



**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE  
MINAS GERAIS  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA  
CURSO DE QUÍMICA TECNOLÓGICA**

**DETERMINAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS  
FÍSICO-QUÍMICAS E MECÂNICAS DE FIOS  
CAPILARES SUBMETIDOS À DIFERENTES  
TRATAMENTOS QUÍMICOS**

**Luciana Pimenta Abrantes**

**Belo Horizonte-MG  
2010**



**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE  
MINAS GERAIS  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA  
CURSO DE QUÍMICA TECNOLÓGICA**

**DETERMINAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS  
FÍSICO-QUÍMICAS E MECÂNICAS DE FIOS  
CAPILARES SUBMETIDOS A DIFERENTES  
TRATAMENTOS QUÍMICOS**

**Luciana Pimenta Abrantes**

Monografia apresentada ao Curso de  
Química Tecnológica do CEFET-MG como  
parte das exigências da disciplina Trabalho  
de Conclusão de Curso II (TCC II).

**Orientador:** Prof. Dr. Patterson Patrício

**Banca Examinadora:**

**Prof. Dr. Patterson Patrício(orientador)**

**Prof<sup>a</sup> Dra. Patrícia Santiago de Oliveira Patrício**

**Prof. Dr. Claudinei Rezende Calado**

**Monografia aprovada em \_\_\_\_\_**

**Belo Horizonte-MG  
2010**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à minha orientadora Patrícia, pela orientação durante esses 12 meses, dedicando seu tempo para execução deste trabalho.

À minhas amigas Nayara e Larissa, pela paciência nos momentos de dificuldade e pelo apoio sempre que precisei.

À minha companheira de trabalho e amiga Poliana, pelo apoio e ajuda no tratamento das amostras.

Ao meu irmão, Gustavo, pela amizade e apoio.

Aos meus pais pelo apoio aos estudos, em especial a minha mãe que sempre me motivou, investindo em mim de todas as formas possíveis, confiando e acreditando no meu potencial.

E principalmente a Deus, que me protege e carrega em seus braços em todos os momentos, inclusive nos mais difíceis, por ter me capacitado e dado forças para seguir até aqui com humildade e perseverança.

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

ABIHPEC - Associação Brasileira da Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos.

ANVISA – Agencia Nacional de Vigilância Sanitária.

CMC - complexo de membrana celular.

FTIR – Espectroscopia de Infravermelho com transformada de Fourier.

IARC - Internacional Agency for Research on Câncer.

MEV - Microscopia Eletrônica de Varredura.

OMS - Organização Mundial da Saúde.

TG – Análise termogravimétrica.

## LISTA DE FIGURAS E FLUXOGRAMAS

Figura 1: estrutura da queratina – ligações peptídicas .....	2
Figura 2: Formação da ponte dissulfeto pela união de duas cisteínas .....	3
Figura 3: Desenho esquemático de uma secção da fibra capilar .....	3
Figura 4: estrutura da cutícula .....	4
Figura 5: Estrutura da fibra capilar sem medula .....	6
Figura 6: Estrutura da Guanidina [14] .....	8
Figura 7: - Fotografias dos fios de cabelo natural e submetidos aos produtos: (a) Branco; (b) Glutaral; (c) Formol; (d) Sódio; (e) Amônia; (f) Guanidina .....	16
Figura 8:Imagens obtidas por MEV para o fio de cabelo natural e submetidas aos produtos: (a) Branco; (b) Formol; (c) Glutaral; (d) Guanidina; (e) Sódio; (f) Amônia.....	17
Figura 9: Imagens obtidas por MEV para o fio de cabelo natural e submetidas aos produtos: (a) Branco; (b) Formol; (c) Glutaral; (d) Guanidina; (e) Sódio; (f) Amônia.....	18
Figura 10: Curva TG dos fios virgens.....	19
Figura 11: Curva da Tg dos fios submetidos ao tratamento com formaldeído .....	20
Figura 12:Curva da Tg dos fios submetidos ao tratamento com hidróxido de sódio.....	21
Figura 13:Espectros de FTIR da amostra não tratada e das amostras tratadas .....	22
Figura 14:Ampliação das bandas entre 2000 e 500 cm <sup>-1</sup> .....	24

## **LISTA DE TABELAS E GRÁFICOS**

Tabela 1: Relação entre a quantidade de matéria de queratina por massa de cabelo seco .....	2
Tabela 2: Composição das vendas de produtos cosméticos no ano de 2008 .....	11
Tabela 3: Atribuição de grupos .....	23
Gráfico 1: Variação do crescimento da indústria brasileira de Perfumaria e Cosméticos .....	10

# SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>Introdução</b>	<b>1</b>
<b>1.1</b>	<b>Estrutura do cabelo</b>	<b>1</b>
1.1.1	<i>Cutícula</i>	4
1.1.2.	<i>Córtex</i>	5
1.1.3.	Medula	6
1.1.4.	Cor	7
<b>1.2.</b>	<b>Produtos utilizados no tratamento e alisamento dos cabelos.</b>	<b>7</b>
1.2.1.	Hidróxidos	7
1.2.2.	Tioglicolato de Amônio	8
1.2.3.	Formol	9
1.2.4.	Glutaraldeído	9
<b>1.3.</b>	<b>Relevância do tema e objetivos</b>	<b>10</b>
<b>1.4.</b>	<b>Descrição do Trabalho</b>	<b>12</b>
<b>2.</b>	<b>Parte experimental</b>	<b>13</b>
<b>2.1.</b>	<b>Coleta de amostras</b>	<b>13</b>
<b>2.2.</b>	<b>Tratamento das amostras</b>	<b>13</b>
<b>2.2.1.</b>	<b>Inclusão em cola quente de silicone</b>	<b>14</b>
<b>2.3.</b>	<b>Caracterização das amostras submetidas a tratamento químico</b>	<b>14</b>
2.3.1.	Efeito do produto no fio capilar	14
2.3.2.	FTIR- ATR	14
2.3.3.	Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)	15
2.3.4.	Tg	15
<b>3.</b>	<b>Resultados e Discussão</b>	<b>15</b>
<b>3.1.</b>	<b>Caracterização das amostras</b>	<b>15</b>
3.1.1.	Efeito do produto no fio capilar	15
3.1.3.	TG	19
3.1.4.	FTIR- ATR	21
<b>4.</b>	<b>Conclusão</b>	<b>24</b>
<b>5.</b>	<b>Referências</b>	<b>24</b>

## **1. Introdução**

O ser humano se importa muito com o cabelo, e podemos perceber isto pela grande variedade de produtos cosméticos e farmacêuticos, com funções que vão desde a simples limpeza e tentativas de restauração de cabelos danificados até medicamentos para queda, calvície e outras doenças [1].

Os tratamentos químicos capilares são muito procurados pelo público feminino, e hoje fazem parte de um mercado cada vez mais expressivo. Existe uma gama de produtos com diferentes atuações no fio de cabelo e cada tipo de tratamento leva a uma resposta do fio capilar.

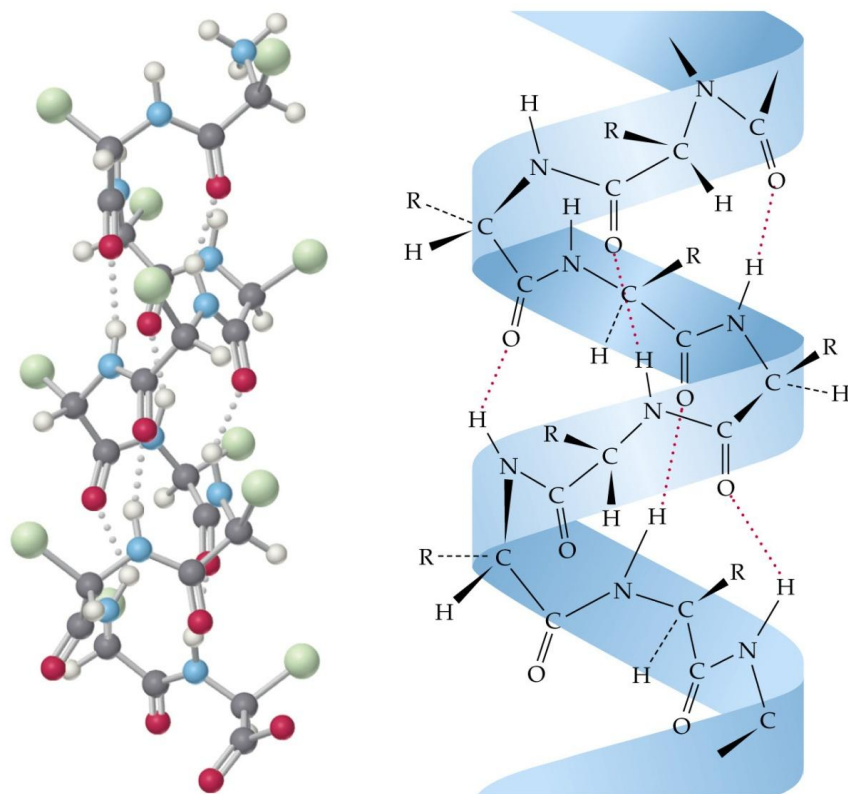
Apesar de muito utilizados os tratamentos químicos do mercado não possuem análises comparativas que relacionem seus benefícios e agressões, não só ao tecido capilar, mas também à saúde, como o formaldeído, considerado cancerígeno pela OMS (Organização Mundial da Saúde) quando absorvido pelo organismo [13].

Antes de propor um estudo sobre a atuação dos produtos no fio capilar é necessário conhecer a estrutura do fio, bem como as possíveis variações naturais desta estrutura.

### **1.1 Estrutura do cabelo**

O principal componente estrutural do cabelo é um polímero chamado queratina. Este é também componente de várias outras matrizes orgânicas, como a pele e unhas nos seres humanos e ainda chifres, escamas, penas, etc., em outros animais. A queratina é um polímero composto por cadeias polipeptídicas apresentando ligações entre vários tipos de aminoácidos [1]. A estrutura de uma cadeia peptídica está representada a seguir.





**Figura 1: estrutura da queratina – ligações peptídicas**  
**Fonte: [itech.dickinson.edu/chemistry/?p=381](http://itech.dickinson.edu/chemistry/?p=381)**

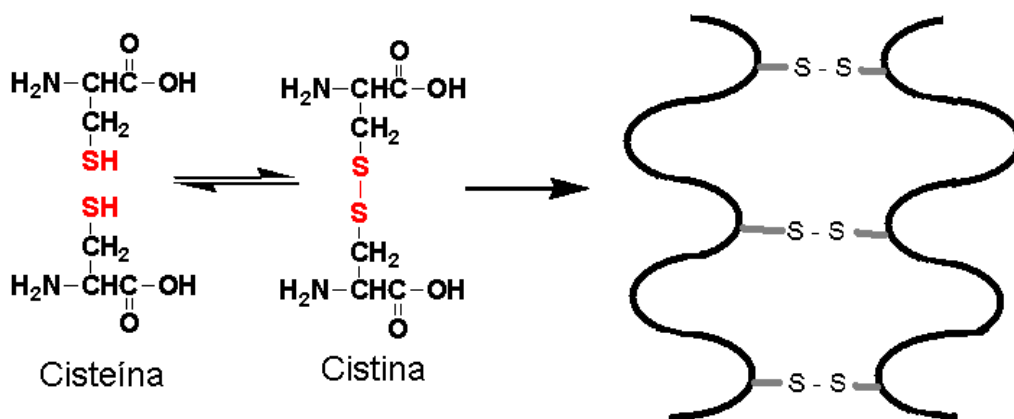
De acordo com a Figura 1, os elementos R indicam as cadeias laterais dos aminoácidos que são diferentes para cada um deles. A queratina é composta de uma mistura de 20 aminoácidos [1]. O cabelo humano contém cerca de 80% em massa de queratina [2]. A Tabela 1 apresenta uma relação entre a quantidade (em mol) de aminoácidos por micrograma de cabelo seco.

**Tabela 1: Relação entre a quantidade de matéria de queratina por massa de cabelo seco**

Aminoácido	$\mu\text{mol g}^{-1}$ de cabelo seco	Aminoácido	$\mu\text{mol g}^{-1}$ de cabelo seco
Ácido aspártico	292-578	<b>Metionina</b>	47-67
Treonina	588-714	<b>Isoleucina</b>	244-366
Serina	705-1091	<b>Leucina</b>	489-529
Ácido glutâmico	930-1036	<b>Tirosina</b>	121-195
Prolina	374-708	<b>Fenilalanina</b>	132-226

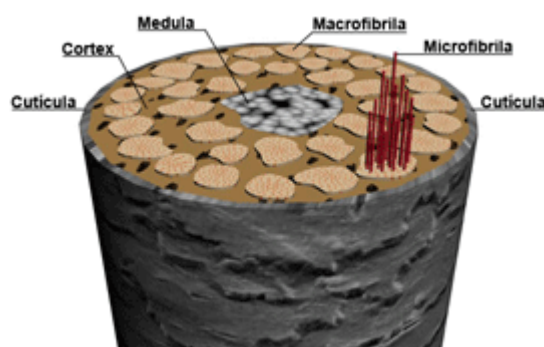
Glicina	463-560	<b>Lisina</b>	130-222
Alanina	314-384	<b>Histidina</b>	40-86
Meia-cistina	1380-1512	<b>Arginina</b>	499-620
Valina	470-513	<b>Triptofano</b>	20-64

Outro fator estrutural importante na fibra capilar é a formação de ligações entre átomos de enxofre provenientes de resíduos de 2 aminoácidos cisteína, unindo duas cadeias protéicas, formando a cistina, representada na Figura 2.



**Figura 2: Formação da ponte dissulfeto pela união de duas cisteínas**

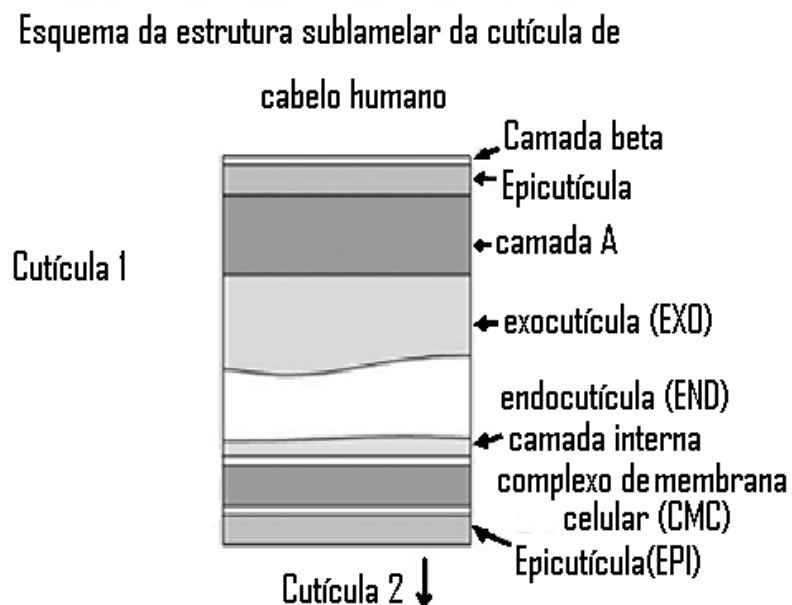
As pontes de sulfeto conferem maior estabilidade química e física a esta proteína e conseqüentemente ao cabelo. O cabelo pode ser dividido morfológicamente em 4 partes distintas: a cutícula, o córtex, o cimento intracelular e a medula. A Figura 3 exhibe um esquema da estrutura morfológica do cabelo.



**Figura 3: Desenho esquemático de uma secção da fibra capilar**

### 1.1.1 Cutícula

A cutícula consiste em varias camadas de células planas sobrepostas, correspondendo a cerca de 10% da massa da fibra capilae e como uma barreira química e mecânica além de ser responsável por outras características, como brilho, coeficiente de atrito entre as fibras, etc.[1]. As células que compõem a fibra são células mortas [3], preenchidas majoritariamente com queratina. As camadas de células estão presas próximo à região da raiz, e apontam para a região da ponta, de forma semelhante a um telhado. Entre as células cuticulares há o complexo da membrana celular (CMC), que representa cerca de 2% em massa da fibra capilar. A cutícula tem caráter amorfo e suas partes apresentam estrutura e reatividades diferenciadas. A cutícula apresenta então a seguinte estrutura.



**Figura 4: estrutura da cutícula**

As camadas celulares da cutícula possuem a seguinte estrutura:

- A primeira parte consiste na camada externa, chamada de epicutícula. Trata-se de uma camada de ácido 18 metileicosanóico ligada a uma membrana proteolipídica de caráter altamente hidrofóbico [2]. Esta possui também uma fina cobertura lipídica (camada  $\beta$ ).

- Em seguida, ocorre a camada A, que possui um alto teor de cistina, apresentando quantidade considerável de ligações cruzadas (S-S) [3], que lhe conferem resistência química e mecânica.
- A exocutícula, adjacente a camada A, também apresenta quantidade considerável de cistina, contribuindo da mesma forma para resistência mecânica e química.
- A camada posterior é a chamada endocutícula e é composta de elementos não queratinosos, proveniente de material intracelular como o próprio núcleo e organelas comprimidas. A endocutícula apresenta carboidratos, proteínas, vitaminas, ácidos nucléicos e outras componentes celulares, cuja solubilidade em meio aquoso resulta em propriedades hidrofílicas, bem como maior sensibilidade química em relação às outras camadas (embora ainda apresente cerca de 3% de cistina).
- Separando a endocutícula e a próxima camada cuticular está o complexo de membrana celular (CMC) formada por material protéico de polaridade razoável e quantidade considerável de Lisina (com baixo teor de cistina), apresentando também caráter hidrofílico.

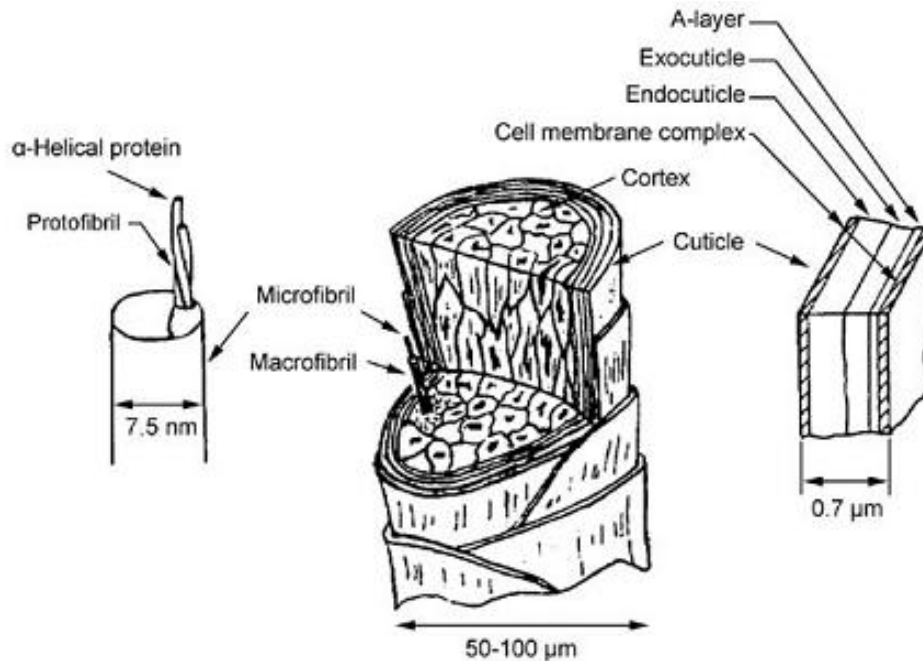
A cutícula é a parte mais externa do cabelo e é responsável pela passagem das substâncias para o interior da fibra por difusão, processo mais considerado na ação de cosméticos [2].

### **1.1.2. *Córtex***

O córtex é o componente presente em maior quantidade na fibra capilar e representa 88% fibra. Células corticais, CMC [4] e queratina amorfa [2] fazem parte da sua constituição. As características mecânicas do cabelo estão associadas a esse componente.

As células do córtex são formadas por microfibrilas (estruturas semelhantes a colunas) dispostas lado a lado na direção da fibra. A microfibrila consiste em microfibrilas (também semelhantes a colunas) cuja composição é em grande parte queratina amorfa, apresentando grande quantidade de ligações entre átomos de enxofre, de forma que as colunas se encontram

retorcidas entre si, sendo unidas pela matriz celular. A microfibrila por sua vez, é dividida ainda em cerca de sete protofibrilas, formadas por cadeias de queratina dispostas em duplas hélices. As estruturas da fibra capilar bem como a do córtex estão representadas na Figura 5 [4].



**Figura 5: Estrutura da fibra capilar sem medula [4].**

Tanto as microfibrilas quanto as macrofibrilas são mantidas unidas pelas matrizes microfibrilares e macrofibrilares respectivamente, por pontes dissulfeto [2].

É no córtex que está presente o pigmento que dá cor aos cabelos, a melanina. O cabelo sem pigmento apresenta-se translúcido. Encontram-se ainda vários espaços cheios de ar, presentes mais próximos da raiz e diminuindo em direção às pontas; estes são mais frequentes e maiores em cabelos mais grossos [1].

Em geral, as células cuticulares são ricas em cisteína, compactas, pouco suscetíveis à infiltração de líquidos e de baixa reatividade, embora ainda sejam passíveis de oxidação.

### 1.1.3. Medula

A medula é um componente localizado no centro da fibra capilar. Ela pode estar fragmentada, ou ainda estar ausente [1]. Apresenta uma composição

rica em lipídeos, e pobre em cisteína, embora sua estrutura seja firme devido à presença de ligações peptídicas que substituem as ligações em ponte de enxofre. Acredita-se que a influência da medula nas propriedades da fibra capilar seja desprezível [2], embora alguns autores afirmem que a formação de vacúolos decorrente da diferenciação celular seja responsável pelo brilho e diferenciação de tons de cores dos cabelos [1].

#### **1.1.4. Cor**

A presença de melanina na fibra é responsável pela coloração da mesma [1,2]. Existem dois tipos de melanina, a eumelanina, de cor marrom e a feomelanina, de cor alaranjada, e a variação nos tons do cabelo dependem da quantidade, do tipo de melanina presente e da sua distribuição na fibra. Tratamentos cosméticos que podem danificar a cutícula da fibra acabam por descolorir o cabelo, devido à reflexão difusa da luz em superfícies rugosas de células descoladas ou danificadas.

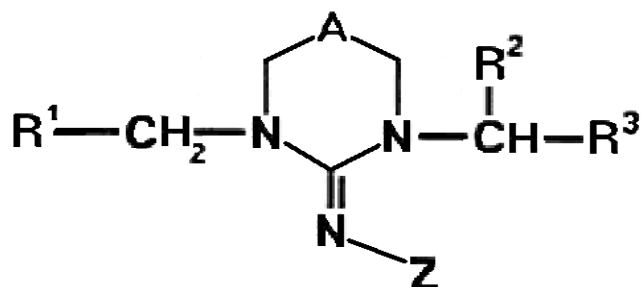
### **1.2. Produtos utilizados no tratamento e alisamento dos cabelos**

Diferentes produtos cosméticos são utilizados no tratamento dos cabelos, dependendo do objetivo do procedimento, que pode ser o relaxamento, a tintura, hidratação, restauração, anelamento ou alisamento dos mesmos.

O alisamento dos cabelos resulta numa diminuição de sua resistência, pelo rompimento de ligações químicas que mantêm sua estrutura estável. Os principais agentes alisantes são Tioglicolato de amônio, os hidróxidos metálicos e de guanidina e o formol. Algumas outras técnicas mais sofisticadas estão disponíveis no mercado nacional, como o Fotopolimerizador Opti Light, que trabalha com emissão de radiação na faixa de frequência das ligações químicas dos cabelos, melhorando a eficiência do processo químico [5].

#### **1.2.1. Hidróxidos**

Alguns produtos utilizados no alisamento dos cabelos levam em sua composição hidróxidos metálicos, como hidróxido de sódio, lítio, magnésio e Guanidina, cuja estrutura está representada na Figura 6.



**Figura 6: Estrutura da Guanidina [14]**

O método de funcionamento do hidróxido baseia-se no rompimento de ligações mais frágeis, como as interações de hidrogênio e as interações dipolo - dipolo entre extremidades da proteína que apresentam carga. Elas não resistem ao pH alto (12 a 13), proporcionado pelos hidróxidos, permeando a cutícula e atingindo o córtex [5,6,7]. Dessa forma o cabelo torna-se mais maleável, sendo passível de alisamento mecânico. Após o tratamento, utiliza-se um neutralizante ácido, cuja função é restaurar o pH, regenerando também as interações de hidrogênio. O pH alcalino, entretanto, rompe também algumas pontes dissulfeto, danificando o cabelo e tornando-o mais frágil [5].

O contato dos hidróxidos com o couro cabeludo pode causar irritação - variando de dor e coceira a corrosão e destruição dos tecidos [8].

### **1.2.2. Tioglicolato de Amônio**

O tioglicolato de amônio é basicamente uma mistura entre ácido tioglicólico e hidróxido de amônio. Essa substância age através de mecanismos de redução, quebrando as pontes dissulfeto e separando a cistina em duas cisteínas, deixando o cabelo passível de moldagem, momento no qual o mesmo pode ser alisado ou ondulado. Após a realização do procedimento escolhido, que no caso do alisamento pode ainda ser complementado com a

utilização de metal aquecido (conhecido como prancha), utiliza-se um produto oxidante, como o peróxido de hidrogênio [7], para refazer as pontes dissulfeto pelo equilíbrio de oxirredução e restaurar a fibra capilar no novo formato.

### **1.2.3. Formol**

O formaldeído, ou formol, é misturado de maneira empírica a uma solução de queratina líquida e aplicado nos cabelos. Em contato com a fibra se liga às proteínas cuticulares e aos aminoácidos hidrolisados da queratina, formando uma espécie de filme sobre a fibra capilar, conferindo-lhes o alisamento, brilho e rigidez. O interior do fio, por outro lado, torna-se quebradiço e muito mais frágil, rompendo-se facilmente com atividades de rotina, como o ato de pentear [7].

A toxicidade deste produto é bastante elevada. Tanto pelo contato com o couro cabeludo quanto pelo contato com a pele do aplicador, além dos vapores evoluídos devido à volatilidade apreciável do mesmo. A sua inalação pode causar a irritação do trato respiratório, podendo chegar à bronquite, pneumonia ou laringite, dependendo da exposição. Sintomas mais imediatos são dores de cabeça, dificuldade para respirar, tosse e edema pulmonar [7]. O contato causa branqueamento da pele e necrose do tecido. Exposição longa pode resultar em dermatite, hipersensibilidade, ressecamento da pele e queda de cabelo. Outras fontes ainda dizem respeito à carcinogenicidade e teratogenicidade [7,8].

O formol é proibido pela ANVISA como produto cosmético alisante, no qual sua concentração encontra-se em torno de 37% v/v [7]. A utilização do mesmo só é permitida a concentrações iguais ou inferiores a 0,2% v/v, quando o produto atua apenas como conservante, eliminando microorganismos.

### **1.2.4. Glutaraldeído**

O glutaraldeído é um dialdeído saturado, ligeiramente ácido em seu estado natural, e vem substituindo o formol, desde sua proibição como alisante. O glutaraldeído é um conservante relativamente comum em cosméticos, e pode ser usado em concentrações de até 0,2% v/v. Sua atividade se deve à

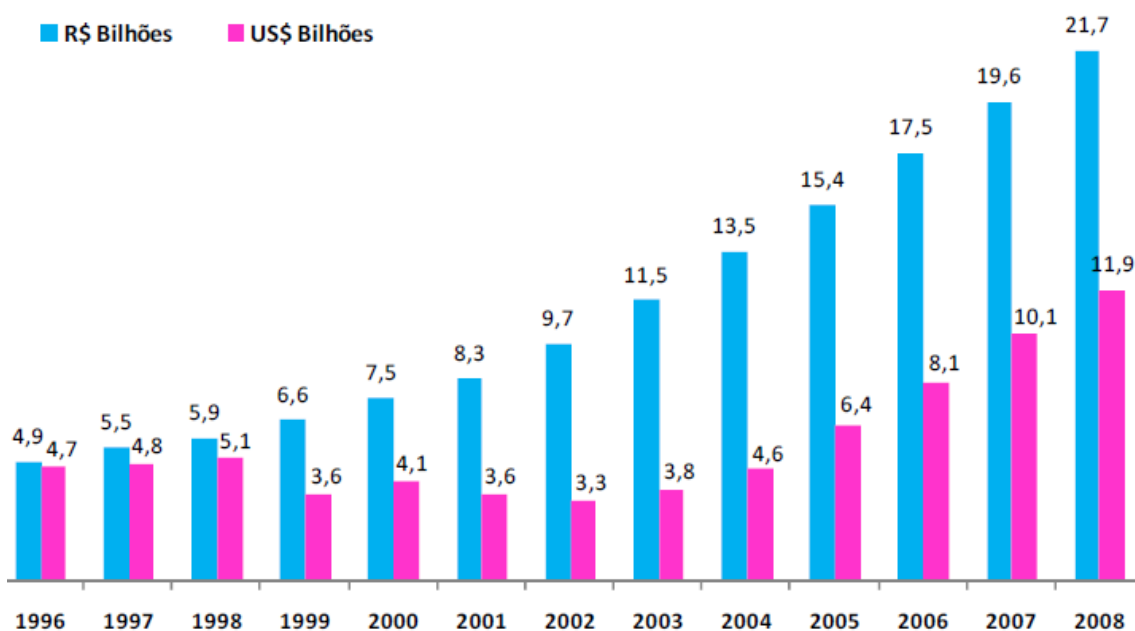


alquilação de grupos sulfidríla, hidroxila, carboxila e amino, alterando DNA, RNA e síntese de proteínas [9].

Assim como o formaldeído, o glutaraldeído é tóxico e a exposição por inalação ao resulta em danos aos tecidos do trato respiratório superior. A Internacional Agency for Research on Câncer (IARC) classifica a substância no grupo 2A, ou seja, como provável carcinógeno humano [9].

### 1.3. Relevância do tema e objetivos

De acordo com a ABIHPEC (Associação Brasileira da Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos) a indústria de cosméticos apresentou um crescimento médio de 10,6% nos últimos 13 anos. O imposto sobre vendas cresceu de R\$ 4,9 bilhões em 1996 para R\$ 21,7 bilhões em 2008 [12] e a Indústria Brasileira de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos apresentou um crescente aumento como pode ser visto no gráfico da Figura 7.



**Gráfico 1: Variação do crescimento da indústria brasileira de Perfumaria e Cosméticos. [11]**

A queda das vendas no período entre 1999 e 2002 deveu-se a desvalorização do real.

A ABIHPEC mostra ainda que os produtos desse setor também apresentam forte expressão no mercado exterior, sendo a América do Sul o principal

importador. Por grupo de produtos, as exportações brasileiras de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos, apresentaram composição em 2008 conforme descrito na Tabela 2:

**Tabela 2: Composição das vendas de produtos cosméticos no ano de 2008.**

	<b>US\$ Milhões</b>	<b>% Vs. 2007</b>	<b>% Vs. 1999</b>
Produtos para Cabelos	161.496	35,8	1.271,5
Sabonetes	156.149	20,9	293,0
Higiene Oral	150.756	-0,3	280,3
Desodorantes	45.698	31,5	730,4
Descartáveis	43.090	42,0	27,2
Demais	90.696	24,1	142,0
<b>TOTAL</b>	<b>647.885</b>	<b>20,5</b>	<b>285,6</b>

Observando esses dados, percebe-se que os produtos para cabelo apresentam maior expressão entre os produtos do setor. Assim, verificar o resultado dos produtos consumidos por um público tão expressivo pode ajudar a entender a procura por processos alisantes.

O levantamento realizado mostra que a mulher brasileira é consumista, atendida com os lançamentos de beleza das estações. Amália Sina, presidente da Sina Cosméticos, destaca que algumas ações devem ser recicladas e adaptadas de acordo com os diversos momentos do mercado. A Revista HPC Essencial, publicada em novembro de 2009, mostra que o mercado de produtos de beleza tem grande destaque no Brasil, e que as mulheres chegam a gastar 20% de sua renda com esse tipo de produto.

Atualmente não se tem na literatura nenhum tipo de comparação entre os resultados dos tratamentos tradicionalmente utilizados no alisamento de cabelos.

De acordo com os artigos encontrados os estudos atualmente estão focados na melhora da hidratação do fio e na toxicidade de alguns produtos disponíveis no mercado.

Atualmente, as pesquisas envolvendo análises com cabelos, têm focado efeitos da Radiação Ultravioleta nos fios, como mudanças de cor e dano protéico, como o trabalho de Joeques [16]. Neste artigo foram estudados os efeitos das radiações "UV" e "UVA", radiação de lâmpada de mercúrio e radiação solar em diferentes tipos de cabelo, e verificaram a de perda de proteína e de água dos fios submetidos à radiações solar e de lâmpada. Para isto os autores utilizaram cabelos previamente limpos e secos, os quais foram irradiados e então testados para a perda de proteína. Partes duplicadas e triplicadas de 1,0 g foram irradiadas e então usadas para medir as mudanças de cor. Para caracterizar os fios e compará-los foram utilizados MEV, ensaios mecânicos e o método Lowry de quantificação de proteínas.

Em outro artigo sobre tratamentos estéticos e cuidados dos cabelos, os autores realizaram uma pesquisa dermatológica dos tratamentos estéticos capilares. O trabalho estuda o alisamento capilar definitivo com os principais alisantes legalizados – hidróxidos de sódio e lítio, hidróxido de guanidina e tioglicolato de amônio –, suas diferenças, mecanismos de ação, indicações e segurança para a saúde são aqui abordados e discute ainda o uso ilegal e indiscriminado de produtos do grupo dos aldeídos (formaldeído e glutaraldeído) nos salões de cabeleireiro no Brasil, suas implicações legais e em saúde pública, sua carcinogenicidade e a identificação dos referidos registros junto à ANVISA. Também são estudados os xampus e agentes condicionadores indicados para tratamento da haste capilar. Ao final, são discutidas as implicações dos tratamentos capilares em geral, para a saúde do fio e do couro cabeludo [7].

É importante conhecer os resultados entre alisamentos com produtos considerados tóxicos, como formaldeído e glutaraldeído e os agentes alisantes legalizados, para entender a procura pelo novo mercado e ainda propor produtos seguros quanto à toxicidade, e com ação eficiente enquanto alisante.

#### **1.4. Descrição do Trabalho**

O método proposto irá reproduzir *in vitro* os principais tratamentos realizados nos salões de beleza. Para isto, dividiremos estes em dois tipos,

de acordo com a durabilidade do produto: tratamentos permanentes e semi-permanentes. No primeiro grupo temos os produtos tradicionais baseados no hidróxido de sódio e guanidina, que apresentam pH básico e causam frequentemente reações irritantes severas no couro cabeludo [13] o segundo grupo é composto por produtos incorporados recentemente no mercado que apresentam em sua composição anti-sépticos variados como formaldeído e glutaraldeído.

A partir das amostras tratadas e do branco (cabelo virgem), serão realizadas análises físico-químicas e mecânicas, a fim de verificar as conseqüências das mudanças químicas, como quebras das cutículas, remoção de suas camadas, erosão total ou parcial [1] bem como a eficiência e agressão ao fio capilar.

O trabalho visa, portanto, comparar os resultados obtidos pela análise dos fios submetidos à diferentes tratamentos e relacionar as potencialidades de cada tratamento, que, para ganhar a aceitação do consumidor precisam apresentar segurança, biocompatibilidade e funcionalidade [8].

## **2. Parte experimental**

### **2.1. Coleta de amostras**

O cabelo utilizado neste trabalho é ondulado e castanho médio, e foi obtido de uma doadora. As amostras não sofreram nenhum tratamento cosmético agressivo como tinturas, permanentes, alisamentos etc.

### **2.2. Tratamento das amostras**

Após coletado, o cabelo foi separado em várias mechas menores, que constituíram o branco, os três tratamentos permanentes e os outros três temporários. As mechas foram presas nas pontas com cola apropriada, conforme descrito no item 2.3. Utilizaram-se três tipos de base, hidróxido de guanidina, hidróxido de sódio e amônia, todos os produtos da marca Mutari.

Para os tratamentos permanentes, seguiram-se os tempos especificados de repouso para cada reagente de acordo com os protocolos indicados na bula para cabelos finos/sensíveis e sua neutralização foi rigorosamente respeitada.

Para os tratamentos semi-permanentes realizou-se o padrão utilizado na maioria dos salões uma vez que não há bula de especificação para o procedimento. Todas as amostras foram antes submetidas ao mesmo tipo de lavagem e posteriormente enxaguadas com o mesmo hidratante. As marcas utilizadas foram Zap, para Glutaraldeído e Vita Lise, para formaldeído.

### **2.2.1. Inclusão em cola quente de silicone**

Tendo em vista a dificuldade de obter uma quantidade razoável de fios para serem tratados foi feito um ensaio de inclusão do cabelo em cola quente de silicone. Essa cola endurece em torno de 30°C e é bastante utilizada para prender as mechas. Na temperatura ambiente tem a consistência de borracha e separa-se facilmente do cabelo.

## **2.3. Caracterização das amostras submetidas a tratamento químico**

Depois de finalizado o tratamento químico as amostras foram submetidas aos testes de caracterização de propriedades físico-químicas, mecânicas e estruturais, conforme descrito nos itens a seguir.

### **2.3.1. Efeito do produto no fio capilar**

Esta etapa consiste na observação das características físicas do fio através de fotografias, que permitiram comparar o efeito alisante de cada um dos tratamentos, bem como os danos causados através de brilho e aspecto.

### **2.3.2. FTIR- ATR**

Os experimentos de espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier foram realizados em um espectrofotômetro Perkin Elmer, modelo Spectrum 1000. Os espectros das amostras foram obtidos usando-se ATR (Reflexão Total Atenuada) a partir de 32 varreduras com uma resolução de 4 cm. Os materiais foram colocados diretamente sobre o cristal de KBr<sub>5</sub>.

### **2.3.3. Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)**

Os estudos por microscopia eletrônica de varredura foram realizados no Laboratório de Microscopia Eletrônica da Engenharia Metalúrgica da Universidade Federal de Minas Gerais. As imagens de MEV foram obtidas em um microscópio da JEOL Modelo JMS 6360 LV cuja tensão de aceleração usada foi de 15 KV e corrente de probe de  $1 \times 10^{-10}$  A. As amostras foram recobertas com ouro via sputtering e criofraturadas. Também foram obtidas imagens da superfície. A preparação da amostra para ser observada no MEV é uma das etapas mais importantes para a utilização desta técnica. Uma preparação adequada garante a preservação da estrutura a ser observada e uma minimização da produção de artefatos, que podem levar a uma interpretação errônea do que se está observando. Cada tipo de amostra exige um tipo de preparação e, portanto, não há um procedimento padrão para observação da fibra capilar.

### **2.3.4. TG**

As curvas termoanalíticas foram obtidas em um módulo simultâneo DSC-TGA da TA - Instruments modelo SDT 2960 numa faixa de temperatura de 30 a 650°C, com razão de aquecimento de  $10^{\circ}\text{C min}^{-1}$  e atmosfera dinâmica de nitrogênio com vazão de  $50 \text{ mL min}^{-1}$  e porta amostra de platina.

## **3. Resultados e Discussão**

### **3.1. Caracterização das amostras**

#### **3.1.1. Efeito do produto no fio capilar**

A Figura 7 mostra a fotografia das mechas de fios de cabelo após a aplicação dos diferentes produtos de alisamento. O cabelo virgem refere-se mecha designada por (a).



**Figura 7: - Fotografias dos fios de cabelo natural e submetidos aos produtos: (a) Branco; (b) Glutaral; (c) Formol; (d) Sódio; (e) Amônia; (f) Guanidina**

Através da fotografia das amostras podem-se perceber as diferenças entre o grau de alisamento de cada uma delas. Outra característica importante é a presença de fios repelidos por eletricidade estática, o que ocorre quando os fios de cabelos não apresentam boa hidratação [10].

A mecha que representa o branco possui fios bem ondulados e com alguns fios repelidos, o que mostra que o cabelo natural não apresenta alto grau de hidratação, apesar de não ter sofrido tratamentos químicos agressivos.

A amostra de cabelo tratada com glutaraldeído (b) foi a que se apresentou mais lisa e brilhante, além de não apresentar fios repelidos, mostrando que este processo aumentou a hidratação dos fios, que ficaram com menor eletricidade estática.

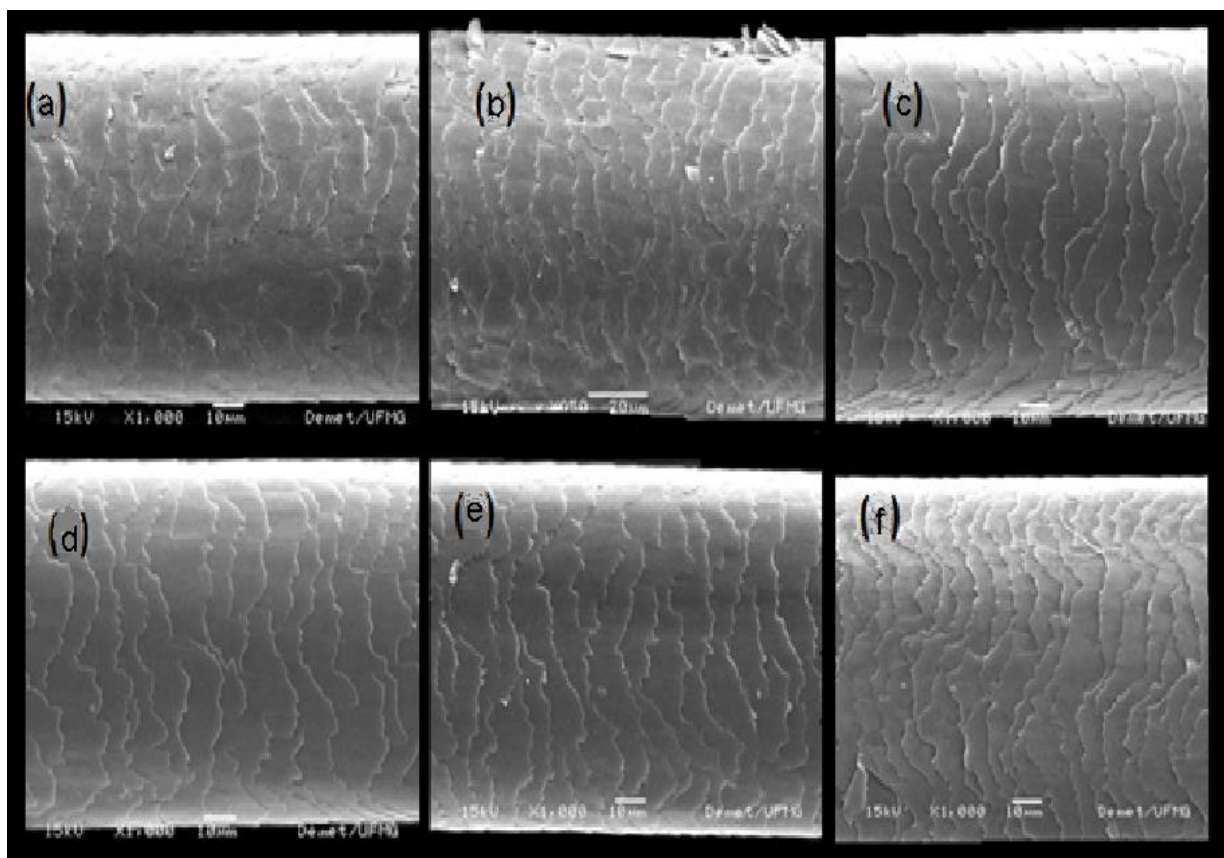
Os fios tratados com formaldeído (c) apresentaram o segundo melhor resultado, quanto ao efeito alisante, tal resultado é semelhante ao obtido quando se utiliza amônia, porém com mais fios repelidos, o que mostra que a hidratação dos fios foi menos significativa.

A amostra submetida ao hidróxido de sódio (d) não ficou lisa após o tratamento, e não apresentou resultado satisfatório, já que o objetivo dos tratamentos era tornar os fios lisos.

Os fios tratados com hidróxido de guanidina (e) ficaram muito parecidos com aqueles tratados com formaldeído (c), porém os primeiros possuem menos fios repelidos, evidenciando melhor hidratação.

### 3.1.3. (MEV)

A Figura 8 mostra as imagens obtidas por MEV para o fio de cabelo natural e para fios submetidos aos seguintes produtos: tratamento térmico Vita Lise, cujo ativo é o formaldeído, tratamento térmico Zap, com glutaraldeído como agente alisante, e os demais foram tratados com três diferentes alisamentos da marca mutari, o fio da foto (d) com hidróxido de guanidina, seguido de hidróxido de sódio (e), e tioglicolato de amônia (f).



**Figura 8:Imagens obtidas por MEV para o fio de cabelo natural e submetidas aos produtos: (a) Branco; (b) Formol; (c) Glutaral; (d) Guanidina; (e) Sódio; (f) Amônia**

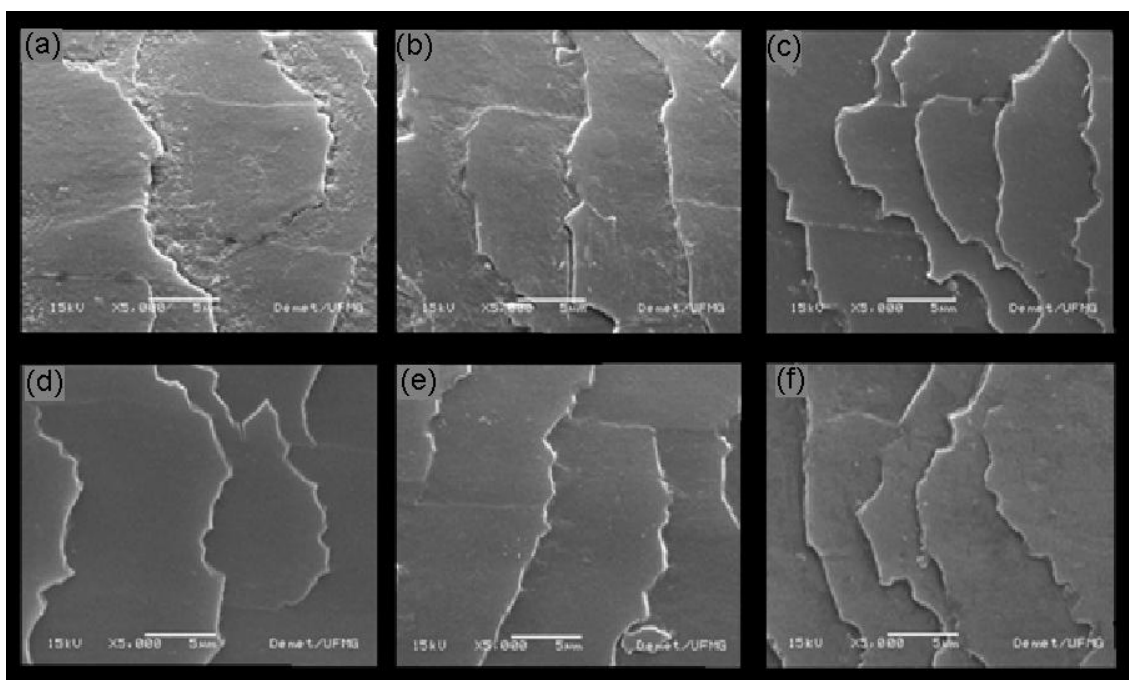
O fio de cabelo natural apresenta morfologia contendo camadas espessadas de cutículas, com alinhamento irregular.



Os fios de cabelo tratados com formaldeído (b) apresentaram muitos descolamentos e uma selagem e organização irregular das cutículas, o que, de acordo com a literatura leva a aparência opaca do fio [10].

Glutaraldeido, guanidina e sódio apresentaram melhor disposição das fibras, que se apresentaram mais alinhadas e homogêneas [9];

Para amônia e formol podemos observar alguns descolamentos [9] e fibras com aspecto irregular.



**Figura 9: Imagens obtidas por MEV para o fio de cabelo natural e submetidas aos produtos: (a) Branco; (b) Formol; (c) Glutaral; (d) Guanidina; (e) Sódio; (f) Amônia**

As imagens da Figura 10 permitem verificar melhor a disposição das cutículas e se estão bem seladas. O tamanho da superfície também influencia na reflexão da luz [10], embora não se conheça ainda as causas das variações nesta superfície após alguns processos químicos.

Tanto os fios tratados com Guanidina quanto o Glutaral apresentaram a superfície das escamas mais lisa, uniforme e com menos rugosidades, porém pode-se observar que o fio submetido ao tratamento com glutaraldeído não apresentou bom fechamento de cutículas como o fio submetido à guanidina, isto pode ser visto pela sombra abaixo das

cutículas. Este é um aspecto relevante, pois quanto mais apertadas às cutículas, maior brilho e luminosidade são conferidos ao cabelo [10].

Os fios submetidos ao sódio e amônia apresentaram rugosidades semelhantes a pequenos grãos, que também podem ser vistos no fio submetido ao glutaraldeído.

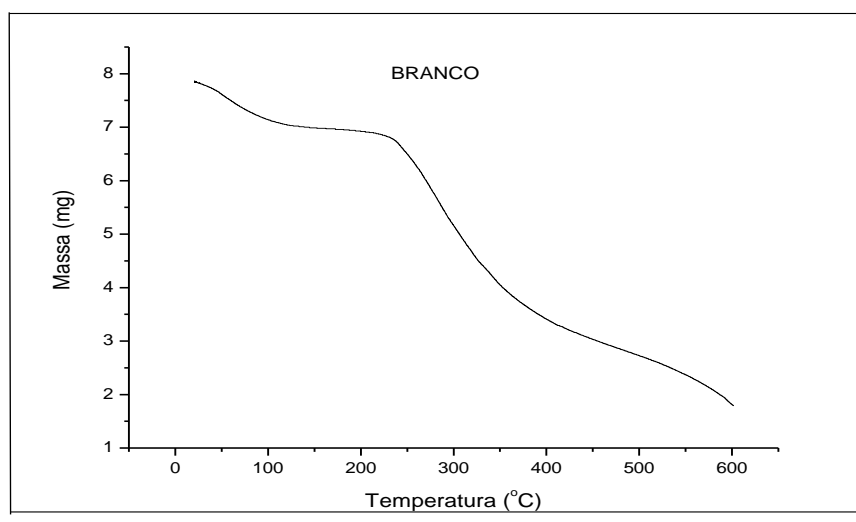
O fio submetido ao formol se assemelha muito ao fio virgem, porém com as cutículas mais fechadas.

### 3.1.3. TG

Esta técnica foi utilizada para verificar a estabilidade térmica das fibras capilares através das variações de massa das amostras associados às variações de temperatura.

É importante que os tratamentos alisantes preservem a hidratação dos fios, que se tornam mais maleáveis, fáceis de pentear e com aspecto saudável. O teor de umidade dos fios influencia as propriedades físicas, como resistência eletrostática, densidade, rigidez, brilho e volume [15].

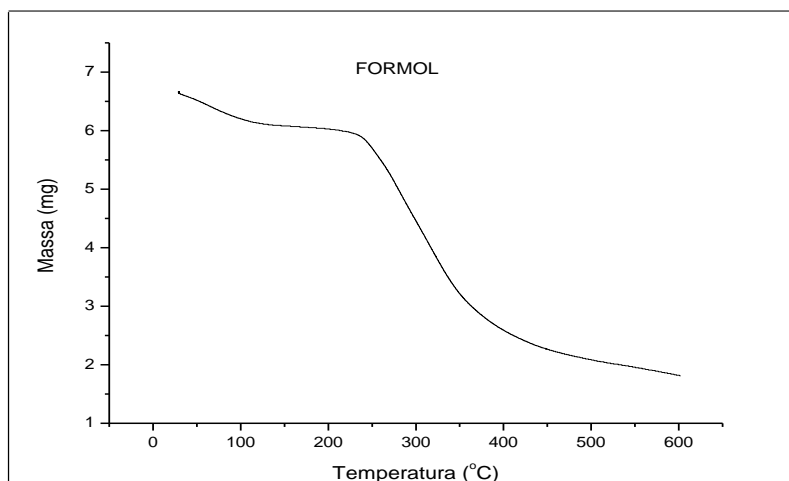
O gráfico da Figura 11 apresenta a curva da perda de massa em função da temperatura utilizando como amostra o fio natural. Podem ser observados três eventos de perda de massa, e o primeiro deles é a perda de água, ou desidratação [9] do fio. Este evento é o mais importante, pois permite comparar as diferenças de hidratação dos fios tratados e não tratados.



**Figura 10: Curva TG dos fios virgens**

De acordo com a Figura 10, ao atingir 123 °C o fio natural foi totalmente desidratado, e o próximo evento se inicia por volta de 230 °C. O percentual de massa de água perdida foi de 11,3%.

A Figura 12 apresenta a curva da variação de massa com o aumento de temperatura para a amostra submetida ao tratamento com formaldeído.

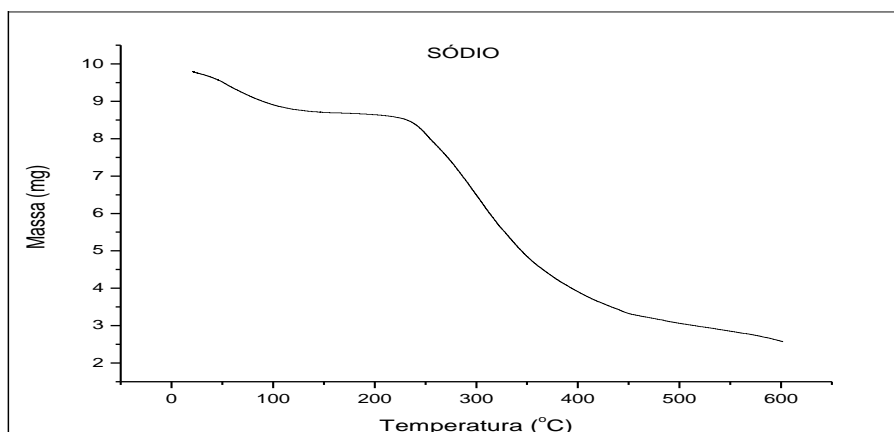


**Figura 11: Curva da Tg dos fios submetidos ao tratamento com formaldeído**

A decomposição térmica do cabelo se dá em três etapas, e a primeira delas se refere à perda de água, entre 25 e 150 °C, seguida da desnutrição da queratina e degradação do material orgânico de baixa massa molecular, que ocorre entre 150 e 350 °C [12].

De acordo com a Figura 12 a desidratação dos fios termina após 142 °C, e a massa de água perdida foi de 7,4%. Este resultado pode ser explicado pelas imagens do MEV, onde pode-se perceber maior selagem das cutículas.

Na Figura 13 temos a TG dos fios submetidos ao tratamento com hidróxido de sódio.



**Figura 12: Curva da Tg dos fios submetidos ao tratamento com hidróxido de sódio**

Através da Figura 13 foi observado o fim da desidratação em 140 °C e perda de 11% de massa.

A desidratação completa dos fios tratados ocorreu à uma temperatura maior que nos fios naturais, este fato pode ser explicado pela maior selagem de cutículas observadas nas imagens de microscopia dos fios submetidos aos tratamentos alisantes [9].

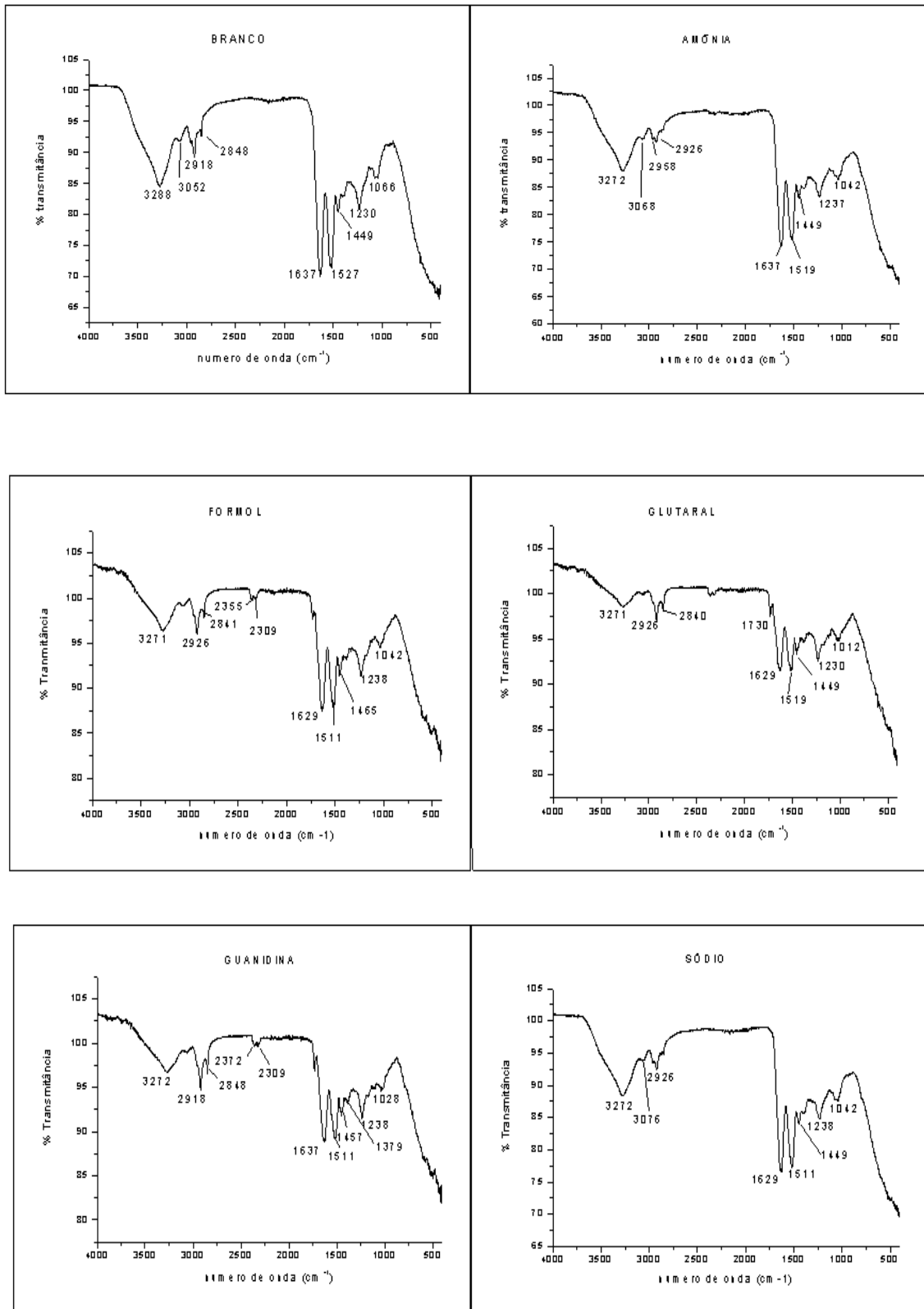
Outro aspecto importante a ser observado é que para os fios tratados com formaldeído a perda de água foi menor que os outros, tal fato sugere que o tratamento utilizado provocou hidratação dos fios, e uma hipótese para essa maior hidratação seja o filme formado em torno das cutículas pelo produto [7] dificultando a perda de água.

### **3.1.4. FTIR- ATR**

A caracterização por FTIR é de grande importância pois permite verificar a presença das principais bandas capilares, como a banda característica em  $1040\text{ cm}^{-1}$ , referente à vibração de estiramento assimétrico da ligação S=O, dos grupos  $-\text{SO}_3^-$  e  $-\text{S-SO}_2^-$ , derivados da oxidação da cistina [1].

Através do FTIR podem-se diferenciar cabelos tratados e não tratados, porém, para melhor definição dos resultados é interessante associá-lo à outras técnicas visuais, como o MEV [12].

Os espectros das amostras podem ser vistos na Figura 13:



**Figura 13: Espectros de FTIR da amostra não tratada e das amostras tratadas**

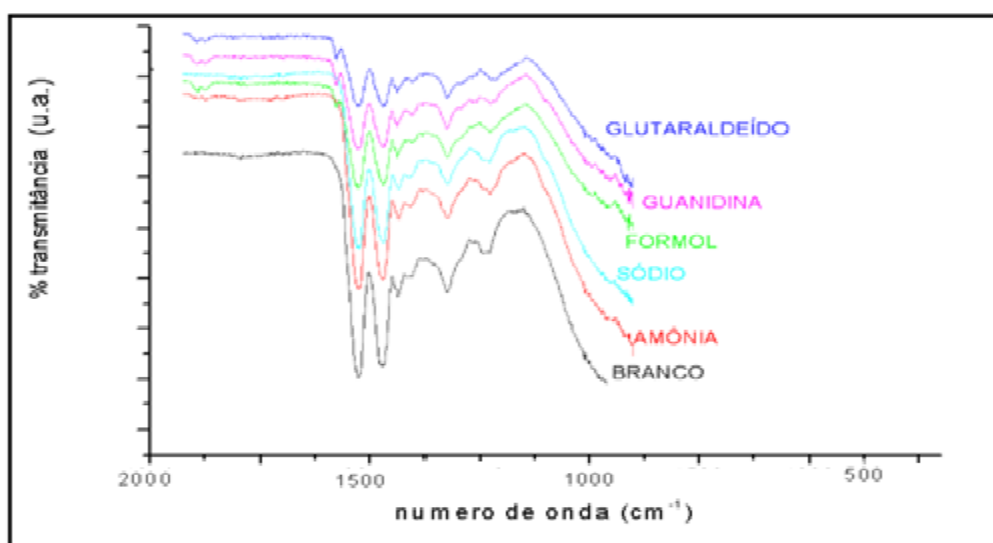
Em todas as amostras foi observado o produto final da oxidação da cistina (ácido cystéico), que é decorrente da oxidação química ou fotodegradação (raios UV). Assim, mesmo fios que nunca sofreram tratamentos químicos agressivos apresentam esta banda no intervalo de 1030 a 1050  $\text{cm}^{-1}$  devido à oxidação por exposição à radiação solar [12].

A tabela a seguir apresenta as principais bandas atribuídas às amostras.

**Tabela 3: Atribuição de grupos**

BANDAS ( $\text{cm}^{-1}$ )	ATRIBUIÇÃO DE GRUPOS
3300	Estiramento N-H
3050	Estiramento -COOH
2920-2950	-COOH Ácido carboxílico da cistina
2840-2850	$\text{CH}_2\text{-NH}_2$ Aminas primárias
1629-1637	C=O Amida primária da ligação peptídica
1510-1520	C-H e N-H Amida secundária
1450	$\text{CH}_2$ (assimétrico) $\text{CH}_3$ Amida terciária
1230	R-SO <sub>3</sub> Interações entre os grupos sulfato
1000-1050	S=O Ácido sulfônico

É esperado que ocorram alterações nas interações entre os grupos sulfato nos fios tratados, isto pode ser visto através da ampliação das bandas nesta região, apresentada na Figura 14:



#### **Figura 14: Ampliação das bandas entre 2000 e 500 cm<sup>-1</sup>**

A banda na região de 1230 cm<sup>-1</sup> que no fio branco se apresenta simétrica sofre variações apresentando "ombros" à esquerda para as amostras tratadas com sódio e amônia e à direita para as amostras submetidas ao formaldeído e glutaraldeído, que sugerem alterações nas interações entre os grupos sulfato das amostras quimicamente tratadas.

#### **4. Conclusão**

Todos os cabelos submetidos ao tratamento alisante obtiveram melhorias quanto aos aspectos físicos, como brilho e ainda melhoras quanto aos aspectos sensoriais, pois apresentaram maior maciez. Esta melhora foi mais bem percebida nos fios tratados com formaldeído e glutaraldeído, cujas diferenças físicas foram mais significativas.

As técnicas de caracterização utilizadas permitiram verificar as melhorias na estrutura da fibra capilar, como melhor alinhamento e selagem das cutículas.

Estruturalmente os produtos tradicionalmente utilizados com finalidade de alisar os cabelos (sódio, amônia e guanidina) apresentaram características muito similares aos considerados perigosos e tóxicos.

Entre os produtos tradicionais, destaca-se o Hidróxido de guanidina, que apresentou melhores características quanto à integridade das cutículas e efeito alisante.

#### **5. Referências**

- 1 MOITA, Graziella Ciaramella. **Propriedades Físico-químicas do Cabelo: avaliação de interações com corantes e surfactantes.** 1989. Tese (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas - SP.

- 2 WAGNER, Rita de Cássia Comis. **A estrutura da medula e sua influência nas propriedades mecânicas e de cor do cabelo.** 2006. Tese (doutorado)- Universidade Estadual de Campinas, Campinas - SP.
- 3 WEI, Guohua; BHUSHAN Bharat; TORGERSON Peter M.. **Nanomechanical characterization of human hair using nanoindentation and SEM.** *Ultramicroscopy*, v. 105, n. 1-4, p. 248-266, Novembro de 2005.
- 4 WEI, Guohua; BHUSHAN Bharat. **Nanotribological and nanomechanical characterization of human hair using a nanoscratch technique.** *Ultramicroscopy*, v.106 n. 8-9, p. 742-754, julho de 2006.
- 5 VARELA, Antonio Edson Martins. **Um estudo sobre os princípios ativos dos produtos para alisamento e relaxamento de cabelos oferecidos atualmente no mercado brasileiro.** Monografia não-publicada. Universidade do Vale do Itajaí, Balneário Camboriú, 2007.
- 6 BABY, André R.; BALOGH, Tatiana S.; PINTO, Claudinéia A. S. O.; VILLA, Ricardo T.; BEDIN, Valcinir; VELASCO, Maria Valéria R.. **Procedimentos capilares: Abordagem de permanentes, alisamentos, descolorações e tinturas.** 2009, [www.pelesaudavel.org/site/pdfs/Procedimentos%20capilares.pdf](http://www.pelesaudavel.org/site/pdfs/Procedimentos%20capilares.pdf)
- 7 ABRAHAM, Leonardo Spagnol; MOREIRA, Andreia Mateus; MOURA, Larissa Hanauer de; GAVAZZONI, Maria Fernanda Reis; ADDOR, Flávia Alvim Sant'Anna. **Tratamentos estéticos e cuidados dos cabelos: uma visão médica (parte 2).** *Surgical & Cosmetic Dermatology*, v.1 n. 4, p. 178-185, novembro de 2009.
- 8 CHORILLI, Marlus; SCARPA, Maria Virgínia; LEONARDI, Gislaine Ricci; FRANCO, Yoko Oshima. **Toxicologia dos Cosméticos.** *Latin American Journal of Pharmacy*, v.26 n.1, p. 144-157, 2007.
- 9 COLENCI, A.V.P. **Estudo de uma formulação contendo o biopolímero quitosana sobre a fibra capilar gaugasiana.** 2007. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP.
- 10 F Tambosetti, V Rodrigues, J Adriano, D da Silva. **Mascaras de hidratações utilizadas em um salão de Balneário Camboriú no**



- ano de 2008.** Disponível em [siaibib01.univali.br](http://siaibib01.univali.br). Acesso em 27/06/2010.
- 11 ABIHPEC Panorama 2009. Disponível em: **<[http://www.abihpec.org.br/conteudo/Panorama2009\\_Portugues.pdf](http://www.abihpec.org.br/conteudo/Panorama2009_Portugues.pdf)>**. Acesso: 03/11/2009.
  - 12 Revista HPC Essencial, novembro/dezembro de 2009. Disponível em: **<http://www.hpcessencial.com.br/higiene-cosmetico-perfumaria/17/artigo128468-1.asp>**>. Acesso em 03/11/09.
  - 13 Sheman, Andrew M. D. **Adverse reations to cosmetic Ingredients**, Saunders Company Published by Elsevier Inc, agosto, 2005.
  - 14 **<http://www.patentesonline.com.mx/derivados-de-guanidina-76152.html>**. Acesso em 15/06/2010.
  - 15 UFSCar- Universidade Federal de São Carlos. **Fundamentos Teóricos**. Disponível em [HTTP://www.cmdmc.com.br/pesquisa/cosméticos/page2.php](http://www.cmdmc.com.br/pesquisa/cosméticos/page2.php). Acesso em 22/07/2010
  - 16 Nogueira, A.C.; Joekes, I.. **Hair color changes and protein damage caused by ultraviolet radiation**; Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology 74 (2004) 109–117, Março 2004.