

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO PAULO
Tecnologia em Materiais

Gabriela Oliveira Campos

TECNOLOGIA DE FIBRAS TÊXTEIS: POLIAMIDA, POLIÉSTER E ELASTANO

São Paulo
2017

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO PAULO
Tecnologia em Materiais

Gabriela Oliveira Campos

TECNOLOGIA DE FIBRAS TÊXTEIS: POLIAMIDA, POLIÉSTER E ELASTANO

Monografia apresentada no curso de Tecnologia em Materiais da FATEC-SP como requisito parcial para obtenção o título de Tecnólogo em Materiais.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Lilian Satomi Hanamoto.

São Paulo
2017

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais e familiares que com muito trabalho, dedicação e amor promoveram as melhores oportunidades de ensino e de vida que eu poderia desejar.

Um grande e merecido muito obrigado a todos os amigos que a vida me proporcionou, em especial ao meu amigo *Thiago* por estar sempre disponível para ouvir das minhas reclamações.

E por último e não menos importante, agradeço a todos os meus professores da Faculdade de Tecnologia de São Paulo, com destaque para a minha orientadora *Profª. Drª. Lilian Satomi Hanamoto* que durante esses três anos fez todos os questionamentos necessários para tentar tornar as informações passadas em aula em formação de qualidade.

"I solemnly swear that I am up to no good"

J.K. Rowling

RESUMO

As fibras sintéticas, em particular a poliamida, o poliéster e o elastano se destacam no setor têxtil quando comparadas com as fibras tradicionalmente utilizadas. As fibras de poliamida se tornaram famosas no mercado pela sua alta resistência mecânica, por sofrerem pouca deformação e terem também diferentes níveis de absorção de água. Elas foram desenvolvidas inicialmente para reproduzir as propriedades da seda, sendo aplicadas nesse cenário na confecção de meias femininas em escala de industrial. Já o alto consumo das fibras de poliéster deve-se basicamente ao baixo custo de produção deste tipo de fibra, que pode ser vendida a preços menores do que seus principais concorrentes. Uma das características mais relevantes do poliéster é sua elevada resistência à umidade e ao amassamento. Entretanto elas são poucas elásticas e sua recuperação ao alongamento é menor quando comparada com a poliamida. Já as fibras de elastano se destacam no mercado por suas notáveis propriedades de alongamento e recuperação que enobrecem diferentes tipos de tecidos, adicionando novas dimensões de caimento e conforto das roupas.

Palavras chaves: Fibras sintéticas, poliamida, poliéster, elastano.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. PROCESSOS DE FABRICAÇÃO	8
2.1. FIAÇÃO	8
2.2. TECELAGEM	9
2.2.1. TECIDOS PLANOS	10
2.2.2. MALHARIA	11
2.2.3. TECIDO NÃO-TECIDO.....	12
2.3. BENEFICIAMENTO	13
3. FIBRAS TÊXTEIS	13
3.1. FIBRA: DEFINIÇÃO E CARACTERÍSTICAS GERAIS.....	15
3.2. FIBRAS TÊXTEIS: DEFINIÇÃO E CARACTERÍSTICAS GERAIS	16
4. FIBRAS SINTÉTICAS	18
4.1. PROCESSAMENTO DAS FIBRAS SINTÉTICAS	20
4.2. ESTRUTURA QUÍMICA E MORFOLOGIA CRISTALINA	21
5. POLIAMIDA.....	25
5.1. PROPRIEDADES DAS FIBRAS DE POLIAMIDA	25
5.2. POLIAMIDA 6.....	27
5.3. POLIAMIDA 6,6.....	28
6. POLIÉSTER	29
6.1. PROPRIEDADES DAS FIBRAS DE POLIÉSTER	30
6.2. OBTENÇÃO DO POLIÉSTER.....	31
7. ELASTANO	32
7.1. PROPRIEDADES DAS FIBRAS DE ELASTANO	32
7.2. OBTENÇÃO DO ELASTANO.....	33
8. CONCLUSÃO.....	36
9. REFERÊNCIAS	37

1. INTRODUÇÃO

Os tecidos são os principais produtos obtidos na indústria têxtil, eles são produzidos em alta escala para atender as necessidades dos consumidores, como por exemplo na área hospitalar, doméstica e de segurança. Sua produção envolve uma cadeia produtiva extensa e para que todas as etapas sejam bem efetuadas é necessário o desenvolvimento e aplicação de uma tecnologia específica voltada a sua obtenção. Essa tecnologia divide-se basicamente entre o aprimoramento do processo produtivo (Ver página 8) e a pesquisa e desenvolvimento das matérias-primas que compõem os tecidos, as chamadas fibras têxteis.

A indústria têxtil é constituída dos segmentos de fiação, tecelagem e beneficiamento, sendo que o segmento da tecelagem pode ainda se subdividir entre a produção de tecidos planos, de malhas e não-tecidos ⁽¹⁾.

As atividades produtivas do segmento têxtil são atividades interdependentes, porém com relativa independência dentro do processo produtivo, o que permite a coexistência de empresas especializadas e com diferentes graus de atualização tecnológica. O resultado de cada etapa de produção pode alimentar a etapa seguinte, independentemente de fatores como escala e tecnologia de produção ⁽²⁾.

A Figura 1 apresenta o fluxograma da relação entre os tipos de materiais e os processos utilizados na fabricação de materiais têxteis.

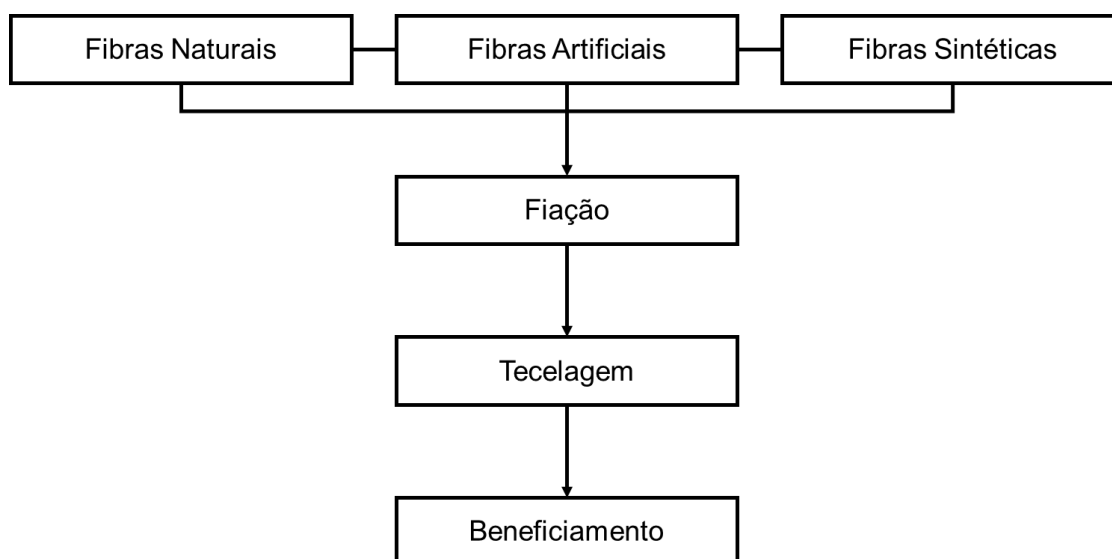


Figura 1. Fluxograma da relação entre materiais e processos na produção do material têxtil acabado.

Na Figura 1 observa-se, primeiramente, três grandes classes de fibras, as quais são empregadas na produção de fios pelo processo de fiação, que por sua vez fornece o material necessário para o processo de tecelagem. O produto desse processo é direcionado para o beneficiamento, responsável pelo tratamento final do tecido que será empregado na produção, por exemplo, de vestuários, estofamentos, tapetes, carpetes, cobertores, lonas, entre outros.

O objetivo principal desse trabalho é o estudo da tecnologia utilizada na produção de fibras têxteis sintéticas, com destaque para as fibras de poliamida, poliéster e elastano, abordando também as propriedades essenciais de cada uma delas.

Primeiramente, contextualiza-se estes materiais no cenário geral da tecnologia de tecidos, através da descrição inicial dos processos de fabricação a partir da etapa fiação, seguida da abordagem da tecnologia envolvida na produção e aplicação das fibras sintéticas.

2. PROCESSOS DE FABRICAÇÃO

2.1. FIAÇÃO

O processo de fiação pode ser descrito como a etapa de obtenção do fio a partir das fibras têxteis utilizadas como matéria-prima. As propriedades físicas da matéria-prima condicionam e definem o processo de fiação a ser utilizado ⁽³⁾.

Já que para diversas fibras o processo de fiação é semelhante, inicialmente apenas será descrito resumidamente as etapas da fiação do algodão ⁽⁴⁾, sendo que, no decorrer do trabalho também será abordado um processo específico utilizado para a obtenção das fibras sintéticas.

O algodão chega à fiação sob a forma de fardos. Estes fardos passam por um processo de abertura no qual são desmanchados e limpos. As fibras são então sugadas para uma máquina conhecida como carda, onde formam, por filtragem, uma manta de fibras em posição caótica, como aquela obtida em um filtro de aspirador de pó. Esta manta é penteada pela carda a fim de se obter fibras paralelas que facilitem a produção de fios ⁽⁴⁾.

A manta é então cortada em fitas no sentido do comprimento, com largura de aproximadamente 1,5 cm, sendo chamadas de fitas de carda. Estas fitas sofrerão

processo de estiragem, passando por pares de cilindros sucessivos, onde cada par de cilindros subsequente gira a uma velocidade um pouco maior que o par anterior ⁽⁴⁾.

A fita obtida após a estiragem inicial apresenta pouca resistência, o que é resolvido por processos sucessivos de retorcimento e estiramento, obtendo-se um fio simples. O número de ciclos estiramento-retorcimento determina a espessura e, portanto, a resistência do fio. Esta característica também depende do comprimento médio das fibras ⁽⁴⁾.

O fio simples obtido desta forma pode também ser retorcido juntamente com um ou mais fios, formando fios diferentes, que variam de acordo com a torção empregada. Por fim estes fios são enrolados em cones, e passam para a etapa de tecelagem ⁽⁴⁾.

2.2. TECELAGEM

Após a escolha da fibra e a confecção do fio, começa a fase de produção do tecido, sendo necessário escolher a forma de tramar os fios. Em princípio, pode-se pensar que o processo de tramar os fios é algo puramente mecânico. Porém, a forma como o material, neste caso os fios, está organizado vai influenciar em algumas escolhas de acabamentos envolvendo agentes químicos ⁽⁵⁾.

Durante o processo de tecelagem, podem ser obtidos três produtos distintos: o tecido plano, a malha e o tecido não-tecido, sendo as principais diferenças entre eles relacionadas com a estrutura e a geometrias particulares de cada um dos artigos, obtidas a partir do emprego de processos de produção distintos, conferindo diferentes características ao produto final como, por exemplo, a maior flexibilidade e elasticidade da malha se comparada a resistência dos tecidos planos ⁽³⁾.

Antes de serem processados no tear, os fios passam por uma série de operações de preparação para a tecelagem, constituídas principalmente pelos processos de urdição e engomagem ⁽³⁾.

A urdição consiste em construir um sistema de fios paralelos, rigorosamente individualizados, de mesmo comprimento e com a mesma tensão, posicionados no sentido longitudinal, na exata ordem que o tecido final exige, sendo este sistema enrolado num eixo, conhecido como rolo de urdume. Dessa forma, o rolo de urdume pode ser montado na parte posterior dos teares ou levado para o processo seguinte de preparação, conhecido como engomagem ⁽³⁾.

A etapa de engomagem é um processo contínuo sendo dividida em diversas seções, com finalidades bem distintas entre si, mas com um único objetivo ao final do processo, que é o de engomar o fio, ou seja, torna-lo mais resistente com a adição de goma e aquecimento ⁽³⁾. As gomas tornam a superfície do fio mais lisa, sem fibras projetadas lubrificando-as e diminuindo suas tensões e atritos ⁽⁴⁾.

2.2.1. TECIDOS PLANOS

A produção de tecidos planos caracteriza-se, tradicionalmente, pelo cruzamento de dois sistemas de fios paralelos, denominados urdume e trama, por meio da utilização de um tear ⁽⁴⁾.

A Figura 2 mostra o desenho dos fios de urdume e trama (Figura 2a e 2b) inseridos em um tear, que é constituído pelo rolo de urdume, quadro de liços, lançadeira e pente (Figura. 2c a 2f, respectivamente).

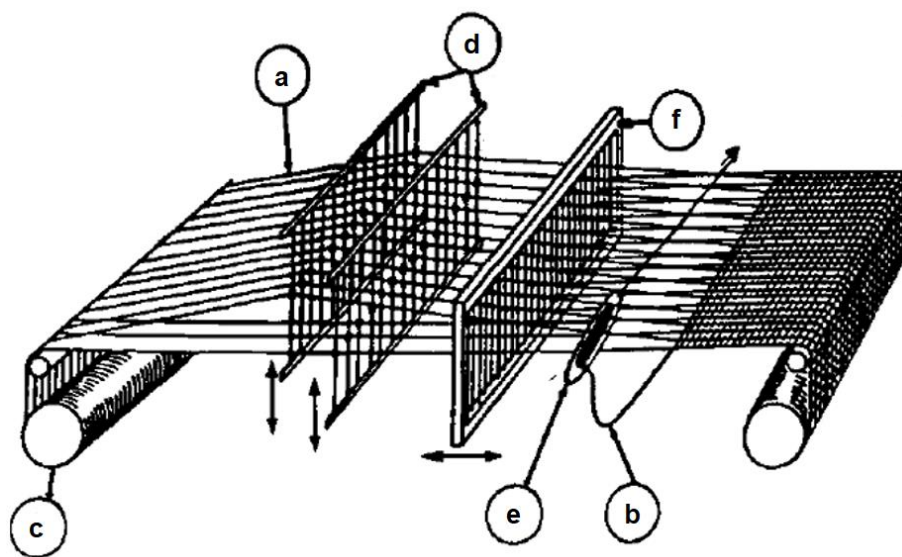


Figura 2. Desenho de fios paralelos inseridos no tear. Fios paralelos: (a) urdume e (b) trama. Partes do tear: (c) rolo de urdume, (d) quadro de liços, (e) lançadeira, (f) pente.

No processo de tecelagem, os fios de urdume saem do rolo de urdume e passam pelas agulhas dos quadros de liços. O abaixar e levantar alternados destes quadros de liços faz com que se abra, entre as duas camadas de fios, um espaço chamado de cala, por onde é inserido o fio de trama (sentido da largura do tecido) através de uma lançadeira ou outro sistema. Logo após a passagem do fio de trama, o pente se desloca fortemente para a direita, batendo os fios de trama de forma a

aproximar este último fio dos anteriores. Este processo se repete a velocidades que podem chegar a 1.000 batidas por minuto, produzindo o tecido ⁽⁴⁾.

Os teares utilizados para tecelagem plana foram subdivididos em diversas gerações, de acordo com a evolução deles e o aparecimento de novas tecnologias. A primeira geração de teares comporta aqueles modelos mais convencionais, em geral possuindo lançadeiras, trabalhando em menor velocidade, com limitação para tecer artigos com mais de 140 cm de largura, mas com possibilidade de produzir qualquer tipo de tecido plano ⁽³⁾.

Já os teares mais modernos possuem, como diferenciais, a alta velocidade de produção permitida, não apresentam restrições quanto a largura dos tecidos, possibilitando atendimento as exigências das grandes empresas confeccionistas, além de serem bastante eficientes no processo produtivo ⁽³⁾.

2.2.2. MALHARIA

A produção de malhas surgiu da mecanização do processo de tricotagem conhecido há séculos. A malha é formada pelas laçadas de dois fios diferentes que podem ou não ser do mesmo tipo de material ⁽⁴⁾.

A Figura 3 mostra a estrutura do tecido formado pelo processo de tricotagem entre os sistemas de fios (a) e (b), onde eles se alternam ao longo do comprimento do tecido ⁽⁴⁾.

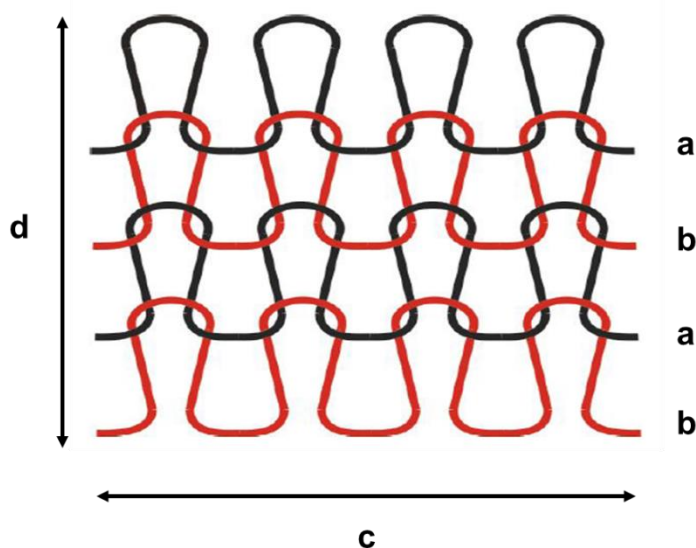


Figura 3. Desenho da estrutura formada por tricotagem de dois sistemas de fios diferentes (a) e (b). Dimensões do tecido: (c) largura e (d) comprimento ⁽²⁾.

Neste sentido, um tear de malha se baseia num conjunto de agulhas que formam e passam as lançadas, formando a malha. Os primeiros teares de malha tinham as agulhas situadas em linha reta, como as máquinas de tricô domésticas. Os mais modernos são circulares para evitar a perda de tempo na parada do processo para mudança de sentido das lançadas ⁽⁴⁾. Esses teares são chamados de circulares, pois os alimentadores são dispostos em círculos, produzindo um tecido tubular contínuo. Eles apresentam alto rendimento, sendo também bastante versáteis, possibilitando a produção dos mais diversos tipos de tecidos ⁽³⁾.

A partir do início o século XX, devido à sua elasticidade e maciez e ao grande desenvolvimento dos teares, a obtenção da malha passou a ocupar um volume relevante. Um bom malheiro, no início do século, conseguia produzir 200 lançadas por minuto, hoje um tear circular moderno pode produzir 360.000 lançadas por minuto ⁽⁴⁾.

2.2.3. TECIDO NÃO-TECIDO

Tecidos não-tecidos (TNT) são produzidos a partir de mantas fibrosas estendidas (em paralelo, cruzadas ou aleatoriamente) e ligadas pela aplicação de adesivos ou pela utilização de fibras unidas sob calor e pressão ⁽⁴⁾.

A Figura 4 mostra a estrutura do tecido não tecido, sendo formado em sua grande maioria pela disposição aleatória dos fios.

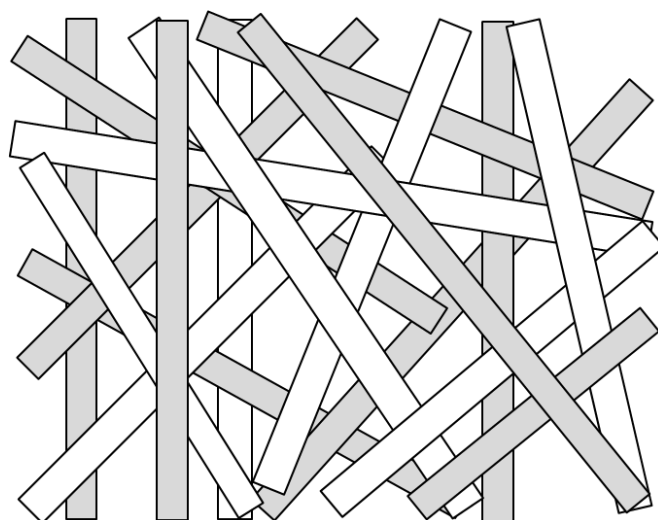


Figura 4. Desenho da estrutura do tecido não tecido, com a disposição aleatória dos fios.

Na fabricação dos TNTs podem ser utilizadas fibras naturais ou manufaturadas, usando um grupo de tecnologias especializadas, onde a produção da fibra, formação

e consolidação do véu ocorrem geralmente ao mesmo tempo e no mesmo local ⁽⁶⁾. Esses tipos de tecido têm grande aplicação na produção de fraldas descartáveis, absorventes higiênicos, produtos hospitalares e outros descartáveis ⁽⁴⁾.

2.3. BENEFICIAMENTO

Após a etapa de tecelagem, para que o tecido chegue às mãos do consumidor com as características desejadas é necessária à sua passagem por setores que irão empregar acabamentos adequados ⁽⁵⁾.

Em geral, os acabamentos aplicados aos tecidos estão divididos em três categorias: acabamentos primários, secundários e terciários. O beneficiamento primário ou preparação, é composta por operações realizadas sobre o tecido, que visam colocá-lo em condições de receber coloração parcial ou total e, conseqüentemente, o acabamento final. Para chegar nessas condições, os tecidos passam por diversos processos e ou operações (chamuscagem, alvejamento, desengomagem, mercerização, etc.) para eliminar óleos, ceras, pigmentos, marcações e sujeiras provenientes das etapas de fiação e tecelagem ^(3,7).

Os secundários envolvem a aplicação de corantes e pigmentos na tinturaria e na estamparia. É importante citar que os corantes e pigmentos usados variam de acordo com os tipos de fibras que constituem o tecido ⁽⁸⁾. Por último, os acabamentos terciários são os que modificam as características físico-químicas do tecido após os tratamentos de tinturaria e estamparia. Como exemplos desses acabamentos temos os amaciantes, os acabamentos impermeabilizantes, a aplicação de nanopartículas, dentre outros ⁽⁷⁾.

3. FIBRAS TÊXTEIS

As fibras têxteis são responsáveis por proporcionar grande parte das propriedades finais do tecido. Sendo assim, o estudo e compreensão da natureza destes elementos é de grande importância para a melhoria do que é ofertado no mercado e conseqüentemente para o avanço do setor têxtil.

Os primeiros materiais usados como fibras têxteis eram feitos de elementos grosseiros como gramíneas, junco e cana. Eles eram utilizados inicialmente para fazer telas, cestos, redes de pesca e cordas ⁽⁹⁾. Já as peles e pelos de animais eram usadas principalmente como vestuário ⁽¹⁰⁾.

Com o passar dos anos o homem notou que, alguns dos materiais utilizados por ele não supriam tão bem as suas necessidades, inevitavelmente ele começou a olhar em sua volta por elementos que pudessem ser mais eficientes. Em certo ponto da história, o homem descobriu que as fibras produzidas pelas plantas e animais poderiam ser torcidas juntas para formar o fio. Estes poderiam ser então interlaçados para obter um material flexível, quente e superiormente confortável, tal como nunca tinha sido antes experimentado ⁽¹⁰⁾. Esse acontecimento pode ser considerado como o primeiro avanço obtido no desenvolvimento de uma tecnologia aplicada nos tecidos.

Outro grande avanço ocorreu no final do século XIX com a criação das fibras químicas, que começaram a ser desenvolvidas com o objetivo de copiar e melhorar as características e propriedades das fibras naturais. À medida que suas aplicações foram crescendo, elas se tornaram uma necessidade, principalmente porque o crescimento da população mundial aumentou a demanda de vestuários a um custo mais baixo, reduzindo ao mesmo tempo, a vulnerabilidade da indústria têxtil às eventuais dificuldades da produção agrícola ⁽²⁾.

As fibras sintéticas começaram a aparecer no mercado devido ao desenvolvimento feito pelo americano Wallace Hume Carothers, que através de testes laboratoriais chegou à produção de uma revolucionária fibra têxtil a qual chamou de *Nylon*. Esta fibra produziu um impacto decisivo na indústria têxtil, competindo diretamente com o algodão, que era o principal componente das peças de vestuário na época. Além disso, as fibras de *Nylon* apresentavam propriedades diferenciadas, como uma grande resistência a abrasão, boa elasticidade e uniformidade, levando à fabricação de novos artigos e despertando o interesse para o aparecimento de outras fibras sintéticas ^(2,11).

Por volta de 1941, na Inglaterra, Winfield e Dickson, químicos britânicos descobriram a fibra de poliéster intitulada comercialmente de *Terylene* neste país e de *Dacron* nos E.U.A. A produção em grande escala desta fibra só começou em 1955 nas fabricas da Imperial Chemical Industries (ICI) superando em volume a produção do *Nylon* a um custo menor, mas ficando atrás ainda das fibras de algodão ^(10,11).

O desenvolvimento da fibra de elastano foi realizado pela DuPont por volta de 1950 e sua comercialização, com nome *Lycra*, foi iniciada em 1958 ⁽²⁾. O uso do elastano em artigos têxteis é grande quando se trata de conferir elasticidade aos artigos tradicionais de algodão, lã, poliéster, poliamida, entre outros ⁽¹²⁾.

3.1.FIBRA: DEFINIÇÃO E CARACTERÍSTICAS GERAIS

Quando a palavra fibra é pesquisada em mecanismos de busca online, uma das definições encontradas é que elas são filamentos ou células alongadas que constituem certos tecidos animais e vegetais ou certas substâncias minerais ⁽¹³⁾. Parte dessa definição está associada aos tecidos do corpo humano e a forma pela qual eles são compostos.

Em um sentido figurado, uma pessoa de fibra significa alguém com energia, pulso ou firmeza ⁽¹³⁾.

No campo dos materiais as fibras de vidro são filamentos, contínuos ou descontínuos, obtidos a partir do vidro fundido e utilizado na fabricação ou reforço de outros itens ⁽¹³⁾. Já as fibras ópticas são filamentos flexíveis capazes de transmitir luz de um emissor luminoso até um detector sensível a ela ⁽¹⁴⁾.

Basicamente nesse contexto, a matéria pode se apresentar em forma de fibra ou filamento ⁽¹⁵⁾. A Tabela 1 descreve as formas de apresentação das fibras no que diz respeito a dimensão adotada no comprimento do material.

Tabela 1. Forma de apresentação das fibras ^(10,15).

Origem	Formas de apresentação	Características
Naturais	Fibras descontínuas	Curtas: de 20 a 42 mm de comprimento
		Longas: de 60 a 150 mm de comprimento
	Filamentos	Filamentos: de no mínimo 1.000 m de comprimento
Químicas	Fibras frisadas	Curtas: de 20 a 42 mm de comprimento
		Longas: de 60 a 150 mm de comprimento
	Filamentos	Monofilamento: Único filamento
		Multifilamentos: Conjunto de três ou mais filamentos

Pelos dados da Tabela 1 pode-se perceber que as fibras descontínuas são um segmento em forma linear de comprimento definido e que geralmente, por uma questão de simplificação, é chamada simplesmente de fibra, ou, quando relacionada a algum processo de corte, de fibra cortada. Todas as fibras químicas descontínuas são denominadas fibras frisadas ⁽¹⁵⁾.

Os filamentos têm comprimento dito ilimitado, por compreenderem comprimentos medidos em quilômetros ^(10,15). O conjunto de três ou mais filamentos forma o fio multifilamento contínuo. Se o fio for constituído por um único filamento denomina-se monofilamento ⁽¹⁵⁾.

É possível concluir que, a palavra fibra pode ter diversas definições e características, variando principalmente de acordo com o contexto em que ela está sendo aplicada. No desenvolvimento desse trabalho a palavra fibra está relacionada a matérias primas utilizadas para a manufatura, podendo ser fiadas, para a formação de fios, linhas, cordas ou mesmo tecidos ⁽¹³⁾.

3.2. FIBRAS TÊXTEIS: DEFINIÇÃO E CARACTERÍSTICAS GERAIS

Fibra têxtil ou filamento têxtil é toda matéria natural, de origem vegetal, animal ou mineral, assim como toda matéria artificial ou sintética, que por sua alta relação entre seu comprimento e seu diâmetro, e ainda, por suas características de flexibilidade, elasticidade, resistência, e finura está apta as aplicações têxteis ⁽¹⁶⁾.

A Tabela 2 mostra que existem duas categorias principais de fibras: naturais e químicas, que englobam grande parte das utilizadas no mercado de acordo com seus métodos de obtenção e suas formas de produção ^(5,15).

Tabela 2. Classificação das fibras ^(5,15).

Fibras	Natural	Vegetal
		Animal
		Mineral
	Química	Artificial
		Sintética






As fibras naturais são de origem animal, vegetal ou mineral, ou seja, são extraídas da natureza e podem ser usadas na fabricação de tecidos sem ter que passar por reações químicas de síntese ou de modificações estruturais. Algumas delas são partes integrantes de folhas, de caules, de sementes, de frutos, mas também podem ser produzidas por animais, como a lã. Elas podem até mesmo ser obtidas a partir de casulos produzidos por lagartas, como é o caso da seda ^(15,8).

As fibras sintéticas e as artificiais, as chamadas fibras químicas, são produzidas por processos de síntese feitos em escala industrial. Elas também são conhecidas como fibra não natural ou fibra manufaturada ⁽¹⁵⁾.

Para que um material possa ser utilizado como fibra têxtil, ele deve apresentar uma combinação de características químicas, físicas e biológicas apropriadas, além de determinadas características relacionadas ao tecido que será fabricado a partir dele ⁽¹⁷⁾. As fibras devem ter por exemplo, ter força suficiente para resistir à ruptura devida à tensão aplicada durante a manufatura e o uso, possuir estabilidade térmica e química suficiente para resistir ao ambiente ao qual estão expostas e um alongamento de 5 a 50% é necessário, dependendo da utilização final do produto ⁽¹⁸⁾.

A cada dia a indústria têxtil introduz fios mistos para acrescentar textura ou resistência as tradicionalmente frágeis fibras naturais, sem sacrificar a sua leveza. A Tabela 3 apresenta as secções transversais mais comuns utilizadas na produção das fibras têxteis ⁽¹⁹⁾.

Tabela 3. Secções transversais comuns para as fibras têxteis ⁽¹⁹⁾.

Redonda	Redonda oca	Triangular	Triangular oca	Trilobal
				

As fibras sintéticas, como o poliéster e as poliamidas se apresentam geralmente lisas longitudinalmente e com seção redonda, mas podem também, serem oferecidas com seções diferenciadas, sendo a mais comum a trilobal ⁽¹⁹⁾.

Para a identificação das fibras têxteis no mercado são usadas, geralmente, o nome comercial da fibra, quando esta tem uma composição mista e diferenciada, ou a sigla do seu nome tradicional. A Tabela 4 apresenta algumas das siglas utilizadas para as fibras mais comuns ⁽⁹⁾.

Tabela 4. Nomenclatura das principais fibras têxteis ⁽⁹⁾.

Fibras	Símbolo
Algodão	CO
Linho	CL
Sisal	CS
Viscose	CV
Acetato	CA
Poliéster	PES
Poliamida	PA
Acrílico	PAC
Elastano	PUE
Lã	WO
Polipropileno	PP

Até a introdução das fibras sintéticas e artificiais no mundo, como foi citado anteriormente, todos tinham que recorrer às fibras naturais. Nem todas estas fibras foram adequadas a serem utilizadas como fibras têxteis, porque faltavam a elas algumas características, por exemplo, muitas nem chegavam a ser flexíveis ou suficientemente fortes. Algumas condições climáticas e ambientais afetam as fibras naturais, resultando em propriedades instáveis. Já as fibras sintéticas e artificiais não são muito influenciadas por estes mesmos fatores. Sendo assim, é possível ter um maior controle durante a sua produção. Entretanto, mesmo com um controle maior, ligeiras variações na produção de fibras sintéticas e artificiais podem dar origem a variações significativas na coloração e resistência das mesmas ⁽¹⁸⁾.

4. FIBRAS SINTÉTICAS

Desde quando os cientistas adquiriram conhecimento sobre a estrutura dos polímeros, eles tentaram usá-lo para imitar as fibras naturais. Nas décadas de 40 e de 50, as indústrias cresceram simplesmente desviando suas pesquisas e produção para o campo das fibras sintéticas ⁽¹⁹⁾.

O processo de produção das fibras sintéticas, se inicia com o craqueamento do petróleo, de onde se obtém a nafta, um de seus derivados. Da nafta se retira vários produtos como o benzeno, o eteno, o p-xileno e o propeno, produtos intermediários

da chamada primeira geração petroquímica e os insumos básicos na produção destas fibras ⁽²⁰⁾.

A Figura 5 apresenta o fluxograma simplificado do processo de craqueamento do petróleo, sendo que nessa representação está destacado os principais produtos utilizados para a produção das fibras sintéticas.

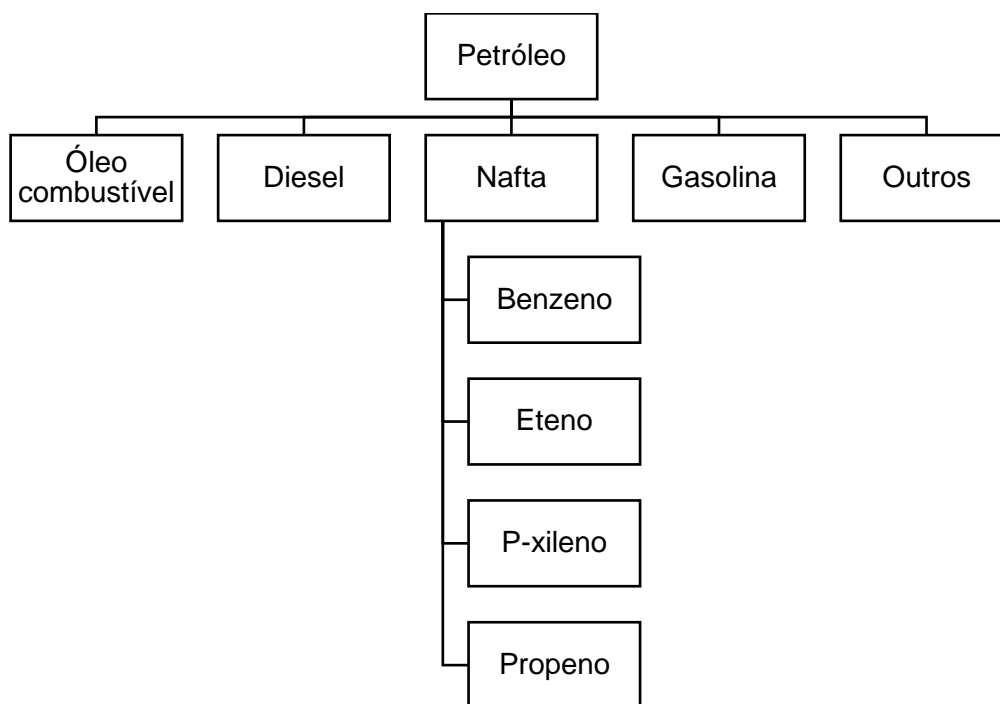


Figura 5. Fluxograma simplificado do craqueamento do petróleo ⁽²¹⁾.

Um fator importante é que a produção destes materiais têxteis não depende das oscilações das colheitas. O volume da produção pode ser aumentado a vontade e o preço dos artigos têxteis pode ser mantido a uma altura sustentável. Muitas fibras químicas possuem propriedades de uso que em determinados campos a fazem superar as fibras naturais, por exemplo, o reduzido poder de absorção de umidade e a estabilidade dimensional durante a lavagem ⁽⁹⁾.

A maior vantagem é a possibilidade de serem modificadas ao longo do processo de fabricação, criando uma vasta gama de possibilidades na modificação de suas características, como a textura, brilho, absorção de umidade, resistência, volume, etc ⁽¹⁹⁾.

4.1. PROCESSAMENTO DAS FIBRAS SINTÉTICAS

Embora as fibras naturais tenham sua forma determinada pela natureza, as fibras sintéticas e artificiais podem ser "feitas sob medida" por processos específicos de produção ⁽²²⁾.

Um dos métodos mais usados é o da fiação por fusão (*melt spinning*), onde as fibras são processadas em um estado líquido ou pastoso. O processo consiste em pressionar a resina polimérica, por meio de furos finíssimos numa peça denominada fieira ⁽²²⁾. Os filamentos que saem desses furos são imediatamente solidificados para a formação das fibras ⁽¹⁸⁾. A Figura 6 resume as principais etapas utilizadas nesse processo de fiação.

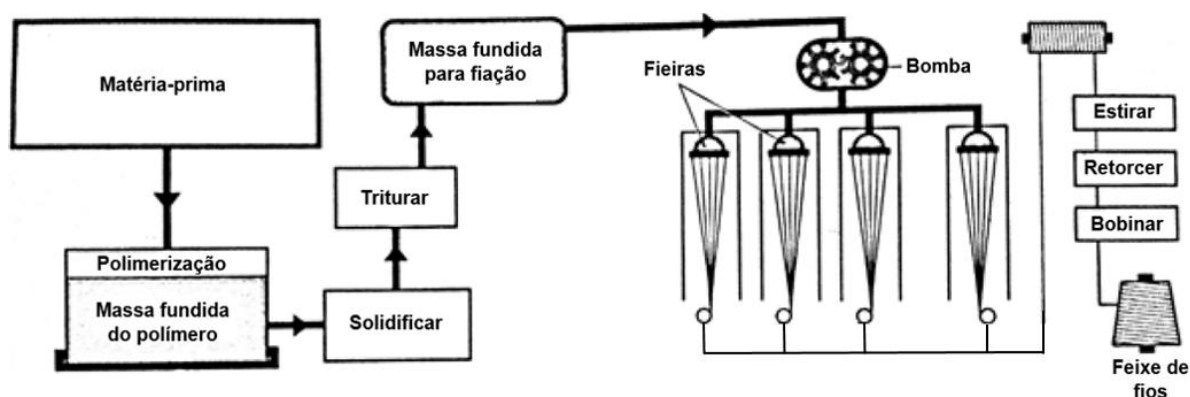


Figura 6. Desenho do processo de obtenção das fibras sintéticas ⁽²³⁾.

Na Figura 6 observa-se que a primeira etapa para a formação da fibra consiste na obtenção do polímero por meio da reação de polimerização entre suas matérias-primas. A massa fundida resultante desse processo é solidificada e é posteriormente triturada na forma de pequenas pastilhas. Estas são aquecidas em temperaturas acima do seu ponto de fusão, e direcionadas a uma placa de metal com pequenos furos, as chamadas fieiras, por onde o polímero derretido é extrusado por pequenos orifícios ⁽²⁴⁾. A fase que se segue consiste na estiragem do fio, seguida pelo processo de torção e posterior bobinação para a obtenção do produto final ⁽²⁴⁾.

O polímero ao sair das fieiras tende a formar regiões cristalinas e amorfas, enquanto estes se solidificam na forma de fibras recém-criadas. Na operação de estiragem ambas as áreas cristalinas e amorfas tendem a orientar-se paralelamente ao eixo da fibra, como representado na Figura 7. Esta orientação permite o aumento da resistência a tração das fibras ⁽²⁴⁾.

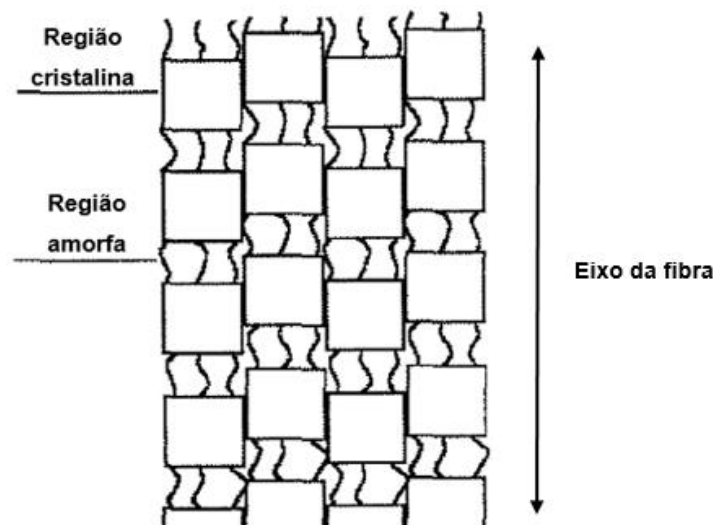


Figura 7. Desenho da orientação das regiões cristalinas e amorfas após a estiragem ⁽²⁵⁾.

As condições de tratamento durante a produção da fibra influenciam o grau de orientação da cadeia molecular. Tratamentos posteriores à quente, com ou sem tensão (termofixação, texturização) também afetam esta propriedade ⁽¹²⁾.

4.2. ESTRUTURA QUÍMICA E MORFOLOGIA CRISTALINA

Cada fibra individual é fabricada tomando-se por base milhões de longas cadeias moleculares individuais. A morfologia, isto é, o arranjo e orientação destas moléculas dentro da fibra, bem como a secção transversal e a forma, influenciam as propriedades da fibra. Entretanto, as características físicas e químicas em grande parte dependem da estrutura química das macromoléculas que constituem a fibra, os chamados polímeros (do grego *polys*-muitos e *meros*-partes) ⁽²⁶⁾.

Os polímeros são compostos por entidades estruturais chamadas de unidades repetidas, as quais repetem sucessivamente ao longo da cadeia. Para que o polímero seja formado é necessário a presença de uma molécula, também chamada de monômero, que dará início à reação de polimerização. O monômero deve ter pontos reativos em sua estrutura para ser capaz de reagir com outros dois monômeros, no mínimo. O número de pontos reativos por molécula é chamado de funcionalidade, esta pode ser obtida com a presença de grupos funcionais e ou insaturações igualmente reativas ^(27,28).

A Figura 8 representa a transformação do monômero etileno em polietileno por polimerização, sendo que o subscrito n indica o número de vezes que esta entidade se repete.



Figura 8. Transformação química do etileno em polietileno por polimerização.

Quando todas as unidades repetidas ao longo de uma cadeia são do mesmo tipo, o polímero resultante é chamado de homopolímero, mas quando as cadeias são compostas por duas ou mais unidades repetidas diferentes, o polímero é denominado copolímero ⁽²⁷⁾.

Os polímeros usados para a formação das fibras são frequentemente classificados de acordo com o tipo de reação que ocorre durante a sua obtenção, ou seja, durante a sua polimerização ⁽²⁹⁾. As reações podem ser de adição quando envolve uma reação contínua de unidades monoméricas, com o crescimento de uma cadeia molecular longa a partir de unidades monoméricas insaturadas, ou seja, que contenham ligações diferentes de uma simples, seguida da iniciação de uma segunda corrente e por assim em diante ⁽²²⁾.

O exemplo mais simples de uma reação de polimerização por adição é a formação do polietileno a partir das moléculas do etileno (Figura 9). Nessa reação, a dupla ligação de cada molécula de etileno rompe-se e é formada entre as moléculas uma ligação simples, sendo que nas extremidades da nova molécula formada é possível que ocorra a adição sucessiva de novas moléculas de etileno ⁽³⁰⁾.

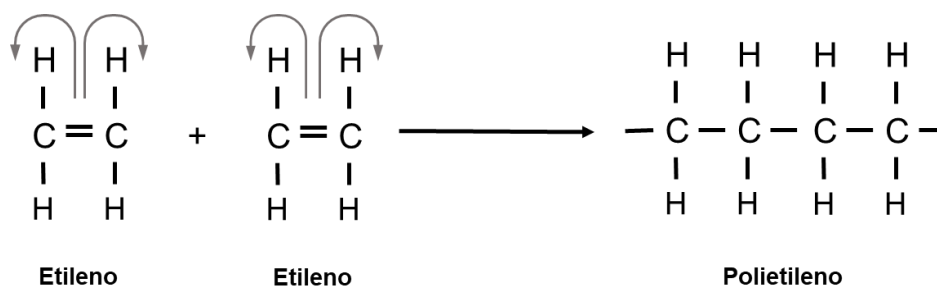


Figura 9. Formação do polietileno a partir das moléculas do etileno ⁽³⁰⁾

Existem também as reações de condensação, onde os monômeros se unem para formar uma molécula maior pela eliminação de uma molécula pequena. Como exemplo, nós temos a formação de uma amida a partir da reação de uma amina (composto contendo o grupo -NH_2) com um ácido carboxílico (composto contendo o grupo -COOH) e com a liberação de uma molécula de água (Figura 10) ^(29,30).

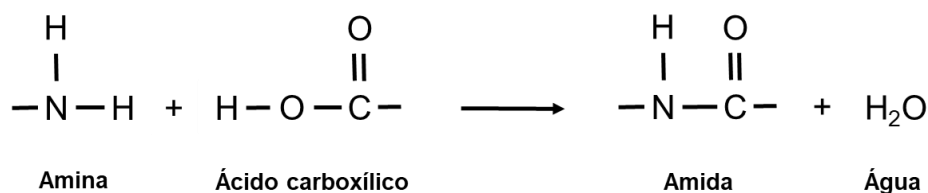


Figura 10. Representação da reação de condensação da amida ⁽³⁰⁾.

Na polimerização por condensação o crescimento da cadeia polimérica só pode ocorrer nos grupos funcionais das extremidades, de modo que a ramificação de cadeia é muito menos provável. Por outro lado, como muitos monômeros podem iniciar reações simultaneamente, as cadeias de polímeros de condensação são tipicamente mais curtas do que as dos polímeros de adição ⁽²⁹⁾.

É importante citar que durante a formação e orientação dos polímeros, as moléculas se organizam em domínios cristalinos, de grande ordenação, em domínios chamados de amorfos, que não apresentam ordenação alguma ou em ambos domínios. Quando um polímero apresenta ambos domínios ele é denominado semicristalino (Figura 11) ⁽²²⁾.

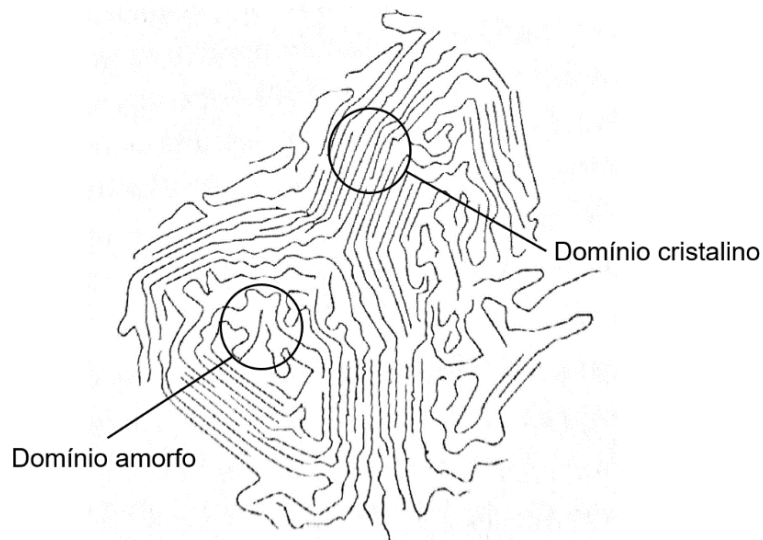


Figura 11. Desenho de um polímero semicristalino ⁽²⁸⁾.

Existe uma série de teorias sobre a disposição dos domínios cristalinos e amorfos dentro de uma fibra. As áreas cristalinas individuais em uma fibra são muitas vezes chamadas como microfibrilas. As microfibrilas podem se associar em grupos cristalinos maiores, que se denominam fibrilas ou micelas, essas áreas estão representadas na Figura 12.

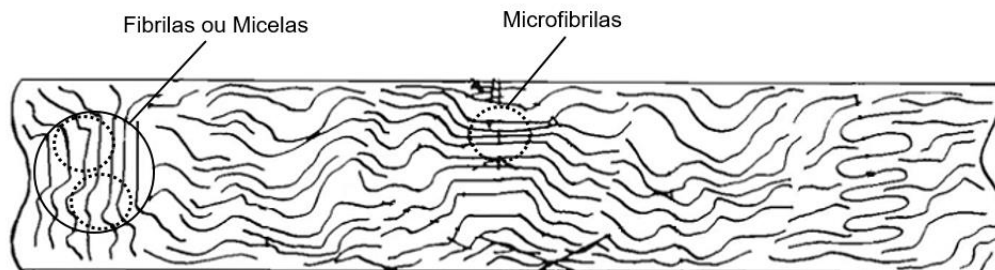


Figura 12. Disposição das microfibrilas e fibrilas dentro de uma fibra ⁽²²⁾.

As microfibrilas tem 30 a 100 Å de comprimento, enquanto as fibrilas têm geralmente de 200 a 600 Å de comprimento. Isto pode ser comparado com o comprimento das cadeias moleculares individuais, que variam de 300 a 1.500 Å, podendo este número ser uma associação do comprimento de várias áreas cristalinas e amorfas existentes dentro da fibra ⁽²²⁾.

5. POLIAMIDA

A poliamida (PA) é definida segundo o Conmetro como uma fibra formada de macromoléculas lineares sintéticas que têm em sua cadeia a repetição de grupos funcionais amidas, unidos em, no mínimo, 85% a radicais alifáticos, aromáticos ou ambos ⁽²⁾. Esta definição cobre os dois tipos de poliamidas mais ofertadas no mercado das fibras sintéticas, a poliamida 6 e a poliamida 6.6 ⁽¹⁶⁾.

O desenvolvimento das poliamidas tem sua origem no ano de 1927, com a implantação pela empresa norte americana DuPont de um programa de pesquisa em química orgânica para o desenvolvimento de processos e produtos químicos. Em 1928 o Dr. Wallace Hume Carothers, da universidade de Harvard, assume a direção das pesquisas e em 1935, durante experimentos laboratoriais, foi então sintetizada a poliamida 6,6 idealizada para reproduzir as propriedades da seda. Cinco anos mais tarde, o fio foi denominado comercialmente como *Nylon* e passou a ser utilizado na confecção de meias femininas em escala industrial ⁽³¹⁾. O aparecimento da PA 6 aconteceu tardiamente, por volta de 1952 pela mesma empresa.

O nome *Nylon* foi originalmente usado para designar exclusivamente as fibras de poliamidas produzidas pela empresa DuPont, mas como resultado da sua popularidade no mercado, o *Nylon* passou a ser um termo genérico para estas fibras. Outros nomes comerciais comuns usados incluem: *Anso*, *Antron*, *Cadon*, *Cantrece*, *Cordura*, *Caprolan*, *DuPont Nylon* e *Enkalure* ⁽²²⁾.

5.1. PROPRIEDADES DAS FIBRAS DE POLIAMIDA

A resistência mecânica alta atribuída as poliamidas deve-se às ligações do tipo ponte de hidrogênio, que podem ser formadas entre as carbonilas (C=O) de uma cadeia e o hidrogênio da ligação amida da outra cadeia, como representado na Figura 13. Por outro lado, a presença desta ligação facilita a permeação de moléculas de água, difundindo-as entre as cadeias e se posicionando na ponte de hidrogênio. Esta capacidade de absorção de água torna as poliamidas hidrofílicas. Em função do número variável de pontes de hidrogênio estabelecidas tem-se diferentes níveis de absorção de água ⁽²⁸⁾.

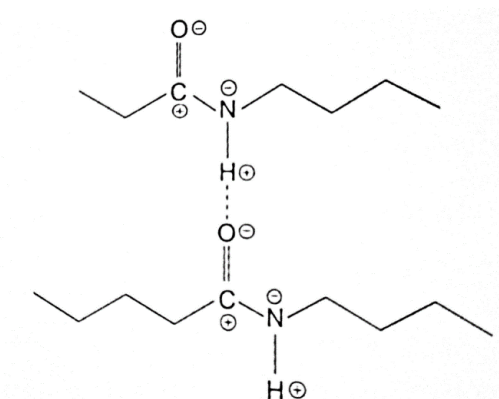


Figura 13. Ponte de hidrogênio formada entre a carbonila (C=O) e a ligação amida ⁽²⁸⁾.

As ligações de hidrogênio podem representar também uma barreira significativa na deformação do polímero, isto é, para deformar permanentemente essas fibras, um grande número de ligações deve ser quebrado. A PA 6,6 possui, em média, ligações de hidrogênio mais fortes e mais curtas, dando-lhe uma estrutura polimérica mais rígidas do que a PA 6. Quanto mais fortes forem as ligações de hidrogênio, mais calor ou energia mecânica são necessárias para quebra-las ⁽³²⁾.

Ambas poliamidas tratadas nesse trabalho são polímeros semicristalinos, sob condições de processamento semelhantes, a PA 6,6 é mais cristalina e ordenada do que a PA 6, resultando em um ponto de fusão ligeiramente maior, como pode ser observado nos dados da Tabela 5 ⁽³²⁾.

Tabela 5. Dados dos pontos de fusão das fibras de poliamida 6 e 6,6 ⁽¹⁵⁾.

Fibras	Ponto de fusão (°C)
Poliamida 6	215 a 220
Poliamida 6,6	250 a 254

Muitas fibras demonstram uma contração irreversível ao calor. Fibras de *Nylon* quando aquecidas a 100 °C apresentam um encolhimento por volta de 5%. Pela característica hidrofílica da fibra, o encolhimento das fibras úmidas é consideravelmente maior sendo em água aquecida por volta de 10% ⁽³³⁾.

Existe uma série de mecanismos que dão origem a este encolhimento. Quando a fibra é processada, alguns dos polímeros permanecem orientados, mas não estão na forma cristalina. Em condições de aquecimento, isso pode reverter para um estado

de menor orientação. Tratamento térmico prévio, como o da termofixação tem um efeito significativo no encolhimento ⁽³³⁾.

Em questão do brilho e aparência, as fibras de poliamida são normalmente apresentadas em filamentos redondo, com aspecto levemente vítreo. O brilho pode ainda ser alterado pelo uso de produtos para dar opacidade ou pela criação de uma seção transversal diferenciada, como por exemplo a trilobal ⁽¹⁰⁾.

Ao aproximar fibras de PA da chama, elas se contraem rapidamente formando uma pequena bola de massa fundida. Em contato direto com a chama elas queimam vagarosamente e a chama apagam-se assim que é retirada do contato direto com a fibra ^(9,15).

5.2. POLIAMIDA 6

Atualmente o principal meio de obtenção da poliamida 6 é através da polimerização por abertura de anel da caprolactama (Figura 14). Nesta polimerização, a abertura do anel gera uma bifuncionalidade que, se reagir consigo muitas vezes, formará uma cadeia polimérica. Evidentemente, neste tipo de polimerização, não há a formação de subprodutos durante a reação ⁽²⁸⁾.

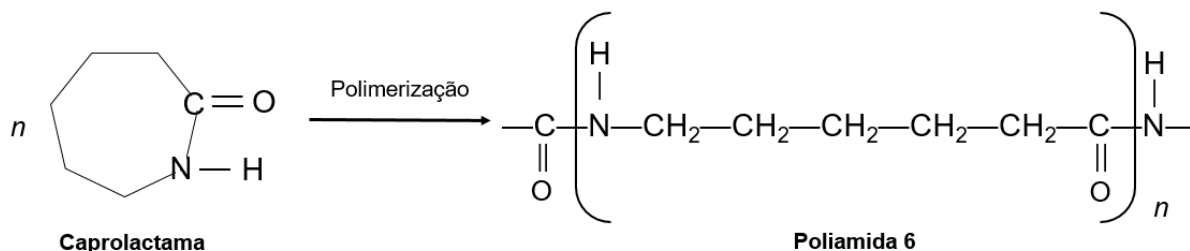


Figura 14. Transformação química da caprolactama em poliamida 6,6 por polimerização ⁽³⁴⁾.

O monômero da caprolactama sofre ruptura a altas temperaturas (acima de 200° C) e na presença de uma pequena quantidade de água, que inicia a abertura dos primeiros anéis. A ruptura acontece na ligação existente entre o carbono e o nitrogênio, que tem a menor energia de ligação da molécula, como pode ser observado pelos dados na Tabela 6 ⁽²⁸⁾.

Tabela 6. Energias de dissolução de ligações médias ⁽²⁹⁾.

Ligação	Energia de ligação (kJ.mol ⁻¹)
C–C	348
C–H	412
C=O	743
C–N	305
N–H	388

As razões para a grande importância da poliamida 6 e para o seu grande volume de produção são econômicas, já que a caprolactama altamente pura, requerida para a produção das fibras, pode ser produzida a partir de materiais relativamente baratos como benzeno, ciclohexano ou fenol ^(17,20).

5.3. POLIAMIDA 6,6

As matérias-primas usadas na formação da poliamida 6,6 são a Hexametilenodiamina (HMD) e o Ácido adípico (Figura 15a e 15b) ⁽²⁸⁾. Ao final da síntese obtém-se a poliamida 6,6, cuja estrutura está representada na Figura 15c.

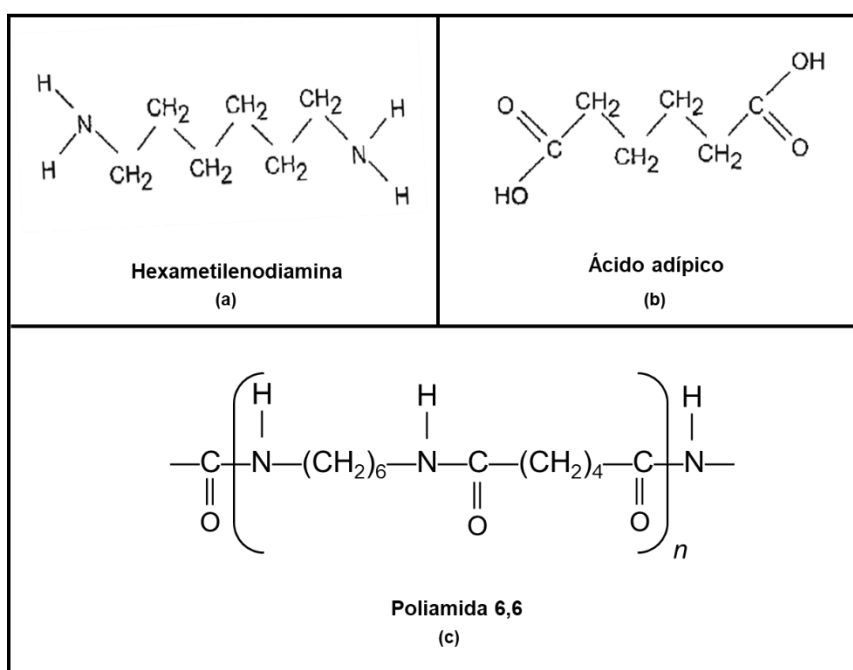
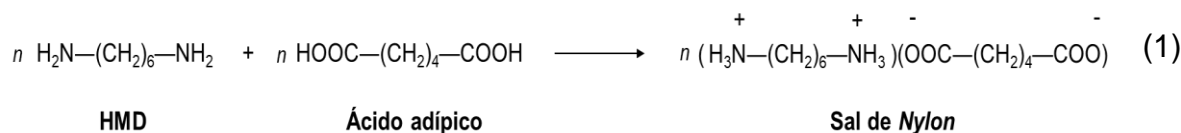
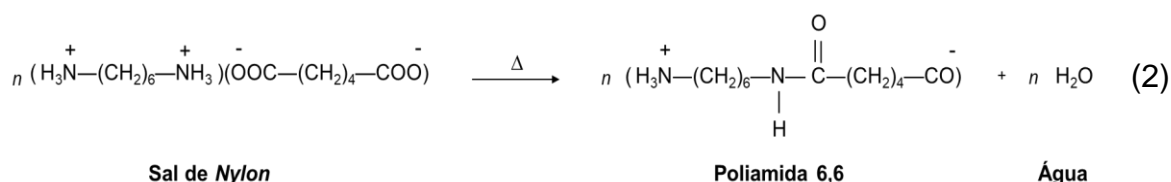


Figura 15. Estrutura molecular: (a) Hexametilenodiamina (HMD), (b) Ácido adípico e (c) Poliamida 6,6 ⁽²⁸⁾.

A reação ocorre por meio de duas etapas principais. A primeira etapa (1) envolve a reação ácido-base entre a HMD e o Ácido adípico, formando o que é conhecido como sal de *Nylon* ⁽³⁵⁾.



A segunda etapa da síntese (2) consiste no aquecimento do sal de Nylon, que perde água e forma o grupo funcional amida. A reação contínua do produto formado com o sal de *Nylon* produz a poliamida 6,6 ⁽³⁵⁾.



Tanto na formação do sal de *Nylon* como na polimerização da poliamida 6,6, há a formação e liberação de uma molécula de água. Esta precisa ser continuamente removida durante a polimerização, para facilitar que altos índices de conversão sejam atingidos no menor tempo de reação ⁽²⁸⁾.

Quando produtos secundários são formados na reação, é economicamente mais vantajoso produzir pellets de poliamida e depois fundi-los para obtenção das fibras. Isso, acontece, por exemplo, na fabricação da poliamida 6, que deve ser lavada para a retirada dos subprodutos formados durante a polimerização ⁽¹⁷⁾.

6. POLIÉSTER

Após a descoberta da poliamida, um grupo inglês de pesquisa sediado na Imperial Chemical Industrie (ICI), concentrou esforços no desenvolvimento da síntese das fibras de poliéster. Estes experimentos levaram então à produção da fibra. Elas são constituídas por macromoléculas lineares que apresentam em sua cadeia o grupo éster originado de um diol (etilenoglicol) e do ácido tereftálico, em pelo menos, 85% de sua massa ^(16,36).

O alto consumo do poliéster deve-se basicamente ao baixo custo deste tipo de fibra, que pode ser vendida a preços menores do que seus principais concorrentes ⁽¹²⁾. Uma das características mais relevantes do poliéster é sua elevada resistência à umidade e aos agentes químicos, bem como sua resistência à tração ⁽¹²⁾.

O polietileno tereftalato (PET) é a principal fibra de poliéster produzida em volume, quando o termo "poliéster" é usado, ele geralmente refere-se a este tipo genérico. Outros nomes comerciais comuns para poliésteres de PET são: *Monsanto*, *Dacron*, *Encron*, *Kadel IV*, *Polar Guard*, *Trevira*, *Fortrel* e *Vycron* ⁽²²⁾.

6.1. PROPRIEDADES DAS FIBRAS DE POLIÉSTER

A fibra de poliéster é uma das fibras sintéticas que apresenta a estrutura mais compacta e cristalina. Elas são pouco elásticas e a sua recuperação ao alongamento é menor quando comparada com a poliamida, mas suas características de resistência ao amassamento, rigidez e deformação são superiores devido a presença do anel benzênico em sua cadeia principal, que enrijece a sua estrutura ⁽¹²⁾.

A termofixação para os tecidos de poliéster é um processo muito importante, ela tem como objetivo estabilizar a forma e as dimensões dos tecidos, de modo a que estes não ofereçam problemas na confecção e no uso. Essa operação pode ser aplicada em temperaturas compreendidas entre 160 °C e 220 °C e tempos de 30 a 120 segundos. Nessas condições, pode-se afirmar que existe uma excelente correlação entre a cristalinidade da fibra e a temperatura de termofixação, porém a termofixação não produz modificações no peso molecular do poliéster, nem em sua distribuição, também não modificam o conteúdo de grupos carboxílicos terminais. O número de oligômeros superficiais dos substratos termofixados aumenta entre as temperaturas efetivas de 162 e 216 °C, mantendo-se constantes depois disso ⁽³⁷⁾.

As fibras de poliéster são altamente hidrofóbicas, o que dificulta o seu processamento e requer processos em condições severas. As propriedades da superfície das fibras podem ser alteradas através da modificação da parte química dos componentes do polímero ou através da aplicação de acabamentos ⁽¹²⁾.

O ponto de fusão do poliéster é próximo ao da poliamida, variando de 250° C a 260°C. Fibras de poliéster encolhem com o calor, fundem-se e deixam um resíduo duro e de cor negra, a chama irá se extinguir caso seja retirada do contato direto da fibra. A combustão do tecido provoca um odor forte e irritante. O controle do calor nas

fibras de poliéster não somente estabiliza a forma e tamanho dessas fibras como também aumenta a resistência ao dobramento das mesmas ⁽³⁸⁾.

6.2. OBTENÇÃO DO POLIÉSTER

A matéria-prima básica do Poliéster, é o p-xileno. Deste composto obtém-se as substâncias necessárias para a formação do copolímero. Ele é obtido principalmente por intermédio da reação de condensação entre etilenoglicol e o ácido tereftálico, gerando o polímero e água. Essa rota é mostrada na Figura 16.

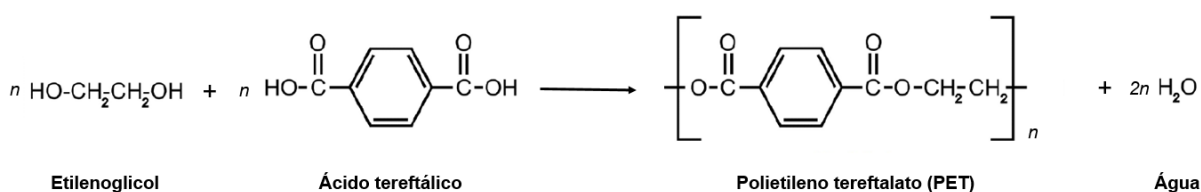


Figura 16. Reação de formação do Poliéster a partir do ácido tereftálico e do etilenoglicol ⁽⁵⁾.

Durante a síntese são produzidos, em maior ou menor proporção, trímeros, denominados oligômeros, que ficam dentro do polímero (Figura 17). Os oligômeros podem se desligar da fibra durante o tingimento e depositar-se na sua superfície, causando problemas na etapa de bobinação ou na fiação ⁽¹²⁾.

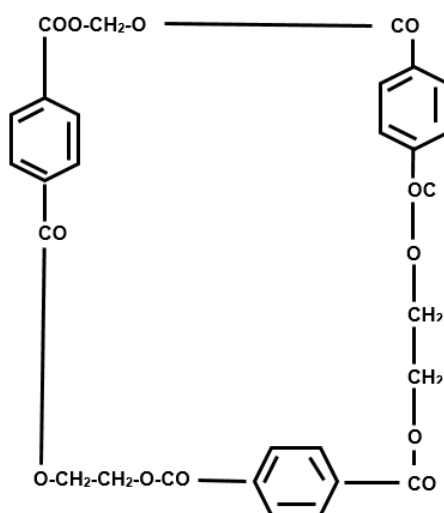


Figura 17. Estrutura química de um oligômero ⁽¹²⁾

7. ELASTANO

As fibras de Elastano são por definição uma fibra elástica constituída de poliuretano segmentado em pelo menos 85% de sua massa^(12,16). O seu desenvolvimento foi realizado pela DuPont por volta de 1950 e sua comercialização, com nome *Lycra*, foi iniciada em 1958 ⁽²⁾.

Os poliuretanos constituem uma família heterogênea de polímeros possuindo ao longo da cadeia do polímero o grupo uretano (--NHCOO--). Este grupo não constitui, na maior das vezes, o grupo funcional maioritário, sendo a capacidade de incorporar outros grupos funcionais na cadeia do polímero responsável pela larga gama de propriedades exibidas por estes materiais ⁽³⁹⁾.

Os elastômeros, tal como o elastano, são materiais caracterizados por suportarem grandes deformações reversíveis (Figura 18). Este comportamento requer a presença de cadeias flexíveis e a presença de pontos que evitem o deslizamento das moléculas umas em relação às outras ⁽³⁹⁾.

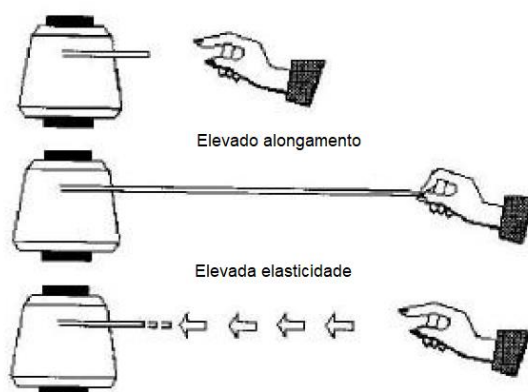


Figura 18. Principal propriedade da fibra de elastano ⁽²⁾.

7.1. PROPRIEDADES DAS FIBRAS DE ELASTANO

Um elemento importante no bom desempenho da função de um tecido é a sensação de conforto que ele promove, por exemplo na realização de uma atividade física, permitindo liberdade aos movimentos e modelando o tecido sem deformar ou provocar transparência. Esta característica é alcançada incluindo-se fibras elastoméricas ao tecido durante a fase da tecelagem, atuando diretamente sobre a capacidade de recuperação de suas dimensões originais ⁽¹⁾.

Suas notáveis propriedades de alongamento e recuperação enobrecem tecidos, adicionando novas dimensões de caimento, conforto e contorno das roupas. Pode ser esticado quatro a sete vezes seu comprimento, retomando instantaneamente ao seu comprimento original quando sua tensão é relaxada ⁽⁹⁾.

Um tecido jamais é feito de 100% elastano, ele é utilizado em pequenas quantidades, sendo sempre combinado com outra fibra, natural ou sintética. Qualquer que seja a mistura, o tecido concebido com o elastano irá sempre conservar a aparência e toque da fibra principal ⁽¹⁹⁾. Quando ele é incorporado a tecidos feitos com outras fibras, estas são enroladas em torno do elastano para preservar os aspectos táteis do tecido original (Figura 19). Por essa razão, um jeans com elastano tem o mesmo aspecto de outro sem elastano ⁽⁹⁾.

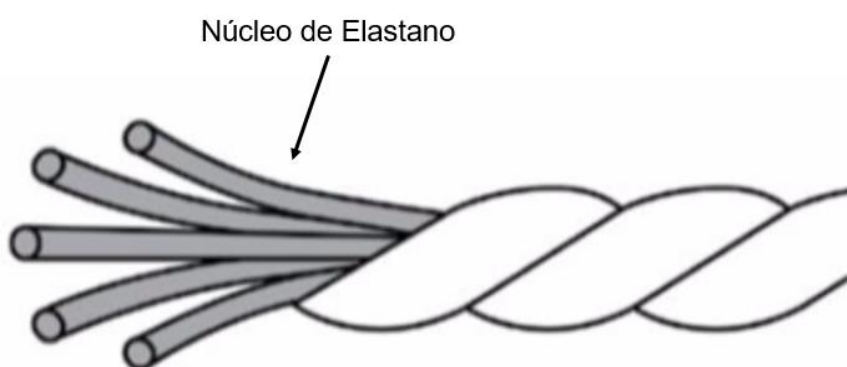


Figura 19. Combinação de fibras com o elastano ⁽⁴⁰⁾.

O elastano irá adicionar elasticidade a qualquer tecido. A direção e a quantidade do alongamento dependerão da porcentagem de elastano e a forma como foi agregado ⁽⁹⁾.

7.2. OBTENÇÃO DO ELASTANO

Os poliuretanos segmentados são copolímeros obtidos a partir de um processo de polimerização com três monômeros: um poliálcool (composto contendo mais de um grupo $-OH$ e grande massa molecular), um diisocianato (composto contendo dois grupos isocianato $-NCO$) e um extensor de cadeia, com representado na Figura 20. Os extensores são utilizados nessas reações para prolongar o tamanho do segmento rígido e intensificar a densidade das ligações de hidrogênio e os mais utilizados são um diálcool ou diamina de massa molecular baixa ⁽³⁹⁾.

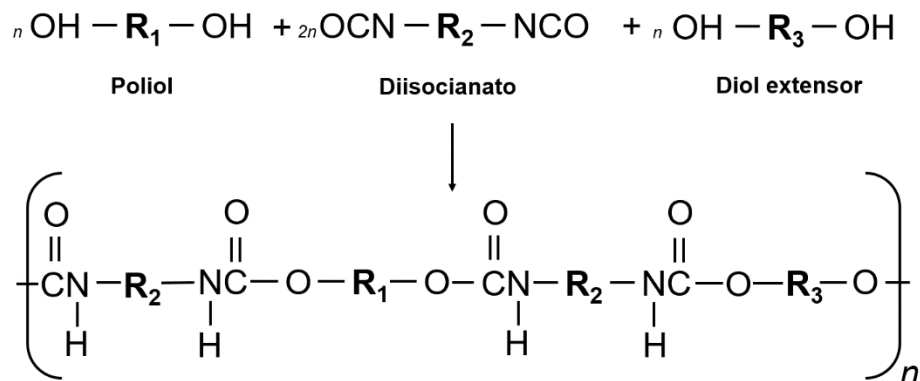


Figura 20. Obtenção do poliuretano segmentado via uma etapa com diol extensor ⁽⁴¹⁾.

No polímero final a parcela do polioliol é referido como o segmento flexível. Em contraste, a parcela do diisocianato-extensor apresenta-se parcialmente cristalino, sendo referido como segmento rígido. Os segmentos segregam-se levando a formação de domínios com concentração elevada de cada um deles ⁽⁴²⁾. A Figura 21 representa a disposição esses dois segmentos.

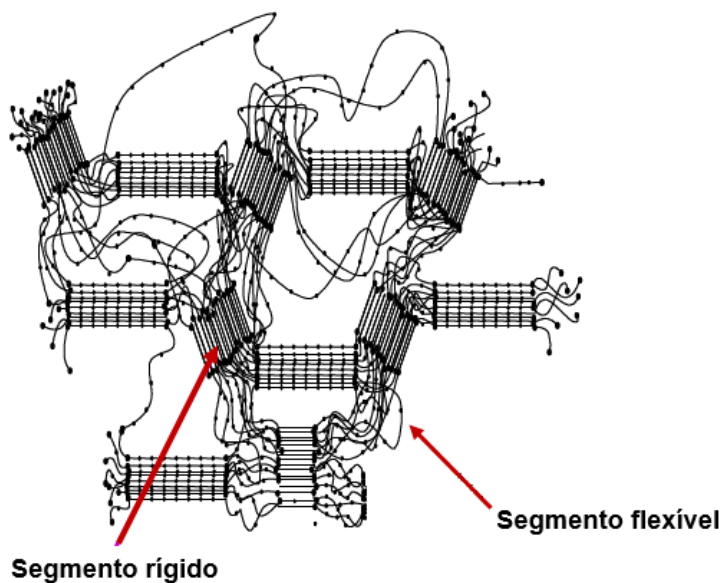


Figura 21. Desenho dos segmentos rígidos e flexíveis da fibra de elastano ⁽¹²⁾.

A síntese dos elastômeros de poliuretano usualmente envolve uma série de etapas, as quais podem ser isoladas ou combinadas de várias maneiras resultando

em diferentes processos de obtenção. Do ponto de vista químico existem dois métodos principais de preparação ⁽⁴³⁾.

O primeiro consiste em fundir e misturar os três monômeros (diisocianato, polioliol e extensor) transferindo em seguida a mistura reativa, ainda no estado líquido, para um molde aquecido onde termina a reação do polímero, como representado na Figura 22. Este processo é designado por método de único passo (*“one shot”*) ⁽³⁹⁾

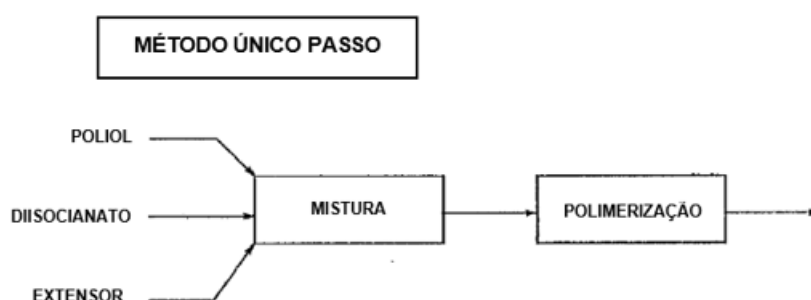


Figura 22. Método em um único passo ⁽⁴⁰⁾.

O segundo processo envolve primeiramente a reação do polioliol com o diisocianato em excesso para formar um pré-polímero terminado por grupos isocianato. A extensão das cadeias do pré-polímero se passa com a adição de compostos difuncionais contendo hidrogênios ativos que reagem com os grupamentos isocianato das pontas das cadeias do pré-polímero com o diisocianato em excesso (Figura 23). Este processo é designado por método em dois passos ou método pré-polímero ^(39,41).

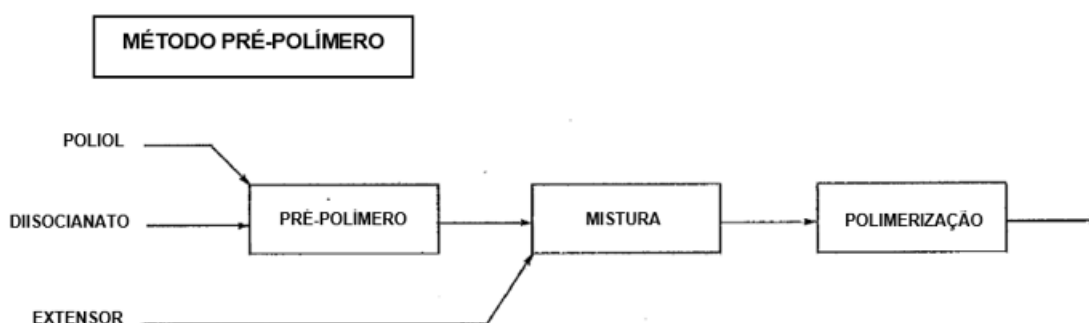


Figura 23. Método pré-polímero ⁽³⁹⁾.

8. CONCLUSÃO

Para que um tecido tenha um bom desempenho durante o seu uso final é necessário que, além de um processamento adequado obtido através das etapas de tecelagem, fiação e beneficiamento ele seja composto pelas matérias-primas apropriadas, afim de que as fibras têxteis usadas adequem suas propriedades com a aplicação desejada.

Dentro da gama de fibras têxteis que podem ser escolhidas, as fibras sintéticas se destacam por possuírem um processamento viável para a indústria e propriedades satisfatórias, que muitas vezes chegam a superar o que antes só era obtido com o uso das fibras de origem natural. Por esse motivo, elas foram ganhando o mercado têxtil e atualmente são indispensáveis para o setor.

Para as fibras têxteis sintéticas estudadas, os grupos funcionais amida e éster se mostraram recorrentes na estrutura do polímero, sendo que, este é geralmente semicristalino. Os domínios amorfos e cristalinos garantem que o produto final tenha flexibilidade suficiente para suportar os esforços produzidos durante a fabricação e o uso e também a rigidez para a recuperação das suas dimensões iniciais.

Como resultado de toda a pesquisa e tecnologia desenvolvida nesse cenário, a indústria têxtil se caracteriza atualmente pelo aproveitamento das fibras têxteis como um todo, sendo mais comum encontrar tecidos que são ofertados tendo uma composição mista e aspecto atrativo para os consumidores. Este fator faz com que a busca pelo aprimoramento desses materiais têxteis seja continuamente motivada.

9. REFERÊNCIAS

- [1] ROMANI, M. **A influência do controle da tensão do elastano durante o processo produtivo nas propriedades elásticas dos tecidos com elastano para fitness**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ciência). Escola de Artes, Ciência e Humanidades, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016. Disponível em: <www.teses.usp.br/teses/disponiveis/100/100133/tde-27092016-104157/>. Acesso em: 20 set. 2017.
- [2] PEREIRA, G. S. **Materiais e Processos Têxteis**. p. 8-18. Disponível em: <<https://wiki.ifsc.edu.br/mediawiki/images/temp/0/07/20090218180450!MPTEX6.pdf>>. Acesso em 11 jul. 2017.
- [3] **Guia técnico ambiental da indústria têxtil**. Disponível em: <http://www.feam.br/images/stories/producao_sustentavel/GUIAS_TECNICOS_AMBIENTAIS/guia_textil.pdf>. Acesso em: 27 nov. 2017.
- [4] ALCÂNTARA, M. R.; DALTIM, D. A Química do Processamento Têxtil. **Química Nova**, São Paulo, v. 19, n. 3, p. 320-330, 1996. Disponível em: <http://quimicanova.sbq.org.br/imagebank/pdf/Vol19No3_320_v19_n3_17.pdf>. Acesso em: 10 set. 2017.
- [5] GOMES, A. V. S.; COSTA, N.R. V.; MOHALLEM, N. D. S. Os Tecidos e a Nanotecnologia. **Química Nova na Escola**, v. 38, n.4, p.288-296, nov. 2016. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc38_4/03-QS-43-15.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2017.
- [6] BASTIAN, E. Y. O. **Guia técnico ambiental da indústria têxtil**. São Paulo: CETESB, 2009. Disponível em: <www.sinditextilsp.org.br/guia_p%2BI.pdf>. Acesso em: 17 set. 2017.
- [7] JULIANO L. N.; PACHECO S. M. V. **Estamparia e Beneficiamentos Têxteis**. Araranguá: CEFET/SC. Em: GOMES, A. V. S.; COSTA, N.R. V.; MOHALLEM, N. D.

S. Os Tecidos e a Nanotecnologia. **Química Nova na Escola**, v. 38, n.4, p.288-296, 2016. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc38_4/03-QS-43-15.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2017.

[8] PEZZOLO, D. B. **Tecidos: tramas, tipos e usos**. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2007. Em: GOMES, A. V. S.; COSTA, N.R. V.; MOHALLEM, N. D. S. Os Tecidos e a Nanotecnologia. **Química Nova na Escola**, v. 38, n.4, p.288-296, nov. 2016. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc38_4/03-QS-43-15.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2017.

[9] NAVARRO, R. M. S. **Análise de Ensaio de Lavagens em Tecidos de Poliéster com Diferentes Concentrações de Sabão de uso Doméstico**. Tese de Doutorado (Engenharia Química). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/266764/1/Navarro_RobertaMariaSalvador_D.pdf>. Acesso em: 20 set. 2017.

[10] MACEDO, A. M. K. S. **Fibras Têxteis**. 2.ed. Disponível em: <https://wiki.ifsc.edu.br/media/wiki/images/9/9c/Apostila_de_fibras.pdf>. Acesso em 4 out. 2017.

[11] HORROCKS, A. R.; ANAND, S. C. **Handbook of technical textiles**. p. 7-55. Woodhead publishing limited, 2000. Em: ROMANI, M. **A influência do controle da tensão do elastano durante o processo produtivo nas propriedades elásticas dos tecidos com elastano para fitness**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ciência). Escola de Artes, Ciência e Humanidades, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016. Disponível em: <www.teses.usp.br/teses/disponiveis/100/100133/tde-27092016-104157/>. Acesso em: 20 set. 2017.

[12] DOLZAN, N. **Tingimento de fibras sintéticas com corantes dispersos**. Dissertação de Mestrado (Engenharia Química), Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2004. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/88042/212454.pdf;jsessionid=DC7472D45480B72700F189D30D5395E6?sequence=1>>. Acesso em: 23 ago. 2017.

[13] **Definição de fibras.** Disponível em: <<https://www.dicio.com.br/fibra/>>. Acesso em: 09 nov. 2017.

[14] JÚNIOR, J. S. S. **O que são fibras ópticas.** Disponível em <<http://brasilescola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-sao-fibras-opticas.htm>>. Acesso em: 01 dez. 2017.

[15] **Manual Técnico # 01: Fibras Têxteis.** Disponível em:<https://issuu.com/senaitextilvestuario/docs/manual1_fibras/1?ff=true&e=13219499/11203700>. Acesso em: 10 jul. 2017.

[16] CONSELHO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. **Regulamento Técnico Mercosul Sobre Etiquetagem de Produtos Têxteis.** Disponível em:<<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/resc/pdf/RESC000213.pdf>>. Acesso em 30 ago. 2017.

[17] HERLINGER, K. H.; GEBHARDT, F. S. Fibers, 1. Survey. Em: GERHARTZ, W., et al. **Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry**. 5. ed. rev. Nova York: VCH, 1987. p. 451 - 475. Em: REZENDE, C.A. **Blendas de Nylon-6 com Polietileno e Polipropileno para Fabricação de Fibras Têxteis.** Dissertação de Mestrado (Instituto de Química), Unicamp, Campinas, 2004. p.1-4. Disponível em:<http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/249547/1/Rezende%2c%20Camila%20Alves_M.pdf>. Acesso em 23 ago. 2017.

[18] CARDOSO, S, G. **Estudo das propriedades mecânicas e dos mecanismos de fratura de fibras sintéticas do tipo Náilon e Poliéster em tecidos de engenharia.** Tese de Doutorado (Ciência na Área de Tecnologia Nuclear – Materiais), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. p. 31-56. Disponível em: <www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85134/tde-26092011-151933/>. Acesso em: 20 set. 2017.

[19] WEBTEX-**Consultoria, assistência técnica e representação no setor têxtil.** Disponível em:<<http://www.webtex.com.br/arquivosPDF/fibraPES.pdf>>. Acesso em: 07 mar. 2016. Em: NAVARRO, R. M. S. **Análise de Ensaio de Lavagens em Tecidos de Poliéster com Diferentes Concentrações de Sabão de uso**

Doméstico. Tese de Doutorado (Engenharia Química). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007. Disponível em: < http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/266764/1/Navarro_RobertaMariaSalvador_D.pdf>. Acesso em: 20 set. 2017.

[20] COSTA, M., et al. Fibras têxteis no Brasil: Propriedades e perfil atual das principais fibras utilizadas no setor do vestuário. Em: COLÓQUIO DE MODA, 9. Fortaleza, 2013. **Anais.** Fortaleza: SENAI, 2013. Disponível em: <http://www.coloquio-moda.com.br/anais/anais/9-Coloquio-de-Moda_2013/POSTER/EIXO-8-SUSTENTABILIDADE/POSTER/Fibras-texteis-no-Brasil-propriedades-e-perfil-atual-das-principais-fibras-utilizadas-no-setor-do-vestuario.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2017.

[21] GASI, F. **Comparativo das propriedades de permeabilidade ao vapor, capilaridade e proteção ultravioleta em tecidos de poliamida 6.6 e poliéster em tecido de malha para atividade física.** Tese de Doutorado (Engenharia Química), Universidade estadual de Campinas, Campinas, 2010. Disponível em: < http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/267089/1/Gasi_Fernando_D.pdf>. Acesso em: 20 set. 2017.

[22] NEEDLES, H. L. **Textile Fibers, Dyes, Finishes, and Processes: A Concise Guide.** E.U.A: Noyes Publications, 1986. Disponível em: <library.aceondotnet/ebooks/Fine_Arts/Textile-Fibers-Dyes-Finishes-and-Processes.pdf>. Acesso em: 23 jul. 2017.

[23] ERHARDT, T., et al. **Curso técnico têxtil: física e química aplicada, fibras têxteis, tecnologia.** 3.v. São Paulo: E.P.U, 1975.

[24] SOARES, A. et al. **Produção de Nylon.** Disponível em: <https://paginas.fe.up.pt/~projfeup/cd_2010_11/files/QUI610_relatorio.pdf>. Acesso em 15 jul. 2017.

[25] FEDERSON, F.M. **Contribuição ao estudo da relação entre processamento, estrutura e comportamento de filamentos de poliéster.** Dissertação de Mestrado (Engenharia Química). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1997.

Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/266379/1/Federson_FernandoMarques_M.pdf>. Acesso em: 20 set. 2017.

[26] CHOUDHURY, A. K. R. **Textile preparation and dyeing**. p.1-39, 2006. Em: CARDOSO, S, G. **Estudo das propriedades mecânicas e dos mecanismos de fratura de fibras sintéticas do tipo Náilon e Poliéster em tecidos de engenharia**. Tese de Doutorado (Ciência na Área de Tecnologia Nuclear – Materiais), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. p. 31-56. Disponível em: <www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85134/tde-26092011-151933/>. Acesso em: 20 set. 2017.

[27] CALLISTER, W. D. **Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução**. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

[28] CANEVAROLO JUNIOR, S. V. **Ciência dos Polímeros: um texto básico para tecnólogos e engenheiros**. 2.ed. São Paulo: Artliber Editora Ltda, 2006.

[29] ATKINS, P., JONES, L. **Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.

[30] BROWN, T; LEMAY, H. E; BURSTEN, B. E. **Química: a ciência central**. 9 ed. Prentice-Hall, 2005.

[31] FACTORI, I, M. **Processamento e propriedades de compósitos de poliamida 6.6 reforçada com partícula de vidro reciclado**. Dissertação de Mestrado (Engenharia de Materiais), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. p. 4-11. Disponível em: <www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3133/.../Dissertacao_Irina_Marinho_Factori.pdf>. Acesso em: 17 jul. 2017.

[32] Antron. **The Difference between Type 6,6 and Type 6 Nylon**. Disponível em: <http://antron.net/na/pdfs/literature/K02510_N66vsN6_Tech_Bulletin_06_18_13.pdf>. Acesso em: 20 set. 2017.

[33] RICHARDS, A. F. **Náilon fibras**. In: MCLINTYRE, J. E. Syntetic fibers nylon, polyester, acrylic, polyofenin. cap. 2, p. 20-23. FL: CRC, 2004.

[34] PAINTER, P. et al. **Fundamentals de ciência de polímeros**. CRC Press.1996, p. 473. Em: FACTORI, I, M. **Processamento e propriedades de compósitos de poliamida 6.6 reforçada com partícula de vidro reciclado**. Dissertação de Mestrado (Engenharia de Materiais), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. p. 4-11. Disponível em: < www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3133/.../Dissertacao_Irina_Marinho_Factori.pdf>. Acesso em: 17 jul. 2017.

[35] COLOMBI, B. L. Polimerização da poliamida 6,6: Uma breve revisão. **Revista eletrônica de Materiais e Processos**, Santa Catarina, v. 11, n. 3, p. 121-129, 2017. Disponível em: <www2.ufcg.edu.br/revista-remap/index.php/REMAP/article/download/580/402>. Acesso em: 08 out. 2017.

[36] GUILLÉN, J. G. Nomes Genéricos das Fibras Químicas Normativas e Legislação. **Revista Química Têxtil**. n. 70, p. 29, mar. 2003.)

[37] GACÉN, J. et. al. Modificação dos Parâmetros do Polímero na Termofixação do Poliéster em Diferentes Temperaturas. **Revista Química Têxtil**. p. 64-70, set. 2001. Em: DOLZAN, N. **Tingimento de fibras sintéticas com corantes dispersos**. Dissertação de Mestrado (Engenharia Química), Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2004. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/88042/212454.pdf;jsessionid=DC7472D45480B72700F189D30D5395E6?sequence=1>>. Acesso em: 23 ago. 2017.

[38] BENDAK. A.; MARSABI, S. M. E. Effects os Chemical Modifications on Polyester Fibers. **Journal of Islamic Academy os Sciences**. v.4, n. 4, p. 275-284, 1991. Em: CARDOSO, S, G. **Estudo das propriedades mecânicas e dos mecanismos de fratura de fibras sintéticas do tipo Náilon e Poliéster em tecidos de engenharia**. Tese de Doutorado (Ciência na Área de Tecnologia Nuclear – Materiais), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. p. 31-56. Disponível em: <www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85134/tde-26092011-151933/>. Acesso em: 20 set. 2017.

[39] BARREIRO, M. F. F. **Formação e estrutura dos Poliuretanos Segmentados**. Dissertação de Mestrado (Engenharia Química). Universidade do Porto, Portugal, 2000. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/11140/2/Texto%20integral.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2017.

[40] **Manual Técnico # 02: Fios Têxteis**. Disponível em: <https://issuu.com//docs/manual2_fios/1?ff=true&e=13219499/34555524>. Acesso em 10 jul. 2017.

[41] ROCHA, R. J.; et al. Síntese de poliuretanos modificados por óleo de mamona empregados em materiais energéticos. **Química Nova**, São Paulo, v. 36, n. 6, p. 793-799, 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v36n6/09.pdf>>. Acesso em: 22 nov. 2017.

[42] NAYLOR, S., et.al. **Temperature dependence of chain conformations in model block copolyurethane**. Polymm. Int 44, pg. 371-379, 1997. Em: BARREIRO, M. F. F. **Formação e estrutura dos Poliuretanos Segmentados**. Dissertação de Mestrado (Engenharia Química). Universidade do Porto, Portugal, 2000. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/11140/2/Texto%20integral.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2017.

[43] ALMEIDA, C. L.; AKCELRUD, L. C. Síntese e caracterização de poliuretanos segmentados contendo blocos de peso molecular controlado: parte 1 preparação e caracterização dos materiais. **Polímeros**, São Carlos, v. 9, n. 2, p. 23-29, 1999. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010414281999000200009&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 22 nov. 2017.