultados similares em relação a parâmetros dinamométricos quando comparado com os fios 100% algodão desenvolvidos no sistema anel penteado. Já no que respeita ao fio 6 tex *corespun*, esta relação foi inversa, ou seja, os parâmetros de massa foram similares ao fio 100% algodão e os parâmetros dinamométricos tenderam a ser melhores. Embora não existam percentis da Estatística Uster para estes fios, através da comparação com os resultados relativos aos parâmetros de fios 100% algodão anel penteado, verifica-se que em ambos o coeficiente de variação de massa, pontos finos, pontos grossos, neps, tenacidade e força de rutura apresentaram percentis superiores a 95% na Estatística Uster. Destaca-se apenas que a tenacidade do fio 7 tex *corespun* (15,74 cN/tex) foi superior à tenacidade do fio 6 tex *corespun*

(14,85 cN/tex) e este fato pode estar relacionado com a estrutura de formação dos fios, observada na análise de microscopia. Verificou-se na análise microscópica da estrutura dos fios que os filamentos de poliamida ficaram melhor distribuídos no núcleo do fio 7 tex *corespun* envolto por fibras de algodão, fato que não ocorreu com o fio 6 tex *corespun*. Na estrutura do fio 6 tex *corespun* observou-se uma redução de massa fibrosa do algodão, sendo também visível que os filamentos ficaram distribuídos na lateral da estrutura do fio, assim sendo, com uma menor quantidade de fibras de algodão por secção do fio, o multifilamento de poliamida pode ter assumido a carga de força de rutura e a tenacidade do fio e, por este motivo, a força de rutura do fio (88 cN) ficou próxima da força de rutura do filamento (80 cN). Um ponto merecedor de menção refere-se ao pormenor de o desenvolvimento dos fios *corespun* ter sido realizado com materiais da Etapa 4 do plano de ensaios, sendo que os melhores resultados no âmbito dos parâmetros dinamométricos foram obtidos na Etapa 3 do plano de ensaios, isto posto, haveria a possibilidade de que através da utilização dos materiais da Etapa 3 para o desenvolvimento do fio, poder-se-ia ter melhores parâmetros dinamométricos dos mesmos.

Nos desenvolvimentos realizados na Toyota Máquinas Têxteis utilizando o filatório RX240E (última geração), cujo objetivo foi a melhoria dos parâmetros de qualidade dos fios produzidos em filatório Fasa-Zinser 260, os resultados obtidos para os fios 15 tex, 10 tex e 7 tex foram semelhantes quando comparados com o sistema anel penteado, destacando-se apenas que os valores de nepe se apresentaram tendencialmente superiores nos fios produzidos na Toyota. Relativamente ao fio desenvolvido no sistema anel compacto penteado, observaram-se resultados obviamente melhores em relação ao fio anel penteado, tanto para os parâmetros de massa quanto para os parâmetros dinamométricos, embora ao relacioná-los com a Estatística Uster, adotando os parâmetros específicos para a consulta de fios compactos, estes tenham apresentado percentis insatisfatórios. Salienta-se também que os fios anéis compactos produzidos com algodão brasileiro, quando comparados com os fios produzidos com algodão egípcio com as respetivas massas lineares, não apresentaram resultados satisfatórios, ou seja, os mesmos apresentaram parâmetros de qualidade muito inferiores aos parâmetros de qualidade de fios produzidos com algodão egípcio.

Foram ainda efetuadas análises microscópicas para se determinar o número de fibras existentes na secção dos fios produzidos. Vasconcelos (1993) menciona que o limite mínimo é de 33 fibras por secção transversal do fio (sistema anel penteado) para a sua construção, pelo que, utilizando os cálculos de fibras por secção e a média de finura com índice de 3,9 do algodão brasileiro, tornar-se-ia possível ter um fio com massa linear 5 tex como limite de fiabilidade em linha de

produção, tendo-se produzido fios com massas lineares 10 tex (cálculo de 65 fibras por secção transversal), 7 tex (cálculo de 46 fibras por secção transversal) e 6 tex (cálculo de 39 fibras por secção transversal). Constata-se que as amostras de algodão egípcio analisadas pela Fundação Blumenauense de Estudos Têxteis e Cocamar não apresentaram finuras menores que as identificadas no algodão brasileiro utilizado na produção dos fios, validando assim a hipótese de que outras características influenciaram os resultados, nomeadamente, o comprimento e a tenacidade das fibras. Ao realizar-se o corte transversal de alguns fios desenvolvidos nos planos de ensaios identificou-se que não havia as quantidades de fibras referenciadas nos cálculos, podendo este resultado ter sido influenciado pelo método de determinação da quantidade de fibras por secção transversal do fio, ou então, os fios realmente apresentam micronaire mais grosso devido à matéria-prima utilizada, justificando parte dos resultados insatisfatórios no desenvolvimento dos fios com baixas massas lineares na Etapa 4.

Quanto aos ensaios de resistência realizados no tecido plano (fios de trama) produzido com os fios desenvolvidos, os resultados foram satisfatórios, pois com a redução da massa linear dos fios e consequente perda de resistência do tecido, houve a possibilidade de aumentar a densidade dos fios de trama, melhorando o fator de cobertura e, principalmente, obtendo maior resistência do tecido, resultando num tecido com valores de resistência similares ou maiores que os tecidos produzidos com o fio 15 tex de referência. Outro ponto favorável refere-se ao bom andamento do tear com a utilização dos fios produzidos e inseridos na trama.

Em relação aos custos de produção, conclui-se que os fios produzidos com algodão brasileiro, considerando 27% de quebra na matéria-prima, apresentaram, em comparação com o fio egípcio, uma redução de custo de aproximadamente 33% para o fio 10 tex, 26% para o fio 7 tex e 22% para o fio 6 tex. Quanto ao custo de produção do fio *corespun*, conclui-se que, devido ao alto custo da poliamida, o custo final do fio não foi satisfatório, isto porque, no caso do fio com massa linear 7 tex, o seu custo ficou aproximadamente 1% menor comparativamente com o fio egípcio, e no caso do fio com massa linear 6 tex, o custo foi 2,8% maior, ou seja, com base nestes estudos não há viabilidade para a utilização do fio *corespun* com a poliamida 6.6 adquirida. Contudo, este fio pode ser viabilizado com a utilização de outro filamento contínuo com custo mais baixo, proporcionando-se a possibilidade de novos estudos.

De uma forma geral, a presente tese contribuiu para a quebra de paradigmas relacionados com a utilização de algodão brasileiro para a produção de fios com baixa massa linear, pois,

antecipadamente ao desenvolvimento do plano de ensaios, havia questionamentos sobre a possibilidade de produção dos fios com massas lineares 10 tex, 7 tex e 6 tex utilizando o mesmo. Com os desenvolvimentos e produção dos fios com baixa massa linear abrem-se possibilidades de estudos futuros, utilizando-se alternativas como a seleção de algodão brasileiro com melhores características intrínsecas, misturas com outras fibras, alterando os ajustes básicos de equipamentos de preparação e fiação, buscando o máximo de adequação fibra-equipamento e explorando o sistema compacto, de forma a possibilitar um ganho na qualidade dos fios e, conseqüentemente, abrindo novas perspectivas para a utilização do algodão brasileiro.

Portanto, conclui-se na presente pesquisa que foi possível atingir o objetivo de concepção de um fio com baixa massa linear utilizando algodão brasileiro a um custo menor que o realizado aquando da utilização do algodão egípcio, embora com características inferiores, onde o melhor fio produzido com o algodão brasileiro foi o fio 7 tex anel compacto penteado.

- ABRAFAS – Associação Brasileira de Produtores de Fibras Artificiais e Sintéticas 2016, *Estatísticas*, acesso em 25 de janeiro de 2018 em <http://www.abrafas.org.br/site/vitrine-noticias/index/materia/estatisticas-/c/b6e>
- ABRAFAS – Associação Brasileira de Produtores de Fibras Artificiais e Sintéticas 2017, *Fibras Manufaturadas*, acesso em 03 de fevereiro de 2017 em <http://www.abrafas.org.br/fibras/manufaturadas.html>
- ABRAPA – Associação Brasileira de Produtores de Algodão 2015, *Estatística – oferta e demanda últimas safras - safra 2014/2015*, acesso em 02 de abril de 2015 em <http://www.abrapa.com.br/estatisticas/Paginas/oferta-demanda-ultimas-safras.aspx>
- ABRAPA – Associação Brasileira de Produtores de Algodão 2017, *Dados: Algodão no Mundo e Algodão no Brasil*, acesso em 11 de setembro de 2017 em <http://www.abrapa.com.br/Paginas/dados/algodao-no-brasil.aspx>
- Adame, M 2014, *Informações - Representações Comerciais Textilfios Ltda*, e-mail recebido em 01/12/2014 fios@textilfios.com
- Alfieri, P 1991, *Apostila da Disciplina de Fibras Têxteis*, Curso de Engenharia Têxtil da Faculdade de Engenharia Industrial – FEI, São Paulo, São Paulo, Brasil.
- Alfieri, P 2008, *Apostila Tecnologia das Fibras Têxteis II*, Curso de Engenharia Têxtil da Faculdade de Engenharia Industrial – FEI, São Paulo, São Paulo, Brasil.
- ANALYSIS 2017, *Projetos e Assessoria Econômico-Financeira Ltda, Custos*, Maringá, Paraná, Brasil.
- Brunholi, CGC 2014, *Relatório de Custos – Atividade Algodão, Período Realizado janeiro a novembro de 2014*, ANALYSIS, Maringá, Paraná, Brasil.
- Brunholi, CGC 2017a, *Relatório de Custos – Atividade Algodão, Período Realizado janeiro a abril de 2017*, ANALYSIS, Maringá, Paraná, Brasil.
- Brunholi, CGC 2017b, *Planilha de Custos Analysis - Fios Finos (20 tex a 6 tx)*, ANALYSIS, Maringá, Paraná, Brasil.
- Carvalho, LP, Farias, FJC, Rodrigues, JIS 2015, *Selection for Increased Fiber Length in Cotton Progenies from Acala and Non-Acala Types*, Crop Science – Crop Breeding & Genetics, Vol. 55, n° 3, p. 985 a 991.
- CATGO – Cotton Arbitration & Testing General Organization, *Cotton Prices, 2017*, acesso em 13 de fevereiro de 2017 em <http://www.egyptcotton-catgo.org/cottonactivityen.aspx?id=2>
- CEPEA-Esalq - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada, *Indicador de Preço do Algodão, 2017*, acesso em 13 de fevereiro de 2017 em <http://www.cepea.esalq.usp.br/br/indicador/algodao.aspx>

- Chatterjee, P, Chakraborty, S 2017, *Development of a meta-model for the determination of technological value of cotton fiber using design of experiments and the TOPSIS method. Journal of Natural Fibers*, Published online: 09 Oct 2017.
- Coamo Agroindustrial Cooperativa 2016, Campo Mourão, Paraná, Brasil.
- Costa, A 2014, *Informações Técnicas do Departamento de Vendas da empresa Rieter*, São Paulo, São Paulo, Brasil. e-mail recebido em 04/12/2014 andre.costa@rieter.com
- Cocamar Cooperativa Agroindustrial 2015, Maringá, Paraná, Brasil.
- Cocamar Cooperativa Agroindustrial 2016, Maringá, Paraná, Brasil.
- Cocamar Cooperativa Agroindustrial 2017, Maringá, Paraná, Brasil.
- Coutinho, CP 2014, *Metodologias de Investigações em Ciências Sociais e Humanas*, Livro, Editora Almedina, Coimbra, Portugal.
- FBET – Fundação Blumenauense de Estudos Têxteis 2014, *Fibras na Secção Transversal de um Fio*, acesso em 30 de novembro de 2014 em <http://www.fbet.com.br/>
- FIBRACEL 2000, *Fibra Cortada de Viscose, Manual Técnico para Fiações*, acesso em 03 de fevereiro de 2017 em <http://www.abqct.com.br/artigost/Manual%20Fia%C3%A7%C3%A3o%20Viscose.pdf>
- Freire, EC 2011, *Algodões de fibras longas e extralongas. Mercado e manejos específicos*, Apresentação, 8º Congresso Brasileiro do Algodão, São Paulo, São Paulo, Brasil.
- Hinze, LL, Gazave, E, Gore, MA, Fang, DD, Scheffler, BE, Yu, JZ, Jones, DC, Frelichowski, J, Percy, RG 2016, *Genetic Diversity of the Two Commercial Tetraploid Cotton Species in the Gossypium Diversity Reference Set. Journal of Heredity*, Volume 107, Issue 3, Pages 274-286.
- Hussein, KM, Ebaido, IAM, Hassan, RM, Fateh, HSA 2013, *An Approach For Accepting/Rejecting Consistency of Analytic Hierarchy Process as a Criterion Determining Technological Value OF Egyptian Cotton. International Journal of Fiber and Textile Research*, 3(1):1-5.
- IEMI – Instituto de Estudos e Marketing Industrial 2013, *Tarifa zero beneficia compras de algodão egípcio*, acesso em 01 de dezembro de 2014 em <http://www.iemi.com.br/tarifa-zero-beneficia-compras-de-algodao-egipcio/>
- IEMI – Instituto de Estudos e Marketing Industrial 2016, *Brasil Têxtil 2016 – Relatório Setorial da Indústria Têxtil Brasileira, V.16, P 56 a 64. São Paulo, São Paulo, Brasil.*
- Kelly, CM, Hequet, EF, Dever, JK 2013, *Breeding For Impoved Yarn Quality: Modifying Fiber Distribution. Journal: Industrial Crops And Products*, 42.
- Kljun, A, El-Dessouky, HM, Benians, TAS, Goubet, F, Meulewaeter, F, Knox, JP, Blackburn, RS 2014, *Analysis of The Physical Propertiers of Developing. European Polymer Journal*, 51.

Laktim, MC, Giacomim, AM, Silva-Santos, MC, Santos, HN, Borelli, C, Baruque-Ramos, J 2017, *Trousseau: The Predominance of Cotton in its Articles. Procedia Engineering*, Volume 200, pages 73-80.

Lavado, FEL 2012, *La Industria Textil y Su Control de Calidad. III Hilandería*, Licencia Creative Commons Atribucion no Commercial, acesso em 30 de abril de 2015 em: <http://fidel-lockuan.web.com>

Martin, RS 1966, *Core-Sup elastic yarn product and process*, US 3380244 A.

Matusiak, M, Frydrych, I 2015, *Effect of Raw Material and processing Conditions on Yarn Neppiness*, Research Gate.
https://www.researchgate.net/publication/239533361_EFFECT_OF_RAW_MATERIAL_AND_PROCESSING_CONDITIONS_ON_YARN_NEPPINESS

Messiry, MEL, Hosny, N, Esmat G 2013, *Optimization of The Combing Noil percentage for Quality Single and Ply Compact Spun Yarn*, Alexandria Engineering Journal, 52, Alexandria University. Alexandria, Egypt.

Mizoguchi, ET 2013, *Relatório Exercício 2013*. FBET – Fundação Blumenauense de Estudos Têxteis, Blumenau, Santa Catarina, Brasil.

M&G Fibras Brasil S/A 2015, *Fibras Têxteis: Propriedades*, São Paulo, São Paulo, Brasil.

Nilit 2017, *Nylon Product – Potfolio. Nilit Fibers*, Israel, Acesso em 11 de setembro de 2017 em <http://www.nilit.com/fibers/appfiles/fiberscatalog/index.html#1>

Novais, JFP 2013, *Desenvolvimento de linha de costura com alma e avaliação do desempenho na costura*, Tese de Doutorado, Universidade do Minho, Guimarães, Portugal.

NPTEL – National Programme on Technology Enhanced Learning 2018, *Influence of Fibre Fineness and Maturity on Spinning Process*, India. <http://nptel.ac.in/courses/116102029/15>

Ochola, J, Kisato, J, Kinuthia, L, Mwasiagi, J, Waithaka, A 2012, *Study on the Influence of Fiber Properties on Yarn Imperfections in Ring Spun Yarns*, Asian Journal of Textile, 2, 32 – 43.

Pittolli, M 2006, *Apostila de Sistemas de Titulação dos materiais têxteis, Sistemas formadores de fios I*. Faculdade de Tecnologia de Americana, Americana, São Paulo, Brasil.

Polyenka, 2018, *Filamentos Contínuos de Poliéster*, Brasil, Acesso em 25 de janeiro de 2018 em <http://www.polyenka.com.br/index.php/fios-poliester-texturizados/texturizados-crus>

Rieter 2014a, *Rieter Com4® yarns – Rieter Com4 Yarns Special print 2562-v3 - yarns of choice*, acesso em 04 de dezembro de 2014 em <http://www.rieter.com/en/spun-yarn-systems/products/>

Rieter 2014b, *Rieter Products*, acesso em 04 de dezembro de 2014 em <http://www.rieter.com/en/spun-yarn-systems/products/>

Rieter 2017, *Rieter Products*, acesso em 10 de julho de 2014 em <http://www.rieter.com/en/machines-systems/products/ring-spinning/>

- Santos, GP, Alves, DF, Barreto, MOR 2012, *A Utilização da Contabilidade de Custo Como Ferramenta Para o Fortalecimento de uma Microempresa do Segmento de Confecção em Fortaleza. Revista Razão Contábil & Finanças*, V.3 n°1 jan/jun 2012.
- Souza, S 2014, *Desenvolvimentos de Produtos M&G Fibras Brasil S/A*, e-mail recebido em 01/12/2014 sergio.souza@gruppomg.com.br
- Toyota Industries Corporation 2017, *Research e Development*, Kariya, Japão.
- Toyota Máquinas Têxteis Brasil 2017, Filial São Paulo, São Paulo, Brasil.
- Universidade do Minho, 2017, Campus Azurém, Guimarães, Portugal.
- USDA – United States Department of Agriculture 2015, *Daily Spot cotton Quotation*, v 97 20-Mar-15. Memphis, United States of America.
- Uster Technologies 2012, *Uster Statistics – Application report The Common Quality Language for the Textile Industry*, acesso em 28 de agosto de 2016 em https://www.uster.com/fileadmin/customer/Services/USTER_Statistics/
- Uster Technologies 2014a, *Uster Statistics – Application Hand Book – Relatório de aplicação, o idioma comum da qualidade para a indústria têxtil*, acesso em 04 de dezembro de 2014 em <http://www.uster.com/en/service/uster-statistics/go-to-uster-statistics-interactive/>
- Uster Technologies 2014b, *Uster Statistics – Numeric Table Yarn Quality*, acesso em 04 de dezembro de 2014 em <http://www.uster.com/en/service/uster-statistics/go-to-uster-statistics-interactive/>
- Uster Technologies 2016, *Uster Statistics – Numeric Table Yarn Quality*. Acesso em 20 de janeiro de 2017 em <http://www.uster.com/en/service/uster-statistics/go-to-uster-statistics-interactive/>
- Vasconcelos, RMCF 1993, *Contribuição à Aplicação de Técnicas de Inteligência Artificial na Tecnologia da Fiação*, Tese de Doutorado, Universidade do Minho, Guimarães, Portugal.
- Vieira, SC 2016, *Dados Técnicos de Fibras e Fios*. FBET – Fundação Blumenauense de Estudos Têxteis, Blumenau, Santa Catarina, Brasil.

Apêndice 01 - Dados Mecânicos de Carda⁹⁷

Dados Mecânicos	Etapa 01	Etapa 02	Etapa 03	Etapa 04
Carda	11	11	11	11
Marca	Trutzschler	Trutzschler	Trutzschler	Trutzschler
Modelo	DK 715	DK 715	DK 715	DK 715
Massa Linear Saída (tex)	5900	5900	5900	5900
Massa Linear Encontrada (tex)	5900	5900	5900	5900
Velocidade (MPM)	130	130	130	130
FBK Transporte	25	25	25	25
FBK W	28	28	28	28
AW Doffer	60	60	60	60
AWW Destacador	38	38	38	38
KW	36	36	36	36
MW Calandra	18	18	18	18
Estiragem Calandra	1,088	1,088	1,088	1,088
Abertura do silo	85	85	85	85
Pressão FBK	35	35	35	35
Polia Motor	135	135	135	135
Polia Cilindro Principal	550	550	550	550
Polia Flatts	110	110	110	110
Polia Brizeur	260	260	260	260
Polia Sentinela	56	56	56	56
RPM Motor	1760	1760	1760	1760
RPM Tambor	432	432	432	432
RPM Brizeur	914	914	914	914
Velocidade Flatts	303,22	303,22	303,22	303,22
Enchimento da Lata (m)	6200	6200	6200	6200
Eficiência (%)	99	99	99	99
Produção (kg/hora)	45,56	45,56	45,56	45,56
Produção (kg/dia)	1094,44	1094,44	1094,44	1094,44

⁹⁷ Fonte: Cocamar Cooperativa Agroindustrial (2016)

Apêndice 02 - Dados Mecânicos de Passadeira – Primeira Passagem⁹⁸

Dados Mecânicos	Etapa 01	Etapa 02	Etapa 03	Etapa 04
Passadeira	6	6	6	6
Marca	Fasa-Zinser	Fasa-Zinser	Fasa-Zinser	Fasa-Zinser
Modelo	720	720	720	720
Massa Linear Entrada (tex)	5900	5900	5900	5900
Massa Linear Saída Padrão (tex)	4917	4917	4917	4917
Massa Linear Saída Encontrada (tex)	4917	4917	4917	4917
Dublagem	6	6	6	6
Estiragem	7,2	7,2	7,2	7,2
Número Fusos	2	2	2	2
Passagem	1°	1°	1°	1°
Velocidade (MPM)	349	349	349	349
Escartamento Dianteiro	42,0	42,0	42,0	42,0
Escartamento Traseiro	53,0	53,0	53,0	53,0
Polia do Motor	170	170	170	170
Polia da Máquina	217	217	217	217
Engrenagem da Calandra	81	81	81	81
Engrenagem Estiragem	80	80	80	80
Engrenagem Estiragem Auxiliar (PEA)	95	95	95	95
Engrenagem da Pré Estiragem	85	85	85	85
Engrenagem da Gaiola	72	72	72	72
Polia Prato Superior	43	43	43	43
Polia Prato inferior	46	46	46	46
Diâmetro Canal Prato Superior	25	25	25	25
Funil	3,5	3,5	3,5	3,5
Enchimento lata	4100	4100	4100	4100
Eficiência (%)	82	82	82	82
Produção (kg/hora)	168,85	168,85	168,85	168,85
Produção (kg/dia)	4052,31	4052,31	4052,31	4052,31

⁹⁸ Fonte: Cocamar Cooperativa Agroindustrial (2016)

Apêndice 03 - Dados Mecânicos de Reunideira⁹⁹

Dados Mecânicos	Etapa 01	Etapa 02	Etapa 03	Etapa 04
Reunideira	1	1	1	1
Marca	Toyota	Toyota	Toyota	Toyota
Modelo	SL100	SL100	SL100	SL100
Massa Linear Entrada (tex)	4917	4917	4917	4917
Peso Saída (gramas/m)	74	74	74	74
Velocidade (MPM)	100	100	100	100
Dublagem	32	32	32	32
Escartamento Traseiro	46,7	46,7	46,7	46,7
Peso Bobina (kg)	18	18	18	18
Metragem Bobina (m)	243	243	243	243
Engrenagem CW1	45	45	45	45
Engrenagem CW2	56	56	56	56
Engrenagem de Estiragem	36	36	36	36
Engrenagem Constante	96	96	96	96
Polia Motor	215	215	215	215
Polia Máquina	406	406	406	406
Eficiência (%)	80	80	80	80
Produção (kg/hora)	355,2	355,2	355,2	355,2
Produção (kg/dia)	8524,8	8524,8	8524,8	8524,8

⁹⁹ Fonte: Cocamar Cooperativa Agroindustrial (2016)

Apêndice 04 - Dados Mecânicos de Penteadeira¹⁰⁰

Dados Mecânicos	Etapa 01	Etapa 02	Etapa 03	Etapa 04
Penteadeira	6	6	6	6
Marca	Toyota	Toyota	Toyota	Toyota
Modelo	VC5A	VC5A	VC5A	VC5A
Peso entrada (gramas/metro)	74	74	74	74
Massa Linear Saída (tex)	4917	4917	4917	4214
Velocidade (MPM)	147	147	147	147
Dublagem	8	8	8	8
Polia Motor	231	231	231	231
Polia Máquina	256	256	256	256
Batidas/min	320	320	320	320
LTC-A	48	48	48	48
LTC-B	38	38	38	38
TTC	70	70	70	70
Funil	4,1	4,1	4,1	4,1
Escartamento Entrada	44,0	44,0	44,0	44,0
Escartamento Saída	39,0	39,0	39,0	39,0
Resíduos (%)	15,0	15,0	15,0	25,0
Tamanho Pente	84	84	84	84
Guia Rolo	FORWARD	FORWARD	FORWARD	FORWARD
WTC	55	55	55	55
FDC	100	100	100	100
TDC	39	39	39	39
TBC	45	45	45	45
BM/DP	76	76	76	76
BGP/BP	95	95	95	95
FRC	16	16	16	16
BDC	60	60	60	60
Enchimento Lata (m)	4500	4500	4500	650
Eficiência (%)	83	83	83	83
Produção (kg/hora)	35,99	35,99	35,99	31,68
Produção (kg/dia)	863,83	863,83	863,83	760,43

¹⁰⁰ Fonte: Cocamar Cooperativa Agroindustrial (2016)

Apêndice 05 - Dados Mecânicos de Passadeira – Segunda Passagem¹⁰¹

Dados Mecânicos	Etapa 01	Etapa 02	Etapa 03	Etapa 04
Passadeira	1	1	9	1
Marca	Toyota	Toyota	Trutzschler	Toyota
Modelo	DX8-LT	DX8-LT	HSR1000	DX8-LT
Massa Linear Entrada (tex)	4917	4917	4917	4214
Massa Linear Saída Padrão (tex)	4917	3688	3933	3933
Massa Linear Saída Encontrada (tex)	4917	3734	3933	4013
Dublagem	8	6*	8	8
Estiragem	8	8	10	8,57
Número Fusos	2	2	1	2
Passagem	2°	2°	2°	2°
Polia Motor	119	119	-	119
Polia Máquina	168	168	-	168
Velocidade (MPM)	500	500	500	500
Escartamento Dianteiro	2,0	2,0	5,0	2,0
Escartamento Intermediário	4,5	4,5	-	4,5
Escartamento Traseiro	5,0	5,0	8,0	5,0
Engrenagem da Calandra	35	35	-	35
Engrenagem da Estiragem Total	28	28	-	28
Engrenagem de Massa Linear	31	31	-	31
Engrenagem Constante	100	100	-	100
Engrenagem Principal	49	49	-	49
Engrenagem Cilindros	35	35	-	35
Polia Prato Superior	35	35	-	35
Polia Prato Inferior	140	140	-	140
Polia Tensão	83	83	-	83
Controle do Suporte do Funil	-	-	2,0	-
Engrenagem Pré estiragem	-	-	20	-
Barra de Pressão	-	-	2	-
Engrenagem Tensão Cilindro De Descarga W4	-	-	79	-
Engrenagem Tensão Exploração de Fita W3	-	-	52	-
Engrenagem Tensão Cilindro Esticadores W2	-	-	53	-
Engrenagem Tensão da Gaiola	-	-	65	-
Polia Tensão do Prato Giratório	-	-	921	-
Enchimento Lata	150	150	150	600
Eficiência (%)	82	82	82	82
Produção (kg/hora)	241,9	181,43	96,76	193,5
Produção (kg/dia)	5805,6	4354,2	2322,24	4644,5

* Devido limite de Estiragem da máquina

¹⁰¹ Fonte: Cocamar Cooperativa Agroindustrial (2016)

Apêndice 06 - Dados Mecânicos de Passadeira – Terceira Passagem¹⁰²

Dados Mecânicos	Etapa 04
Passadeira	1
Marca	Toyota
Modelo	DX8-LT
Massa Linear Entrada (tex)	3933
Massa Linear Saída Padrão (tex)	3933
Massa Linear Saída Encontrada (tex)	4013
Dublagem	8
Estiragem	8
Número Fusos	2
Passagem	3°
Polia Motor	119
Polia Máquina	168
Velocidade (MPM)	500
Escartamento Dianteiro	2,0
Escartamento Intermediário	4,5
Escartamento Traseiro	5,0
Engrenagem da Calandra	35
Engrenagem da Estiragem Total	28
Engrenagem de Massa linear	31
Engrenagem Constante	100
Engrenagem Principal	49
Engrenagem Cilindros	35
Polia Prato Superior	35
Polia Prato Inferior	140
Polia Tensão	83
Enchimento Lata	160
Eficiência (%)	82
Produção (kg/hora)	193,5
Produção (kg/dia)	4644,5

¹⁰² Fonte: Cocamar Cooperativa Agroindustrial (2016)

Apêndice 07 - Dados Mecânicos de Maçaroqueira¹⁰³

Dados Mecânicos	Etapa 01	Etapa 02	Etapa 03	Etapa 04
Maçaroqueira	1	1	4	2
Marca	Toyota	Toyota	Toyota	Toyota
Modelo	FL 200	FL 200	FL 200	FL 200
Massa Linear Entrada (tex)	4917	3734	3933	3933
Massa Linear Saída Padrão (tex)	656	354	393	393
Massa Linear Saída Encontrada tex	656	364	393	393
Estiragem	7,50	10,56	10,25	10,25
Número Fusos	140	140	140	140
Diâmetro 1° Cilindro (mm)	30	30	30	30
Velocidade (MPM)	25,82	25,85	20,07	16,76
RPM 1° Cilindro	274	213	170	274
RPM Aleta	1199,51	1201,04	1201,04	1208
Escartamento Dianteiro	37,5	37,5	37,5	37,5
Escartamento Intermediário	49,5	49,5	49,5	49,5
Escartamento Traseiro	52,5	52,5	52,5	52,5
Engrenagem PE	43	33*	34**	34**
Engrenagem PEA	66	66	66	66
Tensão do Pavio	0,68	0,68	0,68	0,68
TD Constante	348,6	348,6	348,6	348,6
Camadas	8	8	8	8
Ângulo	34	34	34	34
Pressão de Enrolamento	3	3	3	3
Apoio Manchão	Verde	Verde	Verde	Verde
Braço Pendular	VD VD VD VD	VD VD VD VD	VD VM VM VD	VD VD VD VD
BD Constante	33T:82.14	33T:82.14	33T:82.14	33T:82.14
Enchimento Lata	3200	Esgotar Material	Esgotar Material	Esgotar Material
Eficiência (%)	80	80	80	80
Torção por Metro	46,46	46,46	59,84	72,05
Produção (kg/hora)	113,74	61,38	53,04	44,32
Produção (kg/dia)	2729,9	1473,08	1273,17	1063,59

* Engrenagem emprestada pela empresa TBM (Fortaleza – CE)

** Engrenagem Fabricada na Empresa VMA (Maringá – PR)

¹⁰³ Fonte: Cocamar Cooperativa Agroindustrial (2016)

Apêndice 08 - Dados Mecânicos de Filatório - Etapa 1¹⁰⁴

Dados Mecânicos	Etapa 01	
Filatório	26	26
Marca	Fasa-Zinser	Fasa-Zinser
Modelo	260	260
Massa Linear (tex)	20	15
Massa Linear Preparação (tex)	656	656
Torção por Metro	852	974
Torção por Polegada	21,64	24,73
Coefficiente de Torção (tex)	3.779	3.741
Torção por Metro Encontrada	856	969
Estiragem	33,3	44,4
Viajante	BC1MMUDRSA 2	BC1MMUDRSA 2
Polia Motor	187	187
Polia Máquina	300	300
Engrenagem Pré Estiragem (VW)	34	34
Engrenagem de Estiragem (NW)	24	20
Engrenagem de Estiragem Auxiliar (HZ)	85	93
Engrenagem de Torção (DW)	56	49
Engrenagem de Torção (A)	66	66
Engrenagem de Torção (B)	40	40
Engrenagem de Alça (WW1)	52	52
Engrenagem de Alça (WW2)	50	50
Apoio de Manchão	Amarelo	Amarelo
Escartamento de Entrada	50	50
Escartamento de Saída	45	45
Braço Pendular	Vermelho	Vermelho
Dureza Borracha Entrada	83	83
Dureza Borracha Saída	70	70
Massa Linear Teórica (tex)	19,32	14,71
Massa Linear Encontrada (tex)	19,65	14,68
RPM fuso Teórico	12.115	12.115
Velocidade (MPM)	14,22	12,44
RPM 1° Cilindro	167,7	146,7
Diâmetro 1° Cilindro (mm)	27	27
Eficiência (%)	94	94
Produção (Kg/dia)	189,34	124,22
Número de Fusos	500	500

¹⁰⁴ Fonte: Cocamar Cooperativa Agroindustrial (2015)

Apêndice 09 - Dados Mecânicos de Filatório - Etapa 2¹⁰⁵

Dados Mecânicos	Etapa 2			
	26	26	26	15
Filatório				
Marca	Fasa-Zinser	Fasa-Zinser	Fasa-Zinser	Fasa-Zinser/Pinter
Modelo	260	260	260	260
Massa Linear (tex)	15	10	7	6
Massa Linear Preparação (tex)	364	364	364	364
Torção por Metro	974	1488	1488	1811
Torção por Polegada	24,73	37,80	37,80	46
Coefficiente de Torção (tex)	3.741	4.665	4.045	4.339
Torção por Metro Encontrada	966	1.400	1.466	1.807
Estiragem	24,5	36,4	47,9	62,61
Viajante	BC1MMUDRSA 2	BC1MMUDRSA 4/0	BC1MMUDRSA 7/0	BC1MMUDRSA 7/0
Polia Motor	187	187	187	187
Polia Máquina	300	300	300	300
Engrenagem Pré Estiragem (VW)	34	34	34	Eletrônica
Engrenagem de Estiragem (NW)	29	25	20	Eletrônica
Engrenagem de Est. Auxiliar (HZ)	72	95	100*	Eletrônica
Engrenagem de Torção (DW)	49	32	32	Eletrônica
Engrenagem de Torção (A)	66	66	66	66
Engrenagem de Torção (B)	40	40	40	40
Engrenagem de Alça (WW1)	52	52	52	52
Engrenagem de Alça (WW2)	50	50	50	50
Apoio de Manchão	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Amarelo
Escartamento de Entrada	50	50	50	50
Escartamento de Saída	45	45	45	45
Braço Pendular	Vermelho	Vermelho	Vermelho	Vermelho
Dureza Borracha Entrada	83	83	83	83
Dureza Borracha Saída	70	70	70	70
Massa Linear Teórica (tex)	15,22	9,94/9,56**	7,55/7,27**	5,78
Massa Linear Encontrada (tex)	14,74	9,89	7,18	5,91
RPM fuso Teórico	12.115	12.115	12.115	12.115
Velocidade (MPM)	12,44	8,14	8,14	6,69
RPM 1° Cilindro	146,7	95,9	95,9	78,9
Diâmetro 1° Cilindro (mm)	27	27	27	27
Eficiência (%)	94	94	94	94
Produção (Kg/dia)	124,22	54,15	40,62	26,71
Número de Fusos	500	500	500	500

* Engrenagem Fabricada na Empresa VMA (Maringá - PR)

** Impresso manual de alteração/Adição de 5% devido contração do fio

¹⁰⁵ Fonte: Cocamar Cooperativa Agroindustrial (2015)

Apêndice 10 - Dados Mecânicos de Filatório - Etapa 3¹⁰⁶

Dados Mecânicos	Etapa 3				
Filatório	26	26	26	15	15
Marca	Fasa-Zinser	Fasa-Zinser	Fasa-Zinser	Fasa-Zinser Pinter***	Fasa-Zinser Pinter***
Modelo	260	260	260	260	260
Massa Linear (tex)	15	10	7	7	6
Massa Linear Preparação (tex)	393	393	393	393	393
Torção por Metro	974	1488	1488	1488	1811
Torção por Polegada	24,73	37,80	37,80	37,80	46
Coefficiente de Torção (tex)	3.741	4.665	4.045	4.045	4.399
Torção por Metro Encontrada	1.032	1.480	1.499	1.444	1.799
Estiragem	26,70	40,71	47,9	53,22	68,43
Viajante	BC1MMUDRSA 2	BC1MMUDRSA 4/0	BC1MMUDRSA 7/0	BC1MMUDRSA 7/0	BC1MMUDRSA 7/0
Polia Motor	187	187	187	187	187
Polia Máquina	300	300	300	300	300
Engrenagem Pré Estiragem (VW)	34	34	34	Eletrônica	Eletrônica
Engrenagem de Estiragem (NW)	30	20	20	Eletrônica	Eletrônica
Engrenagem de Est. Aux. (HZ)	85	85	100*	Eletrônica	Eletrônica
Engrenagem de Torção (DW)	49	32	32	Eletrônica	Eletrônica
Engrenagem de Torção (A)	66	66	66	66	66
Engrenagem de Torção (B)	40	40	40	40	40
Engrenagem de Alça (WW1)	52	52	52	52	52
Engrenagem de Alça (WW2)	50	50	50	50	50
Apoio de Manchão	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Amarelo
Escartamento de Entrada	50	50	50	50	50
Escartamento de Saída	45	45	45	45	45
Braço Pendular	Vermelho	Vermelho	Vermelho	Vermelho	Vermelho
Dureza Borracha Entrada	83	83	83	83	83
Dureza Borracha Saída	70	70	70	70	70
Massa Linear Teórica (tex)	14,49	9,66/9,29**	8,21/7,90**	7,39	5,75
Massa Linear Encontrada (tex)	14,71	9,73	8,10	7,36	5,86
RPM fuso Teórico	12.115	12.115	12.115	12.115	12.115
Velocidade (MPM)	12,44	8,14	8,14	8,14	6,69
RPM 1° Cilindro	146,7	95,9	95,9	95,9	78,87
Diâmetro 1° Cilindro (mm)	27	27	27	27	27
Eficiência (%)	94	94	94	94	94
Produção (Kg/dia)	124,22	54,15	40,62	40,62	26,71
Número de Fusos	500	500	500	500	500

* Engrenagem Fabricada na Empresa VMA (Maringá – PR)

** Impresso manual de alteração/Adição de 5% devido a contração do fio

***Sistema Eletrônico de Estiragem

¹⁰⁶ Fonte: Cocamar Cooperativa Agroindustrial (2016)

Apêndice 11 - Dados Mecânicos de Filatório - Etapa 4¹⁰⁷

Dados Mecânicos	Etapa 4			
	26	26	15	15
Filatório				
Marca	Fasa-Zinser	Fasa-Zinser	Fasa-Zinser Pinter***	Fasa-Zinser Pinter***
Modelo	260	260	260	260
Massa Linear (tex)	15	10	7	6
Massa Linear Preparação (tex)	393	393	393	393
Torção por Metro	974	1488	1620	1929
Torção por Polegada	24,73	37,80	41,14	49
Coefficiente de Torção (tex)	3.741	4.665	4.399	4.686
Torção por Metro Encontrada	1.005	1.507	1.561	1.923
Estiragem	26,70	40,71	53,22	69
Viajante	BC1MMUDRSA 2	BC1MMUDRSA 4/0	BC1MMUDRSA 7/0	BC1MMUDRSA 7/0
Polia Motor	187	187	187	187
Polia Máquina	300	300	300	300
Engrenagem Pré Estiragem (VW)	34	34	Eletrônica	Eletrônica
Engrenagem de Estiragem (NW)	30	20	Eletrônica	Eletrônica
Engrenagem de Est. Aux. (HZ)	85	85	Eletrônica	Eletrônica
Engrenagem de Torção (DW)	49	32	Eletrônica	Eletrônica
Engrenagem de Torção (A)	66	66	66	66
Engrenagem de Torção (B)	40	40	40	40
Engrenagem de Alça (WW1)	52	52	52	52
Engrenagem de Alça (WW2)	50	50	50	50
Apoio de Manchão	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Amarelo
Escartamento de Entrada	50	50	50	50
Escartamento de Saída	45	45	45	45
Braço Pendular	Vermelho	Vermelho	Vermelho	Vermelho
Dureza Borracha Entrada	83	83	83	83
Dureza Borracha Saída	70	70	70	70
Massa Linear Teórica (tex)	14,49	9,66/9,29**	7,39	5,75
Massa Linear Encontrada (tex)	14,53	9,79	7,34	5,88
RPM fuso Teórico	12.115	12.115	12.115	12.115
Velocidade (MPM)	12,44	8,14	8,14	6,69
RPM 1° Cilindro	146,7	95,9	95,9	78,87
Diâmetro 1° Cilindro (mm)	27	27	27	27
Eficiência (%)	94	94	94	94
Produção (Kg/dia)	124,22	54,15	40,62	26,71
Número de Fusos	500	500	500	500

** Impresso manual de alteração/Adição de 5% devido a contração do fio

*** Sistema Eletrônico de Estiragem

¹⁰⁷ Fonte: Cocamar Cooperativa Agroindustrial (2016)

Apêndice 12 - Dados Mecânicos de Filatório - Etapa 5¹⁰⁸

Dados Mecânicos	Etapa 5			
	15	15	21	21
Filatório				
Marca	Fasa-Zinser Pinter***	Fasa-Zinser Pinter***	Fasa-Zinser Pinter***	Fasa-Zinser Pinter***
Modelo	260	260	260	260
Massa Linear (tex)	7	7	6	6
Massa Linear Preparação Algodão (tex)	393	393	393	393
Massa Linear Multifilamento Contin. (tex)	1,63	1,62	1,63	1,62
Sentido de Torção do Multifilamento (PA)	Z	S	Z	S
Torção por Metro	1615	1615	1811	1811
Torção por Polegada	41,02	41,02	46	46
Coefficiente de Torção (tex)	4.387	4.387	4.399	4.399
Torção por Metro Encontrada	1.567	1.539	1.694	1.670
Estiragem	69,33	69,33	93,33	93,33
Viajante	BC1MMUDRSA 7/0	BC1MMUDRSA 7/0	BC1MMUDRSA 7/0	BC1MMUDRSA 7/0
Polia Motor	187	187	187	187
Polia Máquina	300	300	300	300
Engrenagem Pré Estiragem (VW)	Eletrónica	Eletrónica	Eletrónica	Eletrónica
Engrenagem de Estiragem (NW)	Eletrónica	Eletrónica	Eletrónica	Eletrónica
Engrenagem de Estiragem Auxiliar (HZ)	Eletrónica	Eletrónica	Eletrónica	Eletrónica
Engrenagem de Torção (DW)	Eletrónica	Eletrónica	Eletrónica	Eletrónica
Engrenagem de Torção (A)	66	66	66	66
Engrenagem de Torção (B)	40	40	40	40
Engrenagem de Alça (WW1)	52	52	52	52
Engrenagem de Alça (WW2)	50	50	50	50
Apoio de Manchão	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Amarelo
Escartamento de Entrada	50	50	50	50
Escartamento de Saída	45	45	45	45
Braço Pendular	Vermelho	Vermelho	Vermelho	Vermelho
Dureza Borracha Entrada	83	83	83	83
Dureza Borracha Saída	70	70	70	70
Massa Linear Teórica Algodão (tex)	5,67	5,67	4,21	4,21
Massa Linear Teórica <i>Corespun</i> (tex)	7,30	7,29	5,84	5,83
Massa Linear Encontrada <i>corespun</i> (tex)	7,49	7,41	5,97	5,95
RPM fuso Teórico	12.115	12.115	12.115	12.115
Velocidade (MPM)	8,14	8,14	6,69	6,69
RPM 1º Cilindro	95,9	95,9	78,87	78,87
Diâmetro 1º Cilindro (mm)	27	27	27	27
Eficiência (%)	94	94	94	94
Produção (Kg/dia)	40,62	40,62	26,71	26,71
Número de Fusos	500	500	500	500

*** Sistema Eletrónico de Estiragem

¹⁰⁸ Fonte: Cocamar Cooperativa Agroindustrial (2017)

Apêndice 13 - Dados Mecânicos de Filatórios Anel - Toyota Máquinas Têxteis – Etapa 6¹⁰⁹

Dados Mecânicos	Etapa 6 - Toyota (Sistema Anel)		
	T1	T1	T1
Filatório	Toyota	Toyota	Toyota
Marca	Toyota	Toyota	Toyota
Modelo	RX240E	RX240E	RX240E
Massa Linear (tex)	15	10	7
Massa Linear Preparação (tex)	1,5	1,5	1,5
Torção por Metro	974	1372	1602
Torção por Polegada	24,73	34,86	40,7
Coefficiente de Torção (tex)	3.741	4.302	4.352
Torção por Metro Encontrada	943	1.218	1.498
Estiragem	26,56	39,84	53,12
Compensação de Estiragem	104	104	104
Pré-estiro	1,2	1,2	1,2
Viajante	Kanai TM OSY/HF 8/0	Kanai TM MS/HF 12/0	Kanai FC ESY/HF 12/0
Diâmetro do Anel (mm)	36	36	36
Apoio de Manchão	Lilás	Lilás	Lilás
Escartamento de Entrada	44	44	44
Escartamento de Saída	45	45	45
Braço Pendular	PK2025+	PK2025+	PK2025+
Pressão Braço Pendular	Verde	Verde	Verde
Pressão Média	10	10	10
Contra Pressão	12	12	12
Dureza Borracha Entrada	70	70	70
Dureza Borracha Saída	63	63	63
Massa Linear Teórica (tex)	14,75	9,83	7,38
Massa Linear Encontrada (tex)	14,91	10,07	7,29
RPM fuso Teórico	19.166	19.804	16.072
Velocidade (MPM)	19,68	14,43	10,03
RPM 1º Cilindro	232,01	170,17	118,27
Diâmetro 1º Cilindro (mm)	27	27	27
Eficiência (%)	92	92	92
Produção (Kg/dia)	461,48	225,58	117,6
Número de Fusos	1.200	1.200	1.200

¹⁰⁹ Fonte: Toyota Máquinas Têxteis (2017)

Apêndice 14 - Dados Mecânicos de Filatórios Anel Compacto - Toyota Máquinas Têxteis -

Etapa 6¹¹⁰

Dados Mecânicos	Etapa 4 - Toyota (Sistema Compacto)		
Filatório	T1	T1	T1
Marca	Toyota	Toyota	Toyota
Modelo	RX240E	RX240E	RX240E
Massa Linear (tex)	15	10	7
Massa Linear Preparação (tex)	393	393	393
Torção por Metro	974	1372	1602
Torção por Polegada	24,73	34,86	40,7
Coefficiente de Torção (tex)	3.741	4.302	4.352
Torção por Metro Encontrada	1.003	1.384	1.621
Estiragem	26,56	39,84	53,12
Compensação de Estiragem	104	104	104
Pré-estiro	1,2	1,2	1,2
Viajante	Kanai FC ESY/HF 8/0	Kanai FC ESY/HF 12/0	Kanai FC ESY/HF 12/0
Diâmetro do Anel (mm)	36	36	36
Apoio de Manchão	Lilás	Lilás	Lilás
Escartamento de Entrada	44	44	44
Escartamento de Saída	45	45	45
Braço Pendular	PK2025+	PK2025+	PK2025+
Pressão Braço Pendular	Verde	Verde	Verde
Pressão Média	10	10	10
Contra Pressão	12	12	12
Dureza Borracha Entrada	70	70	70
Dureza Borracha Intermediária	63	63	63
Dureza Borracha Saída	63	63	63
Pressão de Sucção Compacta (kPa)	3,6	3,4	3,2
Massa Linear Teórica (tex)	14,75	9,83	7,38
Massa Linear Encontrada (tex)	15,58	10,49	7,75
RPM fuso Teórico	19.166	19.804	16.072
Velocidade (MPM)	19,68	14,43	10,03
RPM 1° Cilindro	232,01	170,17	118,27
Diâmetro 1° Cilindro (mm)	27	27	27
Eficiência (%)	92	92	92
Produção (Kg/dia)	461,48	225,58	117,6
Número de Fusos	1.200	1.200	1.200

¹¹⁰ Fonte: Toyota Máquinas Têxteis (2017)

Apêndice 15 – Parâmetros de Ensaio Realizados na Cocamar Cooperativa Agroindustrial¹¹¹

Ensaio	Aparelho	Parâmetros de Ensaio	Quantidade de Análise por Amostra	Norma Relacionada
Parâmetros de Massa	Regularímetro PREMIER IQ2 DX	Fios Velocidade: 400 metros/minuto Tempo: 2,5 minutos	1	ASTM D 1425
		Fitas e Pavios Velocidade: 50 metros/minuto Tempo: 2,5 minutos	1	
Parâmetros Dinamométricos	Dinamómetro USTER TENSORAPID 3	Fios Velocidade: 5000 milímetros/minuto Pré tensão (FV): 0,5 cN/tex Distância entre Garras (LV): 500 mm Pressão das Garras (Pcl): 112 N/cm ² (10%)	20	ASTM D 2256
Determinação de Torção	Torsiómetro MARTE	Distorcer-Torcer Distância entre Garras: 500 mm Pré tensão: 0,5 cN/tex	3	ASTM D 1423
Análise de Fibras	HVI PREMIER ART 2	Cotton Calibration Standards Short UHML - 25,37 mm Strength - 24,40 gf/tex UI - 77,50% Elong - 6,20% Long UHML - 30,84 mm Strength - 34,10 gf/tex UI - 84,50% Elong - 6,80% Finura / Micronaire Low Mic - 2,57 High Mic - 5,49	1	ASTM D 5867
Determinação de Massa Linear (Título)	ASPA e BALANÇA MARTE	Corpo de prova: 110 metros Pré tenção: posição 5.0	1	ABNT NBR 13214 ASTM D 861

ASTM D 1425 -14 Standard Test Method for Evenness of Textile Strands sing Capacitance Testing Equipment

ASTM D 2256 - 10 Standard Test Method for Tensile Properties of Yarns by the Single Strand Method

ASTM D 1423 - 02 Standard Test Method for Twist in Yarns by Direct Counting

ASTM D 5867 - 05 Standard Test Method for Measurement of Physical properties of Cotton Fibers by High Volume Instruments

ABNT NBR 13214:1994 Materiais Têxteis – Determinação do Título de Fios – Método de Ensaio

ASTM D 861 - 13 Standard Practice for Use of the Tex System to Designate Linear Density of Fibers, yarn Intermediates, and Yarns.

¹¹¹ Fonte: Cocamar Cooperativa Agroindustrial (2017)

Apêndice 16 – Parâmetros de Ensaio de Resistência de Tecidos Realizados na Universidade do Minho¹¹²

Ensaio	Aparelho	Parâmetros de Ensaio	Quantidade de Análise por Amostra	Norma Relacionada
Parâmetros Dinamométricos	Dinamómetro de Bancada HOUNSFIELD H 100 KS	Carga 2000 N Velocidade: 100 mm/minuto Pré tensão: 5 N Distância entre Garras: 200 mm Largura do Corpo de Prova: 50 mm	1	ASTM D 5035

ASTM D 5035 -11 Standard Test Method for Breaking Force and Elongation of Textile Fabrics (Strip Method)

¹¹² Fonte: Universidade do Minho (2017)

Apêndice 17 – Logística de envio de Materiais para Toyota Máquinas Têxteis¹¹³

Realizou-se a logística para se efetuar o envio de maçarocas (Pavio) para a Toyota Máquinas Têxteis, na sua sede no Japão. Selecionaram-se 4 maçarocas (500 gramas cada) produzidas na Cocamar Cooperativa Agroindustrial, as quais foram enviadas para a filial Toyota Máquinas Têxteis Brasil (São Paulo – Brasil), para que esta realizasse a exportação do material para a sua sede Toyota Máquinas Têxteis Japão (Kariya – Japão) e fossem produzidos os fios propostos no sistema anel e sistema anel compacto. Porém, aquando do envio da primeira remessa, o material foi danificado no transporte e não foi possível a realização dos desenvolvimentos, fato que postergou os ensaios por um período de 3 meses. Para a segunda remessa, desenvolveu-se uma embalagem com tubos de PVC para proteger o material durante o transporte, conforme apresentado na Figura Abaixo.



Figura Apêndice: Embalagens para maçarocas¹¹⁴

Subsequentemente ao desenvolvimento dos ensaios, realizou-se o processo logístico reverso com os fios produzidos.

¹¹³ Fonte: Próprio Autor (2017)

¹¹⁴ Fonte: Próprio Autor (2017)

Apêndice 18 – Relação de Termos Têxteis¹¹⁵

Apesar de o acordo ortográfico da língua portuguesa ser um tratado firmado com o objetivo de criar uma ortografia unificada para o idioma português em países de língua oficial portuguesa, há alguns termos e palavras que continuam sendo utilizados nos seus respectivos países devido aos costumes e culturas. É apresentada uma relação de termos têxteis que apresentam diferenças entre a língua portuguesa de origem em Portugal e língua portuguesa de origem no Brasil.

Língua Portuguesa (Portugal)	Língua Portuguesa (Brasil)
Abridor e Batedor	Sala de Abertura
Laminador	Passadeira ou Passador
Torce	Maçaroqueira (banco)
Mecha	Pavio
Canela	Tubete
Contínuo de anéis	Filatório de anéis
Canela	Canilha
Bobinadeira	Conicaleira
Debuxo de tecido	Padronagem de tecido
Teia	Urdume
Massa Linear	Título

¹¹⁵ Fonte: Próprio Autor (2017)

Apêndice 19 – Imagens de Fios e Tecidos Obtidos nos Desenvolvimentos¹¹⁶



¹¹⁶ Fonte: Próprio Autor (2017)

Anexo 1 – Tabela de Estiragem Total da Maçaroqueira Toyota FL 200¹¹⁷

1. FL CONDITION SETTING

[3] Choosing the Total Draft Change Wheel (TDC)

[3.1] Second Roller Drive (Specifications)

(1) Total draft gearing diagram

(2) Calculation formula

$$\text{Total draft constant} = \frac{104 \times 83 \times 21}{26 \times 20} = 348.60$$

$$\text{No. of teeth on total draft change wheel} = \frac{348.60}{\text{Total draft}}$$

Handwritten note: $\frac{6,70}{0,120} = 5,58$

(3) Total draft table

NO. OF TEETH (T.D.C)	TOTAL DRAFT	NO. OF TEETH (T.D.C)	TOTAL DRAFT
22	15.85	48	7.26
23	15.12	49	7.11
24	14.53	50	6.97
25	13.94	51	6.84
26	13.41	52	6.70
26	13.41	(53)	(6.58)
27	12.91	54	6.46
28	12.45	55	6.34
29	12.02	56	6.23
30	11.62	57	6.12
31	11.25	58	6.01
32	10.89	59	5.91
33	10.56	(60)	(5.81)
34	10.25	61	5.71
35	9.95	62	5.62
36	9.68	63	5.53
37	9.42	64	5.45
38	9.17	65	5.36
39	8.94	66	5.28
40	8.72	67	5.20
41	8.50	68	5.13
42	8.30	69	5.05
43	8.11	70	4.98
44	7.92	71	4.91
45	7.74	72	4.84
46	7.58	73	4.78
47	7.42	74	4.71
		75	4.65

1.1-4

Observação: As relações de engrenagens destacadas são as que a Cocamar possui no depósito de estoque de engrenagens.

¹¹⁷ Fonte: Cocamar Cooperativa Agroindustrial (2015)

Anexo 2 – Tabela de Estiragem Total de Filatório Fasa-Zinser 260¹¹⁸

TABELA DE ESTIRAGEM - FILATÓRIOS FASA MOD. 260														
PE	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19
Constante estiragem	10,084	10,084	10,084	10,084	10,084	10,084	10,084	10,084	10,084	10,084	10,084	10,084	10,084	10,084
PEA	ESTIRAGEM TOTAL													
60														
61														
62														
63														
64														
65														
66														
67														
68	21,43													
69	21,74	22,45												
70	22,06	22,77	23,53											
71	22,37	23,10	23,87	24,69										
72	22,69	23,42	24,20	25,04	25,93									
73	23,00	23,75	24,54	25,38	26,29	27,26								
74	23,32	24,07	24,87	25,73	26,65	27,64	28,70							
75	23,63	24,40	25,21	26,08	27,01	28,01	29,09	30,25						
76	23,95	24,72	25,55	26,43	27,37	28,38	29,48	30,66	31,93					
77	24,26	25,05	25,88	26,77	27,73	28,76	29,86	31,06	32,35	33,76				
78	24,58	25,37	26,22	27,12	28,09	29,13	30,25	31,46	32,77	34,20	35,75			
79	24,89	25,70	26,55	27,47	28,45	29,51	30,64	31,87	33,19	34,64	36,21	37,94		
80	25,21	26,02	26,89	27,82	28,81	29,88	31,03	32,27	33,61	35,07	36,67	38,42	40,34	
81	25,53	26,35	27,23	28,17	29,17	30,25	31,42	32,67	34,03	35,51	37,13	38,90	40,84	42,99
82	25,84	26,67	27,56	28,51	29,53	30,63	31,80	33,08	34,45	35,95	37,59	39,38	41,34	43,52
83	26,16	27,00	27,90	28,86	29,89	31,00	32,19	33,48	34,87	36,39	38,04	39,86	41,85	44,05
84	26,47	27,32	28,24	29,21	30,25	31,37	32,58	33,88	35,29	36,83	38,50	40,34	42,35	44,58
85	26,79	27,65	28,57	29,56	30,61	31,75	32,97	34,29	35,71	37,27	38,96	40,82	42,86	45,11
86	27,10	27,97	28,91	29,90	30,97	32,12	33,35	34,69	36,13	37,71	39,42	41,30	43,36	45,64
87	27,42	28,30	29,24	30,25	31,33	32,49	33,74	35,09	36,55	38,14	39,88	41,78	43,87	46,17
88	27,73	28,63	29,58	30,60	31,69	32,87	34,13	35,50	36,97	38,58	40,34	42,26	44,37	46,70
89	28,05	28,95	29,92	30,95	32,05	33,24	34,52	35,90	37,39	39,02	40,79	42,74	44,87	47,24
90	28,36	29,28	30,25	31,30	32,41	33,61	34,91	36,30	37,82	39,46	41,25	43,22	45,38	47,77
91	28,68	29,60	30,59	31,64	32,77	33,99	35,29	36,71	38,24	39,90	41,71	43,70	45,88	48,30
92	28,99	29,93	30,92	31,99	33,13	34,36	35,68	37,11	38,66	40,34	42,17	44,18	46,39	48,83
93	29,31	30,25	31,26	32,34	33,49	34,73	36,07	37,51	39,08	40,77	42,63	44,66	46,89	49,36
94	29,62	30,58	31,60	32,69	33,85	35,11	36,46	37,92	39,50	41,21	43,09	45,14	47,39	49,89
95	29,94	30,90	31,93	33,03	34,21	35,48	36,85	38,32	39,92	41,65	43,54	45,62	47,90	50,42
96	30,25	31,23	32,27	33,38	34,57	35,85	37,23	38,72	40,34	42,09	44,00	46,10	48,40	50,95
97	30,57	31,55	32,60	33,73	34,93	36,23	37,62	39,13	40,76	42,53	44,46	46,58	48,91	51,48
98	30,88	31,88	32,94	34,08	35,29	36,60	38,01	39,53	41,18	42,97	44,92	47,06	49,41	52,01
99	31,20	32,20	33,28	34,42	35,65	36,97	38,40	39,93	41,60	43,41	45,38	47,54	49,92	52,54
100	31,51	32,53	33,61	34,77	36,01	37,35	38,78	40,34	42,02	43,84	45,84	48,02	50,42	53,07

As engrenagens selecionadas fazem parte do estoque do depósito de engrenagem.

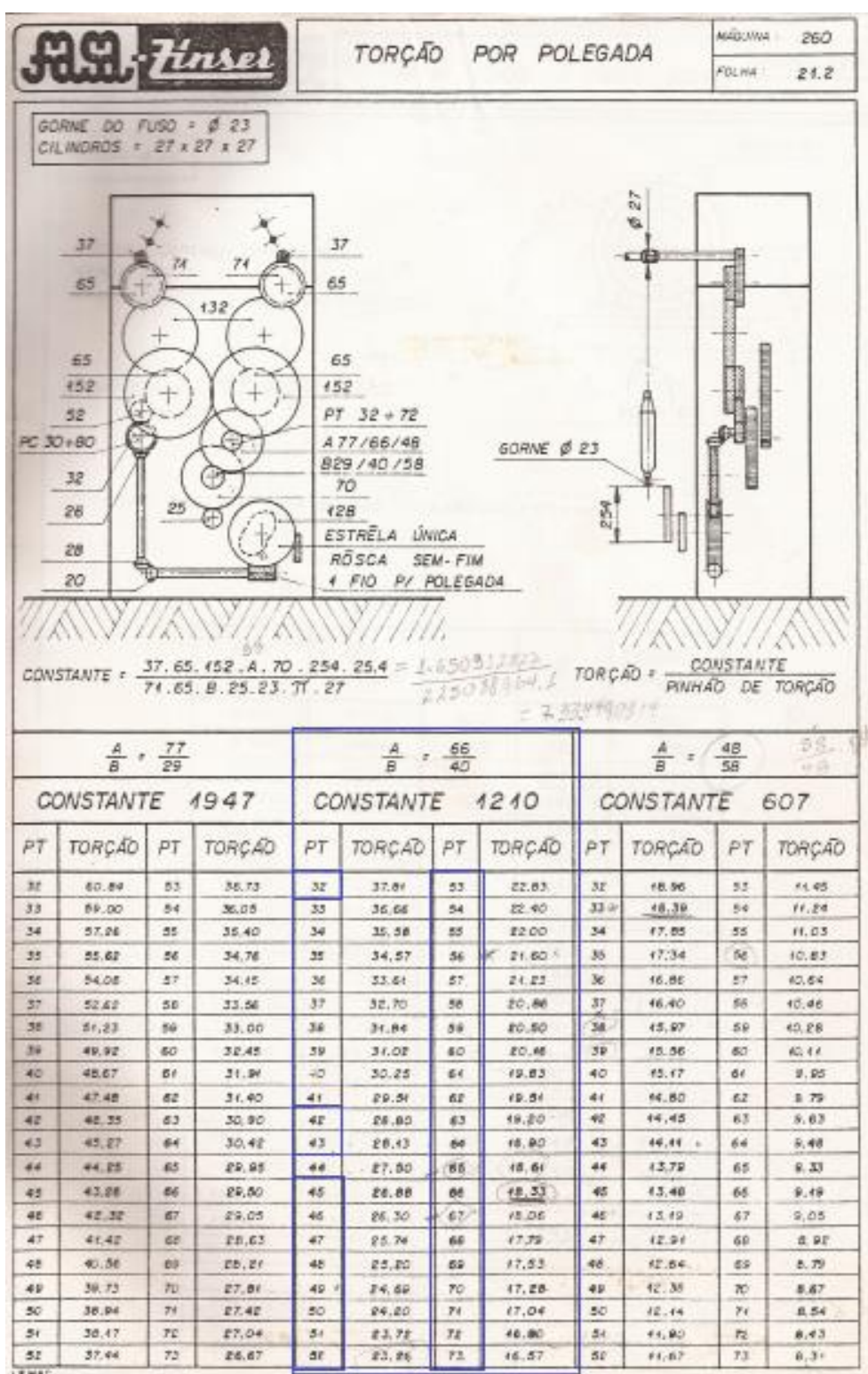
PE - Pinhão de Estiragem

PEA - Pinhão de Estiragem Auxiliar

Observação: Segundo a Cocamar, os dados desta planilha foram retirados do catálogo de instruções de serviço do filatório Fasa-Zinser modelo 260. O objetivo é preservar o catálogo de instruções e disponibilizar os dados eletronicamente nos diversos setores da indústria.

¹¹⁸ Fonte: Cocamar Cooperativa Agroindustrial (2015)

Anexo 3 – Tabela de Torção por Polegada do Filatório Fasa-Zinser 260¹¹⁹



Observação: As relações de engrenagens destacadas são as que a Cocamar possui no depósito de estoque de engrenagens.

¹¹⁹ Fonte: Cocamar Cooperativa Agroindustrial (2015)

Anexo 4 – Declaração da Cocamar Cooperativa Agroindustrial¹²⁰


Maringá, 24 de julho de 2017.

DECLARAÇÃO

Declaramos para os devidos fins que FLÁVIO AVANCI DE SOUZA (id 5041), brasileiro, casado, passaporte número FL723171, Doutorando do curso Programa Doutoral em Engenharia Têxtil no Centro de Ciência e Tecnologia Têxtil da Universidade do Minho, participou de ambientação de cooperativismo, Qualidade e segurança no trabalho em 21 de setembro ano de 2015, e a partir desta data até o dia 30 de junho de 2017 realizou visitas constantes a Indústria de Fios da Cocamar Cooperativa Agroindustrial para o planejamento, desenvolvimento e ensaios físicos de fios com baixa massa linear, utilizando o algodão brasileiro. Destaca-se que no decorrer dos trabalhos elaborou-se também o planejamento e desenvolvimento dos fios por meio da parceria técnica cliente/fornecedor, ou seja, Cocamar/Toyota, onde a preparação do material utilizando algodão brasileiro foi desenvolvida na Cocamar e o processo de fiar das respectivas amostras foram desenvolvidos no centro de pesquisa e laboratórios experimentais de fios da Toyota Máquinas Têxteis em sua sede no Japão, como parceria/prestação de serviço à Cocamar.

Salientamos que autorizamos a utilização do nome da instituição, assim como resultados obtidos e as identificações de equipamentos utilizados nos desenvolvimentos da presente pesquisa.

Por ser verdade, assinamos a presente declaração.



VALQUIRIA DEMARCHI ARNS
GERENTE INDUSTRIAL
VALQUIRIA DEMARCHI ARNS
Gerente Industrial

COCAMAR COOPERATIVA AGROINDUSTRIAL
Estrada Domínio de Marcos Correa, 1000 - Ca. Postal 832 - Fone (044) 3221-3700 - CEP 87061-140
Maringá - PR, Inscr. Estadual 701.82859-8 - C.O.C (IMP) 79.114.4780061-49
valquiria.demarchi@cocamar.com.br - home page: www.cocamar.com.br

¹²⁰ Fonte: Cocamar Cooperativa Agroindustrial (2017)

Anexo 5 – Equações para Cálculos de Custo de Produção¹²¹

Para a realização dos cálculos de produção dos fios (kg/dia) utilizam-se as Equações A5.1 e A5.2.

$$V = \frac{\text{RPM fuso}}{T/m} \quad \text{Equação (A5.1)}$$

Onde:

V – Velocidade do cilindro de saída (metros / minuto)

Rpm Fuso – Rotações por minuto do fuso

T/m – Torções por metro

$$P \text{ (kg/dia)} = \frac{V \times \text{tex} \times 60 \times 24 \times \eta \times n^{\circ} f}{1.000.000} \quad \text{Equação (A5.2)}$$

Onde:

P – Produção em quilogramas por dia

V – Velocidade do cilindro de saída (metros/minuto)

η – Rendimento de Produção (%)

$n^{\circ} f$ – Número de fusos da máquina

tex – Sistema de massa linear tex

Para o rateio dos custos de produção utilizam-se as Equações A5.3 e A5.4.

$$P_{\text{mensal}} = P \times 30 \times n^{\circ} \text{filatório} \quad \text{Equação (A5.3)}$$

Onde:

P_{mensal} – Produção em quilogramas por mês do fio na linha

P – Produção em quilogramas por dia do fio

$n^{\circ} \text{filatório}$ – Número de filatório rodando o fio

$$CI = \frac{C_{\text{fab}} \times n^{\circ} \text{filatório}}{n^{\circ} \text{filatório linha} \times P_{\text{mensal}}} \quad \text{Equação (A5.4)}$$

Onde:

CI – Custo Industrial (R\$/Kg)

C_{fab} – Custo de Fabricação da linha (R\$)

$n^{\circ} \text{filatório}$ – Número de filatório rodando o fio

$n^{\circ} \text{ filatório da Linha}$ – Número de filatório total da linha de Produção

P_{mensal} – Produção em quilogramas por mês do fio na linha

¹²¹ Fonte: Brunholi (2017a)

Quanto ao custo da matéria-prima, utiliza-se a Equação A5.5 para determinar o custo de matéria-prima com ICMS, a Equação A5.6 para determinar a previsão de consumo de matéria-prima para produzir determinado peso de fio e a Equação A5.7 para determinar o custo total da matéria-prima por quilograma de fio.

$$\text{CMP c/ ICMS} = \frac{\text{CMP}}{(1 - \text{ICMS}\%)}$$

Equação (A5.5)

Onde:

CMP c/ ICMS – Custo de Matéria-prima com ICMS em Real por Quilograma de fibra (R\$/Kg)

ICMS – Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (12%)

CMP – Custo da Matéria-prima em Real por Quilograma (R\$/Kg) sem ICMS

$$\text{PMP} = \frac{\text{peso do fio}}{(1 - \text{Q}\%)}$$

Equação (A5.6)

Onde:

PMP – Previsão do consumo de matéria-prima para produzir determinado peso de fio (kg)

Q% – Quebra de matéria-prima na linha de produção (%)

Peso do fio – Peso do fio em quilogramas (Kg)

$$\text{CPMF} = \frac{(\text{PMP} \times \text{CMP c/ ICMS}) - (2\%)*}{(\text{peso do fio})}$$

Equação (A5.7)

Onde:

CPMF – Custo total da matéria-prima por quilograma de fio (R\$/Kg)

PMP – Previsão do consumo de matéria-prima para produzir determinado peso de fio (kg)

CMP c/ ICMS – Custo de Matéria-prima em Reais por quilograma de fibra com ICMS (R\$/Kg)

*2% - Recuperação de resíduos destinados a outras linhas (R\$)

peso do fio – Peso do fio em quilogramas (Kg)