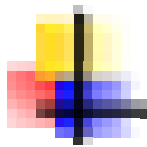




**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
DEPTº DE ENG. PRODUÇÃO E TÊXTIL  
CURSO DE ENGENHARIA TÊXTIL**



# **FIBRAS CELULÓSICAS**

**DOCENTE: Prof. Clóvis de Medeiros Bezerra**

**DISCENTES:**

**Daniele Cristine da Silva Gonçalves**

**Duciane Oliveira de Freitas**

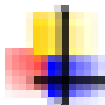
**Késia Karina de Oliveira Souto**

**Ronald Xavier Barbosa**

**Tatiana Ribeiro Ferreira**

**Natal-RN**

**Novembro de 2003**



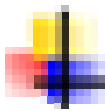
## **SUMÁRIO GERAL**

### **1. Fibras Vegetais Multicelulares**

1.1.Linho

1.2.Estruturas Microscópicas

- 1.3.Rami
- 1.4.Juta
- 2. Algodão e a Química da Celulose**
  - 2.1.O algodão
  - 2.2.História Natural do Algodão
  - 2.3.Estrutura da Fibra de Algodão
  - 2.4.Tipos de Algodão Comercial
  - 2.5.Constituintes do Algodão Cru
  - 2.6.Cera do Algodão
  - 2.7.Constituintes do Nitrogênio do Algodão
  - 2.8.Pectatos
  - 2.9.Substância Mineral
- 3. Celulose**
  - 3.1.Introdução
  - 3.2.Hidrocelulose
  - 3.3.Oxigelulose
- 4. Comportamento do Algodão e da Celulose Sob a Ação de Alguns Fatores**
  - 4.1. Ação do Calor no Algodão
  - 4.2.Ação da Água e Microorganismos
  - 4.3.Ação de Ácidos no Algodão
  - 4.4.Ação de Álcalis na Celulose



## SUMÁRIO

### **1. Fibras Vegetais Multicelulares**

– Introdução

#### 1.1. Linho

- Origem e Estrutura
- Métodos de Obtenção da Fibra

#### 1.2. Estruturas Microscópicas

- Comprimento
- Aparência

- Cor
- Resistência
- Constituintes Químicos
- Impurezas

### 1.3. Rami

- Origem e Obtenção da Fibra
- Aspectos Microscópicos
- Processo de Alvejamento da Fibra
- Processo de Mercerização da Fibra
- Uso da Fibra

### 1.4. Juta

- Origem, Uso e Cultivo da Fibra
- Aparência da Fibra
- Características

## **2. Algodão e a Química da Celulose**

### 2.1. O algodão

- Introdução às Células Vegetais

### 2.2. História Natural do Algodão

- Origem da Fibra
- Espécies
- Obtenção da Fibra
- Surgimento de defeitos nas fibras

### 2.3. Estrutura da Fibra de Algodão

- Estrutura da Fibra
- Reação da Fibra ao Reagente Schweitzer

### 2.4. Tipos de Algodão Comercial

- Variedades do Algodão
- Comprimento Médio da Fibra
- Diâmetro Médio da Fibra
- Utilidades

### 2.5. Constituintes do Algodão Cru

### 2.6. Cera do Algodão

### 2.7. Constituintes do Nitrogênio do Algodão

### 2.8. Pectatos

### 2.9. Substância Mineral

### **3. Celulose**

#### 3.1. Introdução

- Conhecimento da Química da Celulose
- Hidrólise da Celulose
- A Celulose é um Polímero de Glicose
- A celobiose
- A fórmula Estrutural
- Dimensões das Células Unitárias

#### 3.2. Hidrocelulose

#### 3.3. Oxixelulose

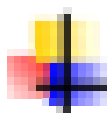
### **4. Comportamento do Algodão e da Celulose Sob a Ação de Alguns Fatores**

#### 4.1. Ação do Calor no Algodão

#### 4.2. Ação da Água e Microorganismos

#### 4.3. Ação de Ácidos no Algodão

#### 4.4. Ação de Álcalis na Celulose



## **PREFÁCIO**

### Objetivo

Alguns objetivos orientaram o nosso esforço na organização deste relatório. O mais importante foi o de mostrar a importância da química e de seus processos nas fibras têxteis.

### Organização

Este relatório está organizado em quatro capítulos, sendo estes subdivididos por assuntos diferenciados.

### Processo

O processo utilizado para a obtenção deste relatório obedeceu às seguintes etapas:

- Escolha do grupo;
- Aquisição do material didático;
- Divisão de tarefas entre os integrantes do grupo;
- Tradução do material didático (do inglês para o português);
- Entendimento do assunto;
- Formatação do relatório;
- Ensaaios antecedentes às apresentações.

As reuniões foram produtivas já que o grupo está totalmente envolvido com o objetivo principal.

### Apresentação

As datas de apresentação deste relatório são, respectivamente, 18/11/2003 e 20/11/2003. O recurso utilizado para tal é a explanação do assunto em sala de aula por todos os integrantes do grupo através de amostragem por transparências e apresentação em data-show.

# 1. FIBRAS VEGETAIS MULTICELULARES

---

## SUMÁRIO

- 1.1. Linho
  - 1.2. Estruturas Microscópicas
  - 1.3. Rami
  - 1.4. Juta
- 



Todas as fibras são multicelulares, com exceção do algodão. Elas são compostas de muitas células unidas por uma superfície de atração. As células são geralmente parte da estrutura do caule ou alguns outros tecidos da planta.

Há uma tendência marcante na diminuição da demanda dessas fibras, particularmente, porque elas têm sido substituídas por produtos sintéticos e, também, porque mudam as formas de empacotamento de sacos, nos quais elas são demasiadamente utilizadas.

### 1.1. LINHO

O Linho é a fibra da qual é feito o tecido de linho. Ela é retirada da parte fibrosa da casca da planta que pertence à ordem das lináceas e a espécie é *Linum usitatissimum*. Foi originalmente cultivada nas regiões do pântano entre o mar negro e o Cáucaso. Usada por egípcios, em torno de 2.500 a.C., e navios da Grécia e da Fenícia tinham suas velas feitas com linho. A planta é cultivada agora em escala comercial em várias localidades na Europa. A variedade de maior valor é o linho Courtrai, restrita a Bélgica. As plantas do grupo das herbáceas são semeadas a partir das sementes. Quando estão desenvolvidas, são puxadas por inteiro do solo e levadas para secagem e maturação. Os caules são separados das folhas e das sementes pelo processo de ripagem, ou seja, através dos dentes da carda. Neste estágio os caules contêm cerca de 75% de fibrosos de linho. As sementes que são separadas são esmagadas e prensadas e delas obtido um óleo, o resíduo restante, depois da extração do óleo, é prensado e transformado em uma torta de linhaça que é um alimento com valioso valor nutricional para o gado.

A visão microscópica de uma seção transversal de um caule da *Linum usitatissimum* é mostrada na Figura 1. A camada mais afastada do centro representada pela letra C é a cutícula ou casca do caule. O tecido representado por P é o floema através do qual os sais essenciais extraídos do óleo são transportados para as folhas e também contém as folhas e

fibras do líber, de aspecto escuro. Esses dão suporte ao floema e constitui as fibras multicelulares que são, essencialmente, fiadas para se obter o fio de linho. O Cambio é representado pela letra B. É a área onde são produzidas as novas células para o crescimento e formação da planta. O centro do caule, representado por X, é conhecido como xilema e é formada de grandes células que formam as paredes, compostas de celulose modificada conhecida como lignocelulose. A função dessas células é da sustentação do caule e o transporte de água para as raízes.

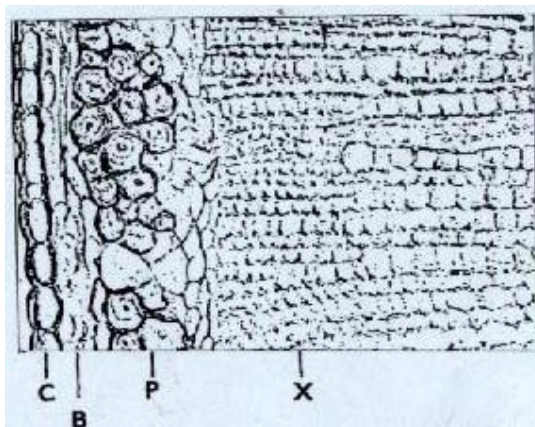


FIGURA 1: SECÇÃO DO CAULE DE LINHO

Partes integrais da estrutura do caule, as fibras fibrosas, são diretamente utilizadas na fiação. Elas devem ser separadas de outros tecidos por um processo chamado de macerização. O objetivo deste processo é quebrar a estrutura do tecido, de forma a separar as fibras. Há vários métodos tais como: macerização com água, macerização por orvalho e macerização química.

Na macerização com água os caules são amarrados em feixes e imersos em água, dentro de tanques, até a fermentação causada por bactérias e o amolecimento do caule através da destruição dos tecidos de baixa resistência. Estes tecidos são, ligados por substâncias adesivas intercelulares e são solúveis. Se a fermentação passar deste do ponto as fibras se estragam. Para que isso não ocorra, este tipo de macerização tem que ser cuidadosamente observada. O perigo de estragar as fibras, junto com o fato deste processo levar em média três semanas, faz com que este método sofra objeções, mas é compensatório em relação ao custo que é insignificante.

A macerização por orvalho é similar ao processo com água, porém mais lento. Os caules são espalhados sobre a grama e induzidos à fermentação. A umidade é fornecida por orvalho, chuva ou por irrigação ocasional. Algumas vezes a fermentação é iniciada pela macerização com água e os caules são depois colocados sobre a grama para completar o processo. Alega-se que a melhor cor é obtida desta forma.

A macerização química consiste em amolecer os tecidos por ação do ácido acético ou álcali. Ambos à temperatura ambiente ou à alta temperatura. Depois deste tratamento os produtos degradados são lavados com água. O excesso de líquido é removido passando por rolos, seguido de lavagem e secagem. A macerização química é considerada mais rápida do que as demais.

Depois de macerados e secados, os caules passam um processo mecânico chamado “breaking” (trituração e espadelagem). Eles são espremidos quando passam por rolos horizontais de estriagem. A pressão quebra o lenho em pequenos fragmentos que são jogados fora. A parte menos quebradiça continua não afetada. As fibras cruas são separadas dos

resíduos triturados por espadelamento. Isto pode ser feito por simples sovas nos caules, manualmente, até os fragmentos serem separados do lenho totalmente. A operação é, entretanto, realizada por máquinas projetadas para simular a sova. O linho espadelado é subsequentemente assedado, é quando as fibras partidas e torcidas são separadas paralelas umas com as outras.

As fibras do linho desmanchadas são torcidas e tecidas de maneira similar ao do algodão.

## 1.2. ESTRUTURAS MICROSCÓPICAS

As fibras de linho variam no comprimento de 25 a 75 mm. Cada fibra é composta de um número de fibrilas que consiste de várias células unidas. A média aproxima de 25 mm no comprimento e 0,014 a 0,025 mm de diâmetro. A fibra tem aparência de um tubo contínuo com paredes espessas e de um lúmen estreito e definido, como mostrado nas Figuras 2 e 3. O fim da fibra aparenta ser pontiaguda, e sobre a superfície externa longitudinal estrias são visíveis. Há nós ou protuberâncias que são vistos e dão aparência de junções. Onde se vê essas junções, correm divisões transversais que cruzam a fibra e são identificadas obliquamente no eixo longitudinal. Ambas as junções e estrias transversais podem se apresentar mais visíveis por meio de montes de fibras em iodo e ácido sulfúrico ou solução de cloreto de zinco. Nenhuma torção natural pode ser vista, mas há razões para acreditar que a superfície áspera e a estrutura unida favorecem a fiação.

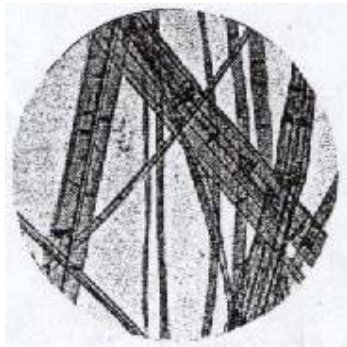


FIGURA 2: FIBRILAS DAS FIBRAS DE LINHO

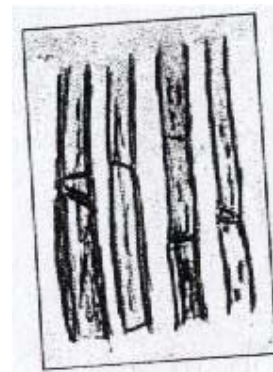


FIGURA 3: FIBRAS DE LINHO SIMPLES

As paredes das células são grossas e onduladas e, em sua uniformidade, sem apresentar variação globular na espessura quando envolvido com reagente Schweitzer. Assim, podemos concluir que nenhuma cutícula está presente nas fibras depois da macerização.

O linho cru tem cor acastanhada e depois do alvejamento ele fica branco, macio e lustroso (brilhoso). Sua resistência elástica é de 6,4 N/tex, comparada com 3,0 a 5,0 para o algodão. Sua flexibilidade e poder de fiação estão fortemente relacionados com a presença da cera natural. Se a cera for removida completamente, as fibras se tornam quebradiças, opacas e ásperas. Isto é um dos fatores que torna o alvejamento natural mais favorável do que o químico, pois este último tende a remover a cera. A recuperação do linho é de 13 a 75% e o fio é, aproximadamente, 20% mais forte tanto úmido quanto seco. A avaliação do fio de linho é baseado sob um rolo de 274 m (300 yd), o número de tais rolos pesa 0,45 kg (1 lb). A avaliação significa, preferivelmente, o sistema TEX (1g por 1000m).

Os constituintes químicos do linho são os mesmos que do algodão, isto é, celulose, proteína, óleo, cera, sais minerais, pectina e corante natural. Quando purificado, a celulose derivada do linho, é idêntica à do algodão. O total de impurezas pode ser muito alto de 25 a

30% e essas impurezas são, principalmente, pectina e pectoses. Sua completa remoção apresenta dificuldades.

### 1.3. RAMI

O rami ou grama da China consiste do lenho de uma espécie de urtiga pertencente à ordem natural das Urticáceas (subdivisão *Bofimeria*). As espécies conhecidas como *Bofimeria nivea* é o rami de folha branca que tem sido cultivada na China desde muitos anos atrás. A *B. Tenacissima* é a de folha verde variedade que cresce na Índia e Malásia. As plantas são arbustos que crescem a uma altura de 1,2 a 2,4 m (4 a 8 pés). Eles são resistentes e crescem rapidamente, produzindo de 3 a 4 safras por ano.

No estado de maturação, as plantas são cortadas. Os tecidos fibrosos estão situados perto da casca da árvore do caule que é puxado manualmente da terra. Isto é feito facilmente por sova. Os caules são batidos contra as pedras ou com martelo de madeira. As fibras podem ser, possivelmente, separadas manualmente em alguns lugares, mas as máquinas têm sido projetadas para substituir a mão-de-obra humana. Nas comunidades subdesenvolvidas, as fibras são secadas e alvejadas no sol. Já nas comunidades mais desenvolvidas, são usados solução alcalina para limpar e hipoclorito para alvejar.

Os aspectos microscópicos das fibras de rami são similares a do linho. Mas estas fibras são grosseiras e têm um lúmen mais longo como ilustrado na Figura 4.

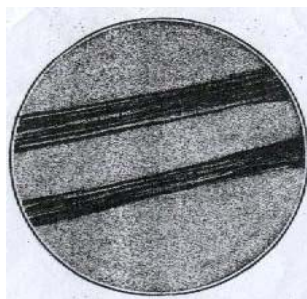


FIGURA 4: FIBRAS DE RAMI

O rami alvejado é branco, brilhoso e extremamente durável, mas não tem flexibilidade e elasticidade. A fibra de rami também tem uma pilosidade pelicular que permite trabalhá-la com a fibra de lã. Mas a torna desapropriada para fabricação de tecido que tenha contato com a pele.

O Rami pode ser fiado só ou com algodão e a mercerização promove um aumento no brilho e reduz sua pilosidade. Quando a mercerização é realizada sem tensão, a fibra torna-se contorcida com a aparência do algodão (Figura 5, B). Mas sem a completa tensão, a fibra fica sem a aparência de torcida e suporta uma mercerização semelhante a do algodão (Figura 5, A).



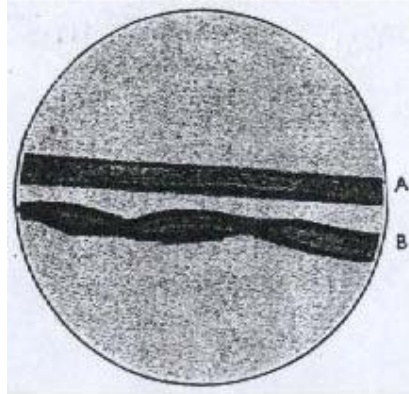


FIGURA 5: (A) FIBRAS SIMPLES DE RAMI MERCERIZADAS COM BAIXA TENSÃO  
(B) FIBRAS SIMPLES DE RAMI MERCERIZADAS SEM TENSÃO

A fibra de rami é usada para fazer corda, barbante e redes de pesca. Ela é também usada para tecidos no oriente. Sozinha ou com outras fibras. Na China ela é usada para a fabricação de “grass cloth” e “white summer cloth”. Pode ser alvejada para um bom branco e tingido tão satisfatoriamente quanto o algodão.

#### 1.4. JUTA

As fibras de juta são obtidas do gênero *Corchorus* da ordem das Tiliáceas. Há duas espécies desta ordem cultivadas para obter suas fibras são: *Corchorus capsularis* e a *Corchorus olitorius*, ambas encontradas em áreas tropicais e naturalmente por toda parte. A juta tem sido cultivada na Índia desde os primórdios onde seu caule era usado como uma fonte de fibras e suas folhas como vegetal. Uma larga quantidade de juta tem sido usada em Dundee, onde foi tecida pela primeira vez em 1828. Foi comprovada sua adequação para fazer sacos, e com o desenvolvimento do comércio mundial, a demanda de bolsas de juta aumentou bastante, significando diminuição do preço de embalagens.

O maior fornecedor de juta é Bangladesh, onde é cultivado em solo aluvial (solo pedregoso formado pelas enchentes dos estuários dos rios) das regiões dos deltas dos Ganges e da Bralmaputra. Depois da terra arada, as sementes são espalhadas entre Fevereiro e Junho de acordo com as condições climáticas. As plantas crescem de 1,8 a 3,7 m (6 a 12 pés) altos, os caules são colhidos rapidamente antes da floração. Eles são mercerizados por imersão em água durante um período que varia de 12 a 25 dias. Depois, as fibras são depois separadas do resíduo do tecido do caule manualmente. A operação, às vezes, é feita mais fácil com sovas com martelos de madeira para quebrar as células lenhosas. Depois, mais à frente, a juta é lavada e secada e empacotada em fardos para entregar para fábricas de fiação.

As fibras de juta têm aparência do linho e do “hemp”, mas tem características irregulares no lúmen. Isto é causado por variações nas paredes celulares que são grossas em algumas partes e extremamente finas em outras. A variação no tamanho do lúmen é vista em ambos os corantes seccionais e longitudinais mostrada na imagem microscópica das fibras na Figura 6. As fibras de juta são longas e alcançam entre 150 e 300 cm (60 a 120 polegadas). As fibrilas individuais são de 1,5 a 4 mm em comprimento e têm diâmetro entre 0,015 e 0,002 mm. A força de tensão não é grande em comparação com outras fibras e a elasticidade é baixa, mas isso se torna vantajoso para a fabricação de sacos porque significa que eles manterão sua forma quando carregado. A Juta é acastanhada e não é usada para vestuário. Embora elas fossem provavelmente usadas como “sack cloth” referidos na Bíblia.

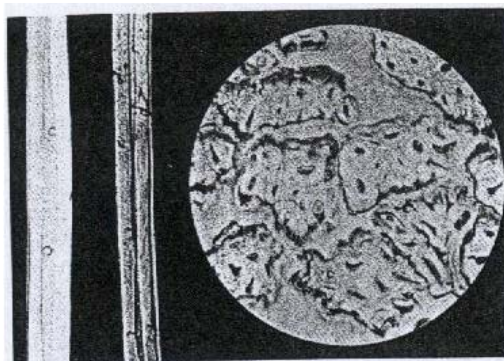


FIGURA 6: VISÃO LONGITUDINAL E CORTE SECCIONAL DA JUTA (X 500)

Quimicamente, a juta difere de outras fibras multicelulares, por conter uma considerável quantidade de lignina que, geralmente, é acompanhada pela celulose nos tecidos lenhosos.

A juta é dificilmente alvejada, pois ela sofre degradação quando tratada com cloro, especialmente, em solução alcalina. As melhores variedades, contudo, tem comparavelmente uma pequena pigmentação e podem ser tingidas sem alvejamento. Difere também por ter moderada afinidade para tingimentos básicos.

## 2. O ALGODÃO E A QUÍMICA DA CELULOSE

---

### SUMÁRIO

- 2.1. O algodão
- 2.2. História Natural do Algodão
- 2.3. Estrutura da Fibra de Algodão
- 2.4. Tipos de Algodão Comercial
- 2.5. Constituintes do Algodão Cru
- 2.6. Cera do Algodão
- 2.7. Constituintes do Nitrogênio do Algodão
- 2.8. Pectatos
- 2.9. Substância Mineral

---

### 2.1. O ALGODÃO



Toda fibra de algodão é uma fibra unicelular coletada da semente da planta de algodão. A função dessas fibras é proteger a jovem semente imatura e ajudar em sua dispersão quando estiver madura. Cada fibra, que pode ser longa ou curta, consiste em uma única célula vegetal completa. Embora sejam diferentes em suas formas, o algodão tem as características morfológicas de todas as células vegetais. Uma diferença fundamental entre as células animal e vegetal é que a primeira não tem camada de proteção enquanto que a segunda tem uma pele externa composta de celulose. Dentro dos limites dessa camada está o protoplasma vivo e um fluido que é essencialmente uma solução de vários sais minerais, chamados de seiva celular. Em uma célula jovem em fase de crescimento, o espaço fechado (limitado) por essa camada é totalmente preenchido com protoplasma e seiva celular de modo que a estrutura é distendida e túrgida (inchada).

Uma parte do protoplasma será coletada do núcleo mais denso e refrativo que é visto na ilustração da célula na Figura 7.



FIGURA 7: CÉLULA VEGETAL

Quando as células tornam-se maduras, o protoplasma morre e a seiva desaparece, deixando uma estrutura quase vazia. A fibra de algodão, agora, está morta e os conteúdos da célula não podem mais ser vistos no microscópio, mas ainda podemos ver a proteína completamente seca e os sais depositados na cavidade central que restaram devido à evaporação da seiva. Essas estão dentre as impurezas que devem ser removidas quando o algodão é limpo e alvejado.

## 2.2. HISTÓRIA NATURAL DO ALGODÃO

A planta de algodão pertence à ordem natural das Malváceas ou, em linguagem coloquial, a genes *Gossypium* da família *Mallow*. Ela cresce em climas subtropicais, sendo a maioria cultivada na Ásia, África, Egito, Índia e Américas do Norte e do Sul. A espécie particular das Malváceas da qual a fibra do algodão é obtida é *Gossypium*. Diferentes variedades têm sido cultivadas de acordo com a localização geográfica:

- GOSSYPIUM ARBOREUM → cultivado principalmente na Índia.
- GOSSYPIUM HERBACEUM → originário da Índia e tem influência árabe, é cultivado comercialmente na Índia, Iraque, Iran, Turquia e Rússia.
- GOSSYPIUM BARBADENSE → originário da civilização Inca, é cultivado principalmente no Peru.

Observação: A espécie *Gossypium Peruvianium* era referido como natural do Brasil e outros países da América do Sul, mas agora é considerada parte da espécie *Gossypium Barbádense*.

- GOSSYPIUM HIRSUTUM → originário da civilização da América Central e desenvolvido pela cultura Maia do México, é cultivado no Sul do México, América Central e Ilhas do Caribe.

A de melhor qualidade depende do cultivo cuidadoso e da manutenção da plantação.

As flores surgem em Junho e o algodão está geralmente amadurecido para ser colhido em Agosto e Outubro. As flores são substituídas por capulhos. Eles contêm sementes que são empacotadas quando jovens e as fibras crescem ativamente. Quando as sementes estão próximas do amadurecimento, as cascas se abrem e as fibras do algodão são projetadas, formando uma fofa massa branca, que é chamada de “maçã”. Agora as fibras estão expostas ao sol onde elas completam seu crescimento e o conteúdo da célula seca gradualmente, deixando o algodão em um estado apropriado para o corte. A correta secagem da célula ao sol é um fator muito importante na produção de uma das propriedades essenciais do algodão, que é a sua característica de torcer-se (apresentar convoluções).

Depois da plantação ter sido colhida, as fibras são removidas das sementes por um processo chamado beneficiamento. Nesta operação as sementes são colocadas na base de um

funil, sendo transportadas por uma rosca sem fim, passadas entre dois rolos revestidos em couro e duas facas conhecidas como “doctors”, que estão em posição tal que eles extraem fibras de um comprimento razoável e deixam para trás, junto com as sementes, as fibras menores que não são usadas na fiação. Se o beneficiamento não for cumprido cuidadosamente, algumas fibras danificadas ou rompidas, e pequenos nós de fibras curtas são inseridos junto com o algodão. Estes promovem manchas brancas opacas ou “neps” no fio, desvalorizando-o. Fibras imaturas também formam neps. Quando as fibras são examinadas em microscópio, os neps consistem de uma massa de fibras todas misturadas (emaranhadas) dentro de um pequeno agregado, como mostra a Figura 8. Eles são responsáveis por irregularidades no fio e também tendem a deixar pontos destacados no tingimento, especialmente quando compostos por fibras imaturas.



FIGURA 8: NEP

### 2.3. ESTRUTURA DA FIBRA DO ALGODÃO

Cada fibra consiste em uma única célula alongada, onde numa extremidade se apresenta mais estreita e na outra, que estava em contato com a semente, se apresenta aberta. Isto é mais bem visualizado na Figura 9, que mostra a fibra com muitas convoluções em torno do seu comprimento.

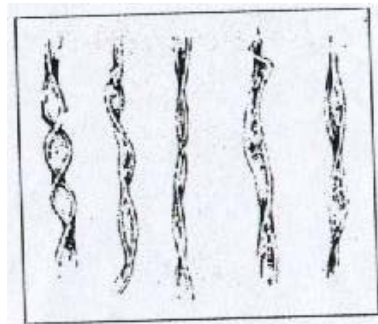


FIGURA 9: FIBRAS DE ALGODÃO

Durante muitos anos, essas fibras foram examinadas em microscópio óptico que revelava a celulose organizada na forma de estrutura fibrilar relativamente dura, mas o microscópio eletrônico tem mostrado que há uma maior subdivisão dentro das microfibrilas, como mostram as Figuras 10 (a) e 10 (b).

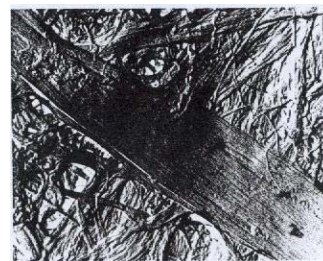
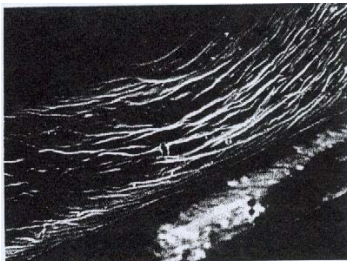


FIGURA 10 (a):  
ESTRUTURA FIBRILAR

FIGURA 10 (b):  
MICROGRAFIA ELETRÔNICA  
DOS LÍNTERES DO ALGODÃO

As fibras de algodão são estruturalmente diferenciadas dentro de zonas concêntricas e um miolo central profundo chamado de lúmen, como demonstrado diagramaticalmente na Figura 11 (a). A camada mais externa é chamada de cutícula e é composta por um fino filme de gorduras, pectinas e cera. Interna a ela está a camada primária, composta principalmente de celulose na qual as fibrilas estão dispostas em um desenho cruzado. Em direção ao centro temos a camada secundária composta de celulose que constitui a maior parte da fibra. É diferenciada em três zonas distintas. A mais externa ( $S_1$ ) é a camada, comparativamente, mais fina de fibrilas orientadas helicoidalmente com um ângulo de  $20^\circ$  a  $35^\circ$ . Nesta região as fibrilas invertem periodicamente a posição da espiral. A zona  $S_2$ , que está situada dentro da  $S_1$ , aponta como a maior em conteúdo celulósico e neste caso as fibrilas estão novamente na forma de hélices com uma região mais baixa em torno de  $20^\circ$  a  $30^\circ$  e que, como as da zona  $S_1$ , são organizadas tal que existem inversões periódicas na direção da espiral. Em um algodão mais maduro, a camada  $S_3$  pode ser observada adjacente à parede do lúmen e é constituída de proteínas e sais minerais derivados da secagem da seiva celular.

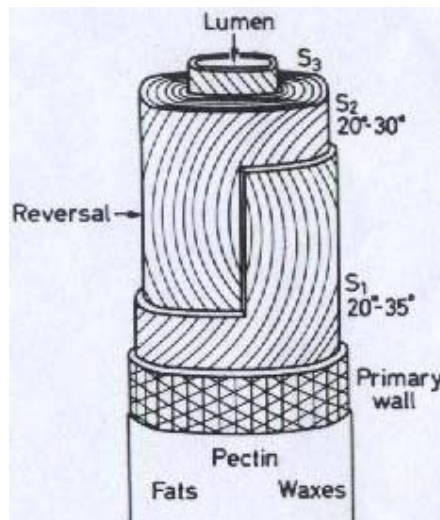


FIGURA 11 (a): ESTRUTURA MORFOLÓGICA DA FIBRA DE ALGODÃO

A camada secundária é estabelecida por sucessivas camadas visíveis como anéis correspondendo ao crescimento diário, no corte da secção transversal de uma fibra inchada como mostra a Figura 5 (b).



FIGURA 11 (b): ANÉIS DE CRESCIMENTO NAS FIBRAS DE ALGODÃO

A celulose cuticular é insolúvel ao reagente Schweitzer, que é uma solução de hidróxido de cobre em amônia. A maior parte da celulose é, contudo, solúvel. Se uma fibra de algodão for colocada no reagente Schweitzer em uma vista microscópica, uma série de inchaços globulares pode ser observada, como mostra a Figura 12. As porções unidas são aquelas onde a camada cuticular insolúvel formou grupos, e as regiões inchadas são aquelas onde a celulose, antes de se dispersar em solução, expandiu e forçou o caminho através da



cutícula. Se a fotomicrografia (Figura 12) for observada cuidadosamente, será visto que o lúmen ainda aparenta ser como linhas contínuas no centro. Ele não desapareceu devido à insolubilidade da parede interna do lúmen.

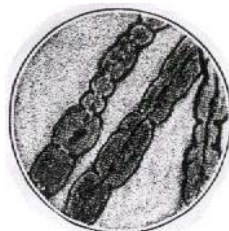


FIGURA 12: INCHAÇOS GLOBULARES DO ALGODÃO NO REAGENTE SCHWEITZER

Em uma fibra de algodão completamente desenvolvida há de 8 a 12 convoluções por mm. Essas convoluções são mais numerosas em algodões de qualidade superior do que em algodões de variedades comuns. Algumas vezes, porém, há células com uma torção comparavelmente pequena; elas são imaturas ou parcialmente maduras. Em algumas ocasiões, as torções são inteiramente ausentes, as paredes celulares são, extremamente, finas e o lúmen fecha-se tal que as fibras assemelham-se a pedaços achatados de fitas levemente torcidas. Estas são as fibras mortas, as quais tiveram seu crescimento finalizado antes da maturação.

Todo algodão contém um pouco de fibras mortas e imaturas, mas onde as condições para o desenvolvimento são favoráveis, o número é menor. Más estações, superlotação (pequeno espaçamento entre as plantas), negligência no cultivo e plantas apodrecidas estão entre as causas do excesso de fibras não desenvolvidas. Sua aparência microscópica é mostrada na Figura 13. A detecção de fibras imaturas ou imaturas é facilitada pelo tratamento com reagente Schweitzer antes do exame. Elas têm pouquíssima ou nenhuma cutícula e por essa razão não formam expansões globulares. Elas também podem ser detectadas pelo exame microscópico sob a luz polarizada, pois quando colocada em um ângulo de 40° em relação ao eixo de um prato de selenita em um microscópio de polarização, elas ficam de roxas à azul escuro, mudando para amarelo ou laranja quando rotacionada em 90°. As fibras maduras, por outro lado, são amarelas a verde-amareladas antes e depois de rotaciona-las a 90°.

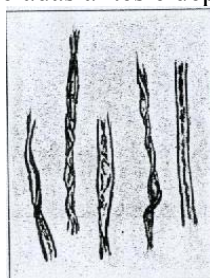


FIGURA 13: FIBRAS IMATURAS OU MORTAS

#### 2.4. TIPOS DE ALGODÃO COMERCIAL

O algodão pode ser classificado conforme o comprimento médio de suas fibras, em outras palavras, sua classificação é conforme seu elemento principal. Por via de regra, as propriedades mais importantes variam diretamente com o comprimento da fibra. Algumas variedades típicas são mostradas a seguir:

Tabela 1

Variedade	Comprimento Médio da Fibra	Diâmetro Médio da Fibra	Utilidades
Sea Island	51 mm	0,017 mm	Materiais de qualidade superior
Egípcio	38/44 mm	0,017 mm	Boa qualidade; cor natural requer bem branqueamento

Americano	23/32 mm	0,21 mm	Não pode ser usado para contagens muito refinadas
Indiano	15/20 mm		Usado para contagens simples únicas
Chinês	13/18 mm		Geralmente misturado com outras qualidades

## 2.5. CONSTITUINTES DO ALGODÃO CRU

O algodão cru contém, além da celulose, os constituintes comuns da célula vegetal. São estes o óleo e a cera, as pectoses e as pectinas, as proteínas e os compostos de nitrogênio mais simples, ácidos orgânicos, substância mineral e pigmentos naturais. Os fios de algodão ou bons pedaços dele podem conter sujeiras adversas, resíduos e óleo de máquina. A composição aproximada do algodão cru é a seguinte:

Celulose	85,5%
Óleo e Cera	0,5%
Proteínas, Pectoses e Pigmentos	5,0%
Substância Mineral	1,0%
Umidade	8,0%

Ficará claro que, se o algodão for propriamente purificado antes do alvejamento deverá perder 6,5% em peso. Com o objetivo de entender os processos de limpeza e alvejamento será necessário saber algo da química destas impurezas.

## 2.6. CERA DO ALGODÃO

A cera do algodão, em hidrólise, foi observada a produção dos seguintes álcoois: álcool gossypium,  $C_{30}H_{61}OH$ , álcool montanil,  $C_{28}H_{57}OH$  e álcool ceril,  $C_{26}H_{53}OH$ . Investigações posteriores, contudo, lançaram algumas dúvidas sobre a composição desses álcoois e foi sugerido que nem o gossypium e nem o álcool montanil tenham sido obtidos em estado puro e que eles são de fato misturados. Estes Álcoois monohídricos de alto peso molecular combinam com ácidos graxos para formar ceras que são substâncias duras com pontos de fusão comparavelmente altos. Eles não hidrolisam facilmente e são separados dentro do sal de sódio do ácido graxo e do álcool somente depois de prolongada a ebulição em uma solução alcoólica de hidróxido de sódio.

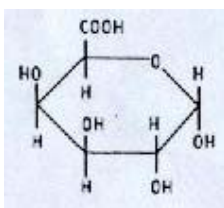
As gorduras são ésteres de ácidos graxos com glicerol. Elas têm baixos pontos de fusão e são hidrolisadas totalmente em sabão e glicerol facilmente pela ebulição em uma solução aquosa de hidróxido de sódio. (Melhor estudado no capítulo 9 – *Dyeing and Chemical Technology of Textile Fibre*).

## 2.7. CONSTITUINTES DO NITROGÊNIO DO ALGODÃO CRU

São derivados do que era o protoplasma da célula viva. Consistem de proteínas e dos produtos de degradação das proteínas tal como: Polipeptídios e aminoácidos. Acredita-se que os compostos contendo nitrogênio podem ser associados aos pigmentos naturais. A química das proteínas é descrita em maiores detalhes no capítulo 5 – *Dyeing and Chemical Technology of Textile Fibre*.

## 2.8. PECTATOS

O algodão natural contém derivados do ácido péctico. Eles aparecem para existir como pectatos de cálcio e magnésio. O ácido péctico é um polímero que consiste de unidades de ácidos galacturônico (1):



(1)

## 2.9. SUBSTÂNCIA MINERAL

A natureza e a quantidade de substância mineral encontrada no algodão depende da regular composição do solo em que cresce. É o resíduo dos sais contidos na seiva quando a célula ainda está viva. A natureza exata e as proporções dos sais podem variar significativamente.

# 3. CELULOSE

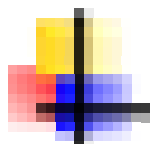
---

## SUMÁRIO

- 3.1. Introdução
- 3.2. Hidrocelulose
- 3.3. Oxixelulose

---

## 3.1. INTRODUÇÃO



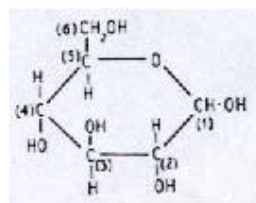
Quando todas as impurezas forem removidas, o principal constituinte da fibra que sobra é a celulose. O conhecimento da química dessa substância é essencial para a compreensão da tecnologia de alvejamento e tingimento. A celulose tem uma fórmula empírica de  $(C_6H_{10}O_5)_n$ . A celulose pura é uma substância branca com uma gravidade específica de 1,5. Queima espontaneamente no ar, com uma chama luminosa sem fumaça. É higroscópica e foi sugerida que a celulose pode formar três hidratos:  $C_6H_{10}O_5 \cdot 1/3$  ou  $1/2 \cdot H_2O$  e  $C_6H_{10}O_5 \cdot 1 \ 1/3 \cdot H_2O$ , mas existem dúvidas sobre essas fórmulas por causa de sua variabilidade. A celulose é insolúvel em água e em solventes orgânicos, mas dissolve em hidróxido de cobre amoniacal e em soluções concentradas de certos sais tal como cloreto de zinco e tiocianato de cálcio, tão bem quanto em certos complexos de metais e etilenodiamina. É insolúvel em soluções de álcalis, mas dissolve-se em ácido sulfúrico concentrado frio como outros carboidratos, quando aquecidos com ácido sulfúrico concentrado, a celulose expande-se formando uma massa de carbono. É também atacada pelos ácidos clorídrico e nítrico. Soluções de celulose são coloidais em suas propriedades.

Soube-se por um longo tempo que um dos produtos da hidrólise da celulose é a glicose. E vários pesquisadores têm demonstrado que a produção, quando a metoxixelulose é hidrolisada com ácidos diluídos, é, virtualmente teórica. Isto indica que a celulose consiste de



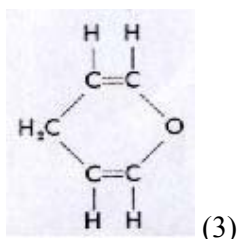
nada mais que moléculas de glicose unidas uma a outra. Amido e glicogênio também dão produtos teóricos de glicose em hidrólise, mas nem a natureza nem o homem tiveram sucesso em obter uma substância fibrosa fora delas. É obvio, portanto, que se deva existir alguma organização estrutural única das unidades de glicose dentro da celulose. Até o grande trabalho de Haworth, Hirst, Irvine e outros na química dos açúcares não foi feito progresso suficiente, que fosse possível criar um modelo da molécula de celulose.

Em 1926, W. N. Haworth demonstrou que os açúcares eram cíclicos na estrutura e que os pontos de ligação do átomo de oxigênio no anel foram entre o 1° e o 5° átomo de carbono como mostrado em (2):



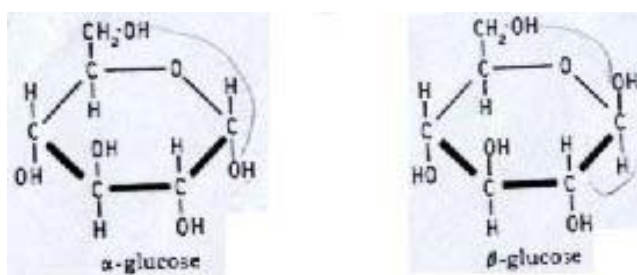
(2) d-glicose

Isto é comumente referido como a estrutura da piranose por causa de sua similaridade ao pirânio (3):



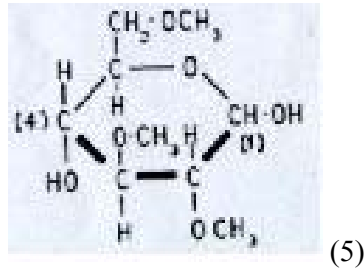
(3)

Foi estabelecido pela medida da rotação da luz polarizada pela glicose, cristalizada abaixo das condições variantes, que existem duas formas de glicose de rotação para a direita (D-glicose), conhecida como as glicoses alfa e beta. A diferença entre elas encontra-se na distribuição dos grupos hidroxilas acima e abaixo do anel piranose, que devem ser imaginadas como dispostas em um plano de ângulos retos na superfície do papel (4). Por convenção, a linha escura representa a frente do anel hexagonal.



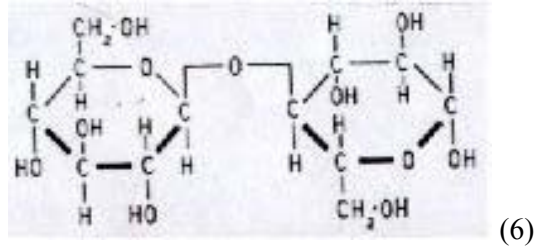
(4)

Do antecedente isto será óbvio de que a celulose é um polímero de glicose e que deve conter um grande número de grupos  $-\text{CH}_2\text{OH}$  e  $>\text{CHOH}$ . Foi verificado na prática que é muito mais fácil isolar e identificar os produtos intermediários no desarranjo da cadeia se os grupos hidroxilas forem metilados ou acetilados. Em 1923, Irvine e Hirst mostraram que se a celulose for completamente metilada, um produto teórico de glicose trimetil 2:3:6 (5) é obtido, de que pode ser deduzido que a ligação está entre os grupos hidroxilas atacados nos átomos de carbono 1 e 4.



O octa-acetato de um açúcar conhecido como celobiose que foi isolado da celulose completamente acetilada. Quando sua constituição foi determinada por Haworth, Freudenberg e Braun, um grande passo à frente foi dado no estabelecimento da estrutura da celulose.

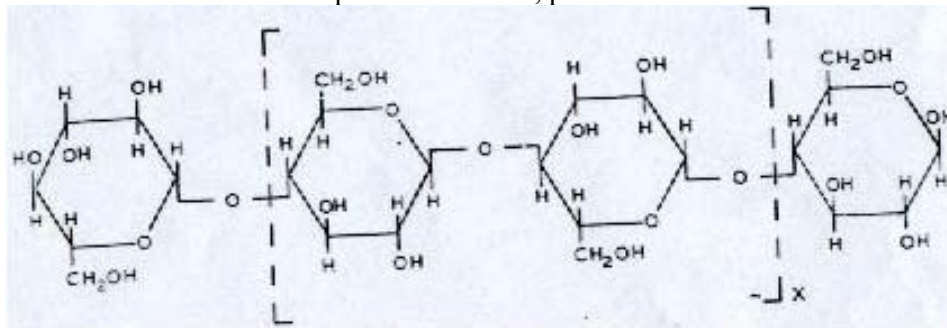
A celulose decomposta em celobiose pela enzima emulsin que só age em ligações de glicose beta ( $\beta$ ). Isto indica que as unidades de glicose são de configuração beta. Este fato importante, junto com uma elegante aplicação de pesquisa da química dos açúcares (veja Preston e outros, *Textile Science*), provou que a celobiose consiste de duas moléculas de beta glicose ligadas umas às outras pelos átomos de carbono 1:4, como mostrado em (6).



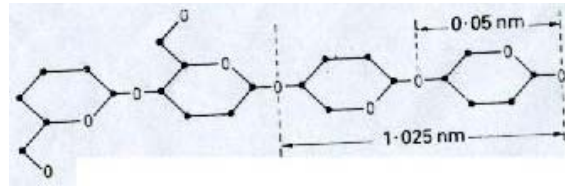
A consideração da estrutura da beta glicose mostrada em (4) indica que se a ligação está entre grupos hidroxilas nas posições 1:4, cada unidade alternada deve estar em torno de um ângulo de  $180^\circ$ . Isto é necessário para trazer os grupos  $-OH$  para o mesmo lado do plano da configuração molecular e, portanto, adjacentes entre si.

O amido é um polímero de moléculas de alfa glicose em que esta rotação alternada da molécula não é requerida para a condensação conduzindo para ligações nas posições 1:4. Esta diferença não é de significância profunda, pois as considerações teóricas demonstram que é somente no caso da ligação beta que é possível para o polímero ser orientado em uma linha reta e, portanto, ser potencialmente formada em fibra.

A fórmula estrutural aceita para a celulose é, portanto:

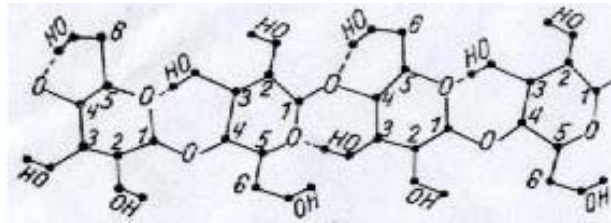


A confirmação da estrutura da celobiose originou-se da interpretação de diagramas de difração raios-X para a celulose. A maioria dos trabalhos foi feita em Rami, porque entre as fibras naturais, contém celulose no estado mais altamente organizado. O projeto indica um período repetitivo ao longo do eixo longitudinal de 1,03 nm, que está em acordo muito próximo com que os modelos moleculares indicam que devem ser a dimensão correspondente da molécula de celobiose, como mostrado diagramaticalmente em (7):



(7)

As outras dimensões das células unitárias são 0,79 e 0,835 nm, como mostrado na Figura 14. Um fato adicional que surge de um estudo da organização espacial dos átomos é que o grupo hidroxila atacado pelo átomo de carbono de número 6 na fórmula de glicose convencional (isto é, o grupo CH<sub>2</sub>OH) está dentro dos limites de distância da formação de pontes de hidrogênio do átomo de oxigênio na ligação glicosídica beta, como mostrado na fórmula estrutural (8).



(8) Prováveis pontes de hidrogênio intramolecular indicados por linhas quebradas.

Ela é geralmente determinada pelo número de unidades de glicose em uma molécula média de celulose natural que é da ordem de 10.000, que corresponde a um peso molecular de 1.590.000.

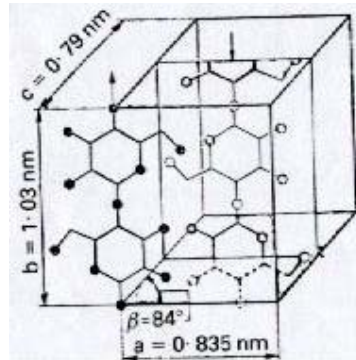
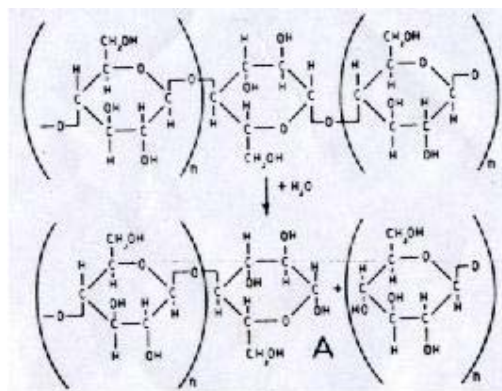


FIGURA 14: POSIÇÕES DOS ÁTOMOS NAS CÉLULAS ELEMENTARES DE CELULOSE NATURAL

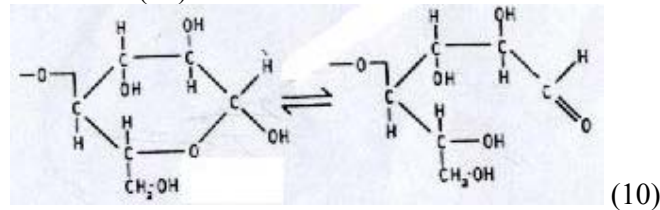
### 3.2. HIDROCELULOSE

Isso é produzido pela ação de ácidos diluídos na celulose. Resulta da divisão das cadeias por hidrólises como é mostrado em (9):



(9)

O grupo final A é uma estrutura reduzida por que ela pode resistir a mudanças tautométricas para um aldeído (10):

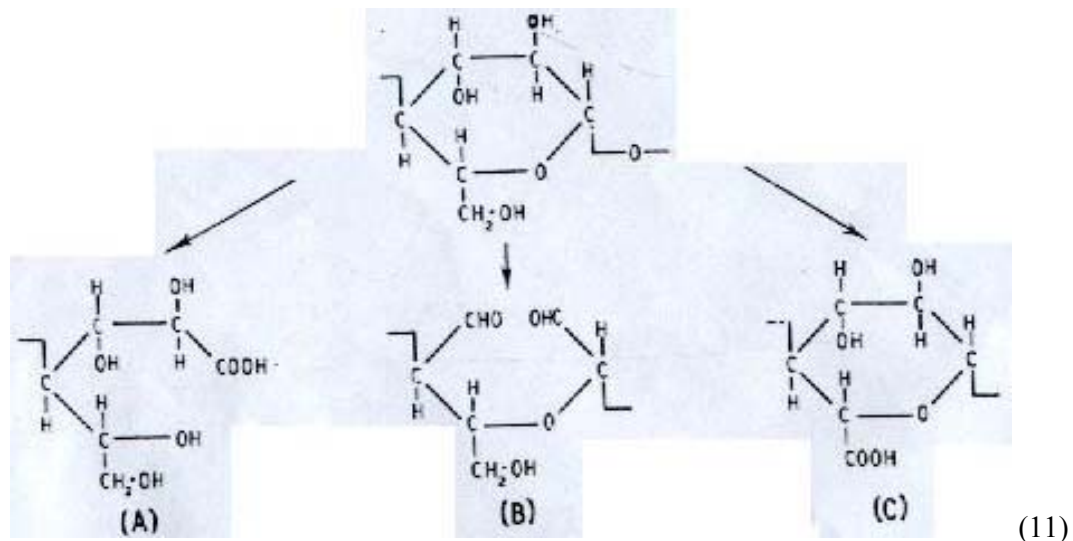


Hidrólises baixam o nível de polimerização e, portanto, a resistência da fibra (resistência à tração). Ela também dá uma derivada com maior poder de redução por causa do aumento de números de grupos finais capazes de transformações aldeídas. O ponto de quebra (colapso) depende do pH do ácido e da temperatura. Há geralmente muitas formações hidrocelulósicas em soluções aquosas de ácidos minerais e nenhuma com ácidos orgânicos. Se ácidos não-voláteis, orgânicos ou inorgânicos, não são removidos, hidroceluloses podem ser formadas rapidamente com altas temperaturas que predominam durante a secagem.

Se materiais feitos de fibras celulósicas não são neutralizados corretamente depois do tratamento com ácido, eles são responsáveis para desenvolver hidroceluloses gradualmente durante armazenagem. Isso se aplica com todos os ácidos minerais, e tão pequeno quanto 0,01% de ácido sulfúrico ou hidrocloreídrico, que causarão gradualmente sérios prejuízos. Esta forma de dano é particularmente perigosa porque os materiais podem ser ditos como perfeitos e de boa confiança, porém encontrados imperfeitos mais tarde no empacotamento.

### 3.3. OXICELULOSE

A celulose é facilmente oxidada dentre uma variedade de produtos conhecidos como oxixeluloses. Há basicamente três pontos nos quais agentes oxidantes podem atacar a molécula de glicose (11):



## 4. COMPORTAMENTO DO ALGODÃO E DA CELULOSE SOB A AÇÃO DE ALGUNS FATORES

### SUMÁRIO

#### 4.1. Ação do Calor no Algodão

- 4.2. Ação da Água e Microorganismos
- 4.3. Ação de Ácidos no Algodão
- 4.4. Ação de Alcalis na Celulose

#### **4.1. AÇÃO DO CALOR NO ALGODÃO**



O algodão pode ser aquecido até o estado seco a 150°C (302°F) sem sofrer decomposição, mas se o aquecimento é prolongado, uma coloração marrom surge gradualmente. Uma pequena descoloração amarronzada pode ocorrer com temperaturas mais baixas que 150°C, que não causam deteriorização na fibra, mas é suficiente para estragar o efeito do alvejamento. Deve-se ter cuidado com o controle da temperatura das máquinas de secagem, e elas não devem ultrapassar 93°C (200°F). A exposição prolongada à alta temperatura num ambiente que contenha oxigênio causa danos influenciando a formação da oxixelulose.

#### **4.2. AÇÃO DE ÁGUA E MICROORGANISMOS**

A água fria causa ao algodão uma expansão, mas sem haver ação química nele. A expansão é acompanhada pelo desaparecimento da torção natural adquirida no aquecimento. O algodão é propenso a ser atacado por fungos ou bactérias, pois fornece umidade suficiente, e pH e temperatura favoráveis para esse crescimento. Foi determinado que o algodão não é atacado quando contém menos de 9% de umidade, depois disso a velocidade de multiplicação dos microorganismos pode aumentar rapidamente até alcançar o máximo de 50% da água contida. A maioria dos fungos é sensível a ácido, mas podem crescer abundantemente quando as condições são ligeiramente alcalinas e a temperatura é superior a 21°C (70°F).

#### **4.3. AÇÃO DE ÁCIDOS NO ALGODÃO**

O aquecimento com ácidos diluídos fará, finalmente, hidrólise a celulose para glicose. Ações mais brandas com ácidos a temperaturas mais baixas aumentam os danos com a formação de hidroxixelulose. Uma lavagem final em acetato de sódio de maneira que passe um minuto, esse sal é secado no algodão e torna-se um bom protetor, porque algum vestígio do ácido mineral será convertido em ácido acético que não é perigoso.

Ácido nítrico, por conta de sua ação oxidante, difere de outros ácidos em seu comportamento com a celulose. Imerso por um curto tempo em ácido nítrico concentrado causa algumas diminuições acompanhadas por um aumento na resistência e tendência a mal tingimento. A ação prolongada de ácido nítrico frio oxida a celulose em oxixelulose e finalmente quebra em ácido oxálico, a reação começa muito acelerada e com temperaturas muito altas. Quando o ácido nítrico é secado no algodão ele assemelha-se a outros ácidos minerais, causando fragilidade na armazenagem.

#### **4.4. AÇÃO DE ALCALIS NA CELULOSE**

Alcalis suaves, tal como, carbonato de sódio, não tem ação na celulose nem em baixas ou altas temperaturas na ausência de ar. Na presença de oxigênio, entretanto, oxixelulose é produzida gradualmente com conseqüentes danos. Soluções diluídas de alcalis fortes, tais como hidróxido de sódio age da mesma forma. Na ausência de ar, a celulose pode ser aquecida com 2% de hidróxido de sódio sem nenhuma degradação. Se o oxigênio está presente, logo a oxixelulose surgirá rapidamente. A celulose era afetada por soluções mais concentradas de hidróxido de sódio de modo complexo. Como a concentração de solução de hidróxido de sódio aumenta além de 24% há uma nova constante elevação na contida



absorvida até existir outra quebra no perfil na curva correspondente com 22,5% de hidróxido de sódio por 100g de celulose, e isso tem sido atribuído a  $(C_6H_{10}O_5)NaOH$ . Figura 15.

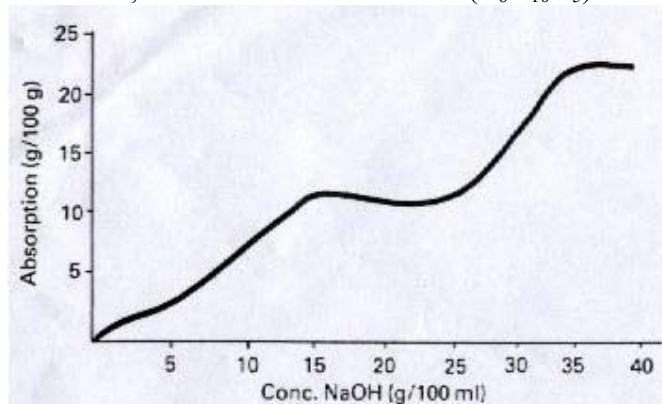
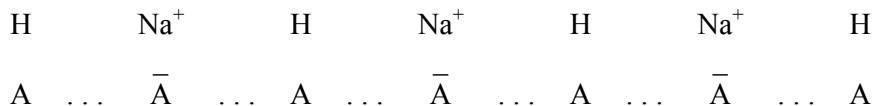


FIGURA 15: RELAÇÃO ENTRE CONCENTRAÇÃO E ABSORÇÃO DE HIDRÓXIDO DE SÓDIO

A conclusão que a quebra na continuidade da curva representa a formação de compostos claramente definidos tem sido vigorosamente disputados, principalmente, porque o efeito sobre a aparente perda de hidróxido de sódio da solução não tem sido ajustada levando em conta a mudança da água na fase líquida.

Neale (J.T.I, 1929, 373; 1930, 225; 1931, 349) fez uma valiosa contribuição para a teoria da ação dos álcalis na celulose quando ele sugeriu que, como era o caso de outro Álcool polihídrico tal como a glicose, glicerol, sacarose, seria razoável assumir que a celulose formaria sais com álcalis. Algodão ou celulose são tratados como uma rede contendo número de ácidos que perderam seu hidrogênio:



A interface entre a celulose e a fase líquida pode ser considerada como uma membrana permeável para íons Na e OH tão bem quanto moléculas de água, mais impermeáveis para HA e A.

<b>Celulose</b>	<b>Líquido</b>
<b>Fase 1</b>	<b>Fase 2</b>
AH	Na <sup>+</sup>
NaA ionizado	OH <sup>-</sup>
Na <sup>+</sup> ionizado	H <sub>2</sub> O
NaOH ionizado	
Íons <sup>+</sup> Hidrogênio	
H <sub>2</sub> O	

Neste sistema o AH e A, ao contrário dos outros componentes não podem imigrar da celulose para dentro da fase líquida. A negatividade mudou sítios A imóveis a atrair íons Na<sup>+</sup> da solução, e um número igual de íons OH devem acompanhá-los para manter a neutralidade elétrica.

Estes serão adicionais para aqueles que terão entrado por difusão normal. Haverá, portanto, uma maior concentração de hidróxido de sódio em (1) do que em (2). Isto criará uma pressão osmótica através da interface, tendendo a atrair água para dentro da celulose. Foi

mostrado que a retirada de água devido a esta pressão osmótica estar num nível mais alto de 16 a 24% de soluções de hidróxido de sódio como mostrado na Figura 16:

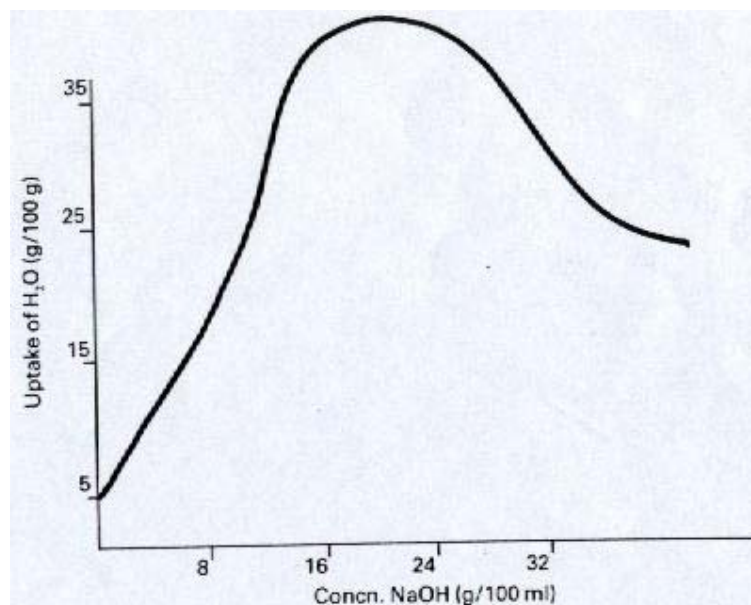


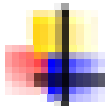
FIGURA 16: RELAÇÃO ENTRE A RETIRADA DE ÁGUA DEVIDO À OSMOSE E CONCENTRAÇÃO DE HIDRÓXIDO DE SÓDIO

No gráfico acima onde g por 100g de hidróxido de sódio na celulose permanece relativamente constante, ocasiona a quebra na continuidade da curva. Por um tratamento matemático complexo baseado na lei do equilíbrio na membrana de Donnan, Neale demonstrou que a retirada de hidróxido de sódio rosa firmemente depois de tirar o relato a flutuação na velocidade de absorção da água.

Muitas investigações na ação do hidróxido de sódio na celulose tiveram lugar desde aqueles de Neale e outros, e há muitos conflitos evidentes. Baseado principalmente nos métodos de raios-X, os seguintes complexos são exigidos para serem identificados:

Soda Celulose 1	$C_6H_{10}O_5:NaOH.3H_2O$
Soda Celulose 2	$C_6H_{10}O_5:NaOH.2H_2O$
Soda Celulose 3	$C_6H_{10}O_5:NaOH$
Soda Celulose 4	$C_6H_{10}O_5:NaOH.H_2O$
Soda Celulose 5	$C_6H_{10}O_5:NaOH.5H_2O$

Não há evidência concreta para a existência de compostos estequiométricos, e os efeitos são, predominantemente, a formação de complexos, a composição exata de que é difícil determinar, pois eles, freqüentemente, ocorrem como misturas.



## **BIBLIOGRAFIA**

- R. H. Throtman. **Dyeing and Chemical Technology of Textile Fibres.**
- Notas de aula – Disciplina: **Métodos e Processos de Manufatura do Fio I** – Docente: Prof. Dr. Rasiah Ladchumananandasivam, PhD – Novembro de 2003.