

# EFEITO DE ALISANTES CONTENDO CARBOCISTEÍNA NA FIBRA CAPILAR E POSSÍVEL MECANISMO DE AÇÃO

Amanda Chiuzoli Silva<sup>1</sup>, Ana Vívian Parrelli Colenci<sup>1</sup>, Thais Ferreira Silva<sup>1</sup>, Paulo Vinicius Neves Santos<sup>1</sup>, Elson Longo<sup>2</sup>, Valéria Moraes Longo<sup>3</sup>

<sup>1</sup>CDMF, Centro de Desenvolvimento de Materiais Funcionais, Departamento de Química – Universidade Federal de São Carlos, UFSCar, São Carlos-SP

<sup>2</sup>CDMF, Centro de Desenvolvimento de Materiais Funcionais, Instituto de Química – Universidade do Estado de São Paulo, UNESP, Araraquara-SP

<sup>3</sup>Katléia Lab Ltda - Centro Avançado de Diagnóstico Capilar, São Carlos-SP

[amandachiuzolisilva@gmail.com](mailto:amandachiuzolisilva@gmail.com)

## 1. RESUMO

A busca por tratamentos capilares eficazes e com menor dano possível à fibra capilar é cada vez maior na ciência cosmética. Hoje o Brasil desponta como o terceiro maior mercado consumidor de cosméticos e produtos ligados à beleza e o segundo em tratamentos capilares [1]. No entanto, a busca por um ideal de beleza, muitas vezes imposto, leva as consumidoras ao uso frequente e indiscriminado de diferentes processos químicos como alisamentos, coloração e descoloração. A consequência direta desses processos é a modificação e comprometimento da estrutura físico química interna e externa da fibra capilar. No entanto, ainda são poucos os trabalhos de cunho científico sobre os principais alisantes utilizados no mercado e seus efeitos físico químicos a nível molecular.

Particularmente a carbocisteína, com finalidade específica de alisar os cabelos, ficou conhecida após a proibição do uso do formol, como um produto alternativo ao uso desse último. Rapidamente foi incorporada pelos profissionais da beleza, por não ser proibida, mas seus mecanismos de ação e efeitos físico químicos resultantes na fibra ainda não são conhecidos.

Nesse trabalho, foi realizado um estudo sobre o efeito macroscópico e microscópico de alisamento com carbocisteína e os danos apresentados após o uso da mesma. Foram preparadas mechas de cabelos alisadas com a carbocisteína (padrão) e também mechas alisadas e descoloridas ou coloridas, e mechas descoloridas e posteriormente alisadas. Com isso, nosso grupo teve o intuito de investigar o efeito concomitante do alisamento com outros tratamentos químicos, práticas comum nos salões de beleza. As mechas de cabelos padrão e tratadas foram caracterizadas por diferentes técnicas experimentais como microscopia eletrônica de varredura de emissão de campo (FE-SEM), Espectroscopia de Fluorescência e Resistência Mecânica. Observou-se diferenças significativas nas estruturas internas e externa das fibras tratadas, com alterações macroscópicas, morfológicas e moleculares. Com base nos resultados propusemos um possível mecanismo de ação da carbocisteína durante o processo de alisamento.

**Palavras-chave:** fibra capilar, carbocisteína, tintura, descoloração, caracterização, danos.

## 1. ABSTRACT

The search for effective hair treatments and least damage as possible to the hair fiber is increasing in cosmetic science. Currently Brazil stands out as the third largest consumer of cosmetics and beauty-related products and the second in hair treatments [1].

However, the search for an ideal of beauty, often imposed, leads consumers to frequent and indiscriminate use of different chemical processes like Relaxers, staining and discoloration. The direct consequence of these processes is the modification and impairment of physical chemistry internal and external structure of the hair fiber.

Actually, there are still few works of scientific slant on the main market and used Straighteners your physical chemical effects at the molecular level.

In particular, carbocisteine with specific purpose of smoothing the hair, became known after banning of formaldehyde's use as an alternative product. Beauty professionals quickly incorporated it, because it's legal. Although, action mechanisms and physicochemical effects in fiber.

In this work, we conducted a study on macroscopic and microscopic effects of straightening with carbocisteine and the resulting damage. It were prepared samples of hair smoothed with carbocisteine

(default) and smoothed, discolored and dyed. With that, our group aimed investigating the concomitant flattening effect with other chemical treatments, practices common in beauty centers. All samples were characterized by different experimental techniques such as scanning electron microscopy field emission (FE-SEM), fluorescence spectroscopy and mechanical resistance. Significant differences in internal and external structures of the fibers treated with macroscopic, molecular and morphological changes were noticed. Based on the results we have proposed a possible action mechanism of carbocysteine.

**Keywords:** hair fiber, carbocysteine, discoloration, characterization, damage.

## 2. INTRODUÇÃO

A busca por tratamentos capilares eficazes e com menor dano possível à fibra capilar é cada vez maior na ciência cosmética. Hoje o Brasil desponta como o terceiro maior mercado consumidor de cosméticos e produtos ligados à beleza e o segundo em tratamentos capilares [1]. No entanto, a busca por um ideal de beleza, muitas vezes imposto, leva as consumidoras ao uso frequente e indiscriminado de diferentes processos químicos como alisamentos, coloração e descoloração. A consequência direta desses processos é a modificação e comprometimento da estrutura físico química interna e externa da fibra capilar.

A fibra capilar é um polímero natural formado por uma estrutura hierárquica de várias estruturas. As principais estruturas são uma camada externa chamada cutícula e uma massa interna chamada córtex. O córtex é constituído por células alongadas, orientadas paralelamente ao eixo da fibra axial denominadas macrofibras, que por sua vez são formadas de microfibrilas e que por último formam uma dupla hélice de queratina. Essas estruturas hierárquicas são conhecidas como a parte "cristalina" da fibra e são mantidas unidas por numa matriz amorfa rica em cisteína. Uma pequena quantidade do total da massa de fibras pode ser atribuído aos pigmentos de melanina e lípidos [2].

A cutícula consiste em células planas sobrepostas (escamas) que vão da raiz às pontas dos cabelos. Ela possui duas funções principais, a primeira de proteção contra agressões externas e a segunda de troca de pequenas moléculas entre o ambiente interno e externo da fibra [3]. É também responsável pelo brilho (a luz incidente é refletida, espalhada e transmitida), propriedades friccionais e do cabelo. A região plana da célula é coberta por uma compacta camada hidrofóbica, composta por ácidos gordurosos, sendo que as laterais das células são menos hidrofóbicas e são cobertas por proteínas[2].

Técnicas espectroscópicas têm sido utilizadas para a caracterização das modificações físico químicas a nível molecular relacionados ao cabelo com sucesso [2,4-8].

Os produtos das reações que ocorrem durante a fotodegradação, degradação oxidativa e redução da fibra capilar foram estudadas pelas técnicas de infra vermelho (IV), fluorescência e Raman por diversos autores e permitiram um significativo avanço da estrutura resultante desses processos a nível molecular [2,4-8].

Os materiais luminescentes liberam energia em forma de fótons, quando provocados por uma fonte de energia externa. Essa propriedade óptica, denominada de fotoluminescência, pode ser estudada por meio dos espectros de excitação e emissão de fótons. Um fóton é absorvido em altíssima velocidade, o processo requer de  $10^{-14}$  a  $10^{-15}$  s [9]. Particularmente, a fluorescência do aminoácido triptofano (Trp), tirosina e felaína foi estudada por Tolgyesi por absorverem a radiação UV resultando na formação de radicais livres [9]. Este é um processo em nível molecular intrínseco de um determinado composto, sendo uma assinatura de sua presença em função de sua concentração. Dessa forma, torna-se altamente relevante estudar a fluorescência de aminoácidos aromáticos que compõem as fibras capilares como felaína, tirosina, Trp e os seus resíduos, incorporados em uma cadeia peptídica [10]. Nesses aminoácidos, foi observado um decaimento mono exponencial fluorescente [11]. A conversão do grupo  $\alpha$ -carboxílico no correspondente grupo amino ou sua protonação resulta em um complexo decaimento fluorescente.

Algumas explicações sobre esse comportamento foram estabelecidas por Gauduchon et al. [12] em um modelo de rotômero. Cowgill [13,14] Tournon et al. [15] e Feitelson [16] sugeriram que a ocorrência de luminescência dos aminoácidos de cadeia aromática acontece devido a uma transferência de cargas entre o grupo cromóforo aromático excitado (grupo pentol), agindo como um doador e as unidades eletrofílicas do grupo carbonílico do grupo amina, agindo como um receptor. Comprimentos de onda maiores como UVA e do espectro da luz visível não causam danos a fibra, pois não são absorvidos diretamente pelas proteínas. Assim, de todos os cromóforos pertencentes a queratina, apenas o Trp absorve uma quantidade significativa da radiação UVB (290-320 nm). Assim, uma forma útil de acessar informações a nível molecular dentro do cortex da fibra capilar é o monitoramento do Trp após tratamentos de transformação físico-química.

A carbocisteína é um aminoácido utilizado tradicionalmente em aplicações farmacêuticas e entrou no mercado cosmético com a finalidade de alisar os cabelos depois do formol ser banido devido ao seu potencial cancerígeno, em um processo conhecido como escova progressiva. Esse aminoácido é

permitido pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) [17]. Se esse tratamento não for aplicada de acordo com o protocolo do fabricante, pode ocorrer a queda de até 7 tons da coloração original do cabelo. Entretanto, até o momento, não foram relatados casos de danos à saúde do consumidor e do profissional que a utiliza.

A literatura fornece uma soma limitada de pesquisas focadas nas transformações físico-químicas irreversíveis que ocorrem nas fibras devido a tratamentos com alisantes.

### **3. OBJETIVOS**

Nesse trabalho, foi realizado um estudo sistemático sobre o efeito macroscópico e microscópico de alisamento com carbocisteína e os danos apresentados após o uso da mesma. Foram preparadas mechas de cabelos alisadas com a carbocisteína (padrão) e também mechas alisadas e descoloridas ou coloridas, e mechas descoloridas e posteriormente alisadas. Com isso, nosso grupo teve o intuito de investigar o efeito concomitante do alisamento com outros tratamentos químicos, práticas comum nos salões de beleza. As mechas de cabelos padrão e tratadas foram caracterizadas por diferentes técnicas experimentais como microscopia eletrônica de varredura de emissão de campo (FE-SEM), Espectroscopia de Fluorescência e Resistência Mecânica.

### **4. MATERIAIS E MÉTODOS**

Os experimentos foram divididos em três partes: preparação das mechas de cabelo, aplicação dos processos químicos e a caracterização das mechas.

O estudo foi realizado em mechas de cabelo caucasiano castanho escuro ondulado virgem. Dada escolha é em virtude do cabelo caucasiano possuir uma grande variação na forma da secção transversal entre diferentes indivíduos. As aplicações do produto contendo a carbocisteína foram realizados uma vez e com uma sequência de 3 vezes, para verificar o efeito de deposição dos danos causados as fibras capilares. O mesmo foi realizado com a descoloração e a coloração.

#### **4.1. PREPARAÇÃO DAS MECHAS**

Foram preparadas vinte mechas de cabelo medindo 20 cm de comprimento, pesando 5 gramas cada.

Todas as mechas foram submetidas a um processo padronizado de pré-limpeza utilizando 1 mL de uma solução 10% de Lauril Éter Sulfato de Sódio por um minuto seguido de enxágue em água corrente, esse processo realizado em duplicata. As mechas foram secas em um ambiente padronizado a  $55 \pm 5$  % de umidade relativa e  $22 \pm 2$  °C, durante 24 horas antes dos ensaios.

As mechas foram separadas em grupos, denominados grupos controle e grupos com processos químicos. Os grupos controles compreendem o padrão virgem, padrão colorido e padrão descolorido, esses grupos foram denominados controle para efeito de comparação com os grupos que passaram pelos processos químicos. Todos os grupos foram realizados em duplicatas.

A Tabela I apresenta todos os grupos avaliados

Tabela I. Grupos avaliados: controle e com processos químicos

MECHA	ABREVIATURA
Padrão virgem – livre de qualquer tratamento químico	PV
Padrão colorida - aplicação de coloração 3 vezes consecutivas	PC
Padrão descolorida - aplicação de descoloração 3 vezes consecutivas	PD
1 aplicação de alisante com carbocisteína	1CARB
3 aplicações de alisante com carbocisteína	3CARB
3 aplicações de alisante com carbocisteína e 1 aplicação de coloração	3CARB1C
3 aplicações de alisante com carbocisteína e 3 aplicações de coloração	3CARB3C
3 aplicações de alisante com carbocisteína e 1 aplicação de descolorante	3CARB1D
3 aplicações de alisante com carbocisteína e 3 aplicações de descolorante	3CARB3D
3 aplicações de descolorante e 3 aplicações de alisante com carbocisteína	3D3CARB

#### 4.1.1. Procedimentos de aplicação dos processos químicos

As mechas forma alisadas e em seguida foram coloridas ou descoloridas, porém somente com a descoloração também foi realizado o inverso, ou seja, primeiro a mecha foi descolorida e em seguida alisada, com o objetivo de verificar se a inversão dos processos resultaria em alguma alteração significativa.

##### 4.2.1. Carbocisteína

A aplicação do alisante contendo o ativo carbocisteína foi realizada conforme o protocolo do fabricante. Com a mecha limpa e totalmente seca foi aplicado 5 mL do produto comercial e espalhado por toda a mecha com auxílio de um pincel.

A mecha com o alisante permaneceu em repouso por 15 minutos em temperatura ambiente, transcorrido esse tempo de pausa, a mecha foi seca e escovada, e em seguida separada em mechas mais finas, com o auxílio de uma chapinha foi moldado o novo formato liso.

Finalizando esse processo, esperou-se a mecha esfriar por mais 15 minutos e a enxaguou-se por 1 minuto em água corrente e a finalizou-se com água desmineralizada. A mecha foi seca à temperatura ambiente.

Todo o procedimento foi realizado em ambiente padronizado a  $55 \pm 5$  % de umidade relativa e  $22 \pm 2$  °C.

##### 4.2.2. Coloração

A coloração foi preparada conforme o protocolo do fabricante. Despejou todo o conteúdo da bisnaga que continha a coloração creme dentro do frasco aplicador da emulsão reveladora, o frasco foi fechado e agitado até obter uma emulsão homogênea, em seguida foi retirado do frasco 10 mL da emulsão preparada com auxílio de uma seringa e com um pincel a espalhou por toda a mecha, a aplicação foi realizada imediatamente após a preparação.

A mecha foi embalada em papel alumínio e permaneceu por 35 minutos acondicionada em estufa na temperatura de 36°C. Transcorrido o tempo, a mecha foi retirada da estufa e a deixou esfriar, em seguida foi enxaguada por 1 minuto em água corrente e posteriormente com água desmineralizada e seca à temperatura ambiente.

Todo o procedimento foi realizado em ambiente padronizado a  $55 \pm 5$  % de umidade relativa e  $22 \pm 2$  °C.

#### **4.2.3. Descoloração**

A descoloração foi preparada conforme o protocolo do fabricante. Em um recipiente de plástico adicionou o pó descolorante e aos poucos o oxidante H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 30 volumes, com o auxílio de uma espátula de plástico misturou até formar um creme de consistência homogênea. Em seguida foi retirado 10 mL dessa mistura com auxílio de uma seringa e com um pincel espalhou esse creme por toda a mecha, a aplicação foi realizada imediatamente após a preparação.

A mecha foi embalada em um papel de alumínio e permaneceu por 30 minutos acondicionada em uma estufa na temperatura de 36°C. Transcorrido o tempo, a mecha foi retirada da estufa e a deixou esfriar, em seguida foi enxaguada por 1 minuto em água corrente e posteriormente com água desmineralizada e seca à temperatura ambiente.

Todo o procedimento foi realizado em ambiente padronizado a  $55 \pm 5$  % de umidade relativa e  $22 \pm 2$  °C.

### **4.3. EQUIPAMENTOS UTILIZADOS**

#### **4.3.1. Avaliação de triptofano por Espectroscopia de Fluorescência**

Foi utilizado o espectrofotômetro de excitação e emissão Fluorolog - Jobin Yvan Horibe, modelo número FL3-12 com monocromador e lâmpada de xenônio.

A linha de excitação, para medida do triptofano, utilizada foi de 294 nm, a qual demonstrou ser a de maior intensidade na linha de emissão do triptofano ~340 nm.

As mechas foram posicionadas em uma porta-amostra sob o ângulo de 45° em relação à célula fotomultiplicadora. Foram realizadas 3 análises de espectroscopia de emissão para cada grupo composto por 20 mechas ( $n_{\text{total}}=60$ ,  $n_{\text{independente}}=3$ ).

#### **4.3.2. Avaliação morfológica da superfície por Microscopia Eletrônica de Emissão de Campo (FE-SEM).**

Todos os grupos foram caracterizados por Microscopia Eletrônica de Emissão de Campo (FEG), marca Zeiss e modelo Supra 35. Nesta técnica, foi analisada a superfície das fibras, utilizando-se elétrons retroespalhados para obtenção das imagens, permitindo assim, a visualização do processo de degradação da fibra do capilar.

#### **4.3.3. Resistência Mecânica**

Para esse ensaio foi utilizado o equipamento da EMIC modelo DL500 dotado de um dinamômetro com célula de carga de 10N.

Foram avaliados 30 fios, recolhidos ao acaso, de cada grupo. Cada fio foi preso à uma garra inferior e uma garra superior ligada a uma célula de carga de um dinamômetro na parte superior. Foram avaliados os parâmetros: tensão de ruptura, alongamento, deformação específica, energia de ruptura e constante elástica.

A célula de carga foi pré carregada, e o aumento na carga foi medido utilizando as taxas de velocidade de tração de 100mm/min. Todo o ensaio foi realizado em um ambiente climatizado ( $55 \pm 5$  % de umidade relativa e  $22 \pm 2$  °C).

### **5. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

A Figura 1 ilustra as curvas de emissão do Trp com excitação em 294 nm e emissão na faixa de 300 a 400 nm com máximo em 340 nm para os diversos tratamentos estudados. Na Figura 1a observa-se que a emissão fluorescente de Trp, com máximo em 340 nm, diminui para a mecha colorida e aumenta

para a mecha descolorida quando comparada à mecha virgem. Jachowicz e McMullen [7] observaram em seu trabalho que o espectro de emissão do Trp aumentava em cabelos descoloridos e apresentava bandas características centradas em 345 nm e 435 nm. Ele atribuiu a segunda banda (435 nm) à emissão da Kyrurenina, um dos sub produtos da degradação do Trp juntamente com os sub produtos da decomposição da melanina. Foi reportado anteriormente que produtos intermediários da melanina são formados durante o processo de descoloração por peróxido de hidrogênio e que são altamente fluorescente [18,19].

A faixa de emissão estudada nesse trabalho foi até no máximo 400 nm, mas percebe-se claramente a formação de um máximo de emissão após 400 nm de acordo com o trabalho de Jachowicz e McMullen [7]. Por outro lado, a mecha colorida teve a emissão de Trp bastante reduzida. Assim, como a mecha descolorida a coloração também acontece em pH alto seguido de um processo oxidativo. No entanto, esse processo é menos intenso quando comparado ao processo de descoloração. Além disso, de alguma forma a coloração previne a formação dos sub produtos provenientes da degradação do Trp e da melanina e/ou forma algum tipo de ligação com eles. No entanto, estudos futuros devem ser conduzidos para se aprofundar nesse assunto, acompanhando os produtos de degradação do Trp e melanina.

Na Figura 1b observa-se o efeito da carbocisteína na emissão do Trp. Comparada ao PV a aplicação do alisante de uma vez (1CARBO) e três vezes (3CARBO) diminui drasticamente a emissão do Trp, isto é, degrada o Trp. É importante observar que aqui, nesse trabalho, o Trp está sendo utilizado como marcador molecular indireto para monitorar os danos sofridos na matriz amorfa onde ele se situa. Assim, observa-se que a carbocisteína degrada a matriz amorfa da fibra.

Segundo o modelo sugerido por Suzuta et al. [20] existem 5 tipos de ligações de dissulfeto da cistina. As ligações nos filamentos intermediários (IF) da queratina, entre os IF, entre os IF e os glóbulos da matriz amorfa, entre os glóbulos da matriz e por fim dentro dos glóbulos. Quando ocorrem os processos de mudança química dentro da fibra capilar deve-se considerar a difusividade do agente modificador e para dentro da fibra e também a acessibilidade das moléculas. No caso das ligações dissulfeto da cistina as mais acessíveis são as que estão entre os IF e os glóbulos da matriz, seguidos das ligações entre os glóbulos da matriz. Assim, é natural que a matriz seja mais atacada durante o processo de redução da cistina no alisamento com carbocisteína.

A Figura 1c mostra que o processo de alisamento seguido de uma coloração (3CARBO+1COLOR) e três colorações (3CARBO+3C) degrada totalmente o Trp, não havendo diferença significativa entre uma e três vezes.

Por fim a Figura 1d mostra que a aplicação de carbocisteína seguida de descoloração degrada totalmente o Trp (3CARBO+1D e 3CARBO+3D). Além disso, o comportamento fluorescente resultante dos sub produtos da oxidação do Trp e melanina também desaparece, sugerindo que o processo redutor seguido de oxidação inibi esse último. Por fim, não observou-se diferença significativa entre o alisamento com posterior descoloração (3CARBO+3D), isto é, redução e oxidação e a descoloração com posterior alisamento (3D +3CARBO), isto é oxidação e redução.

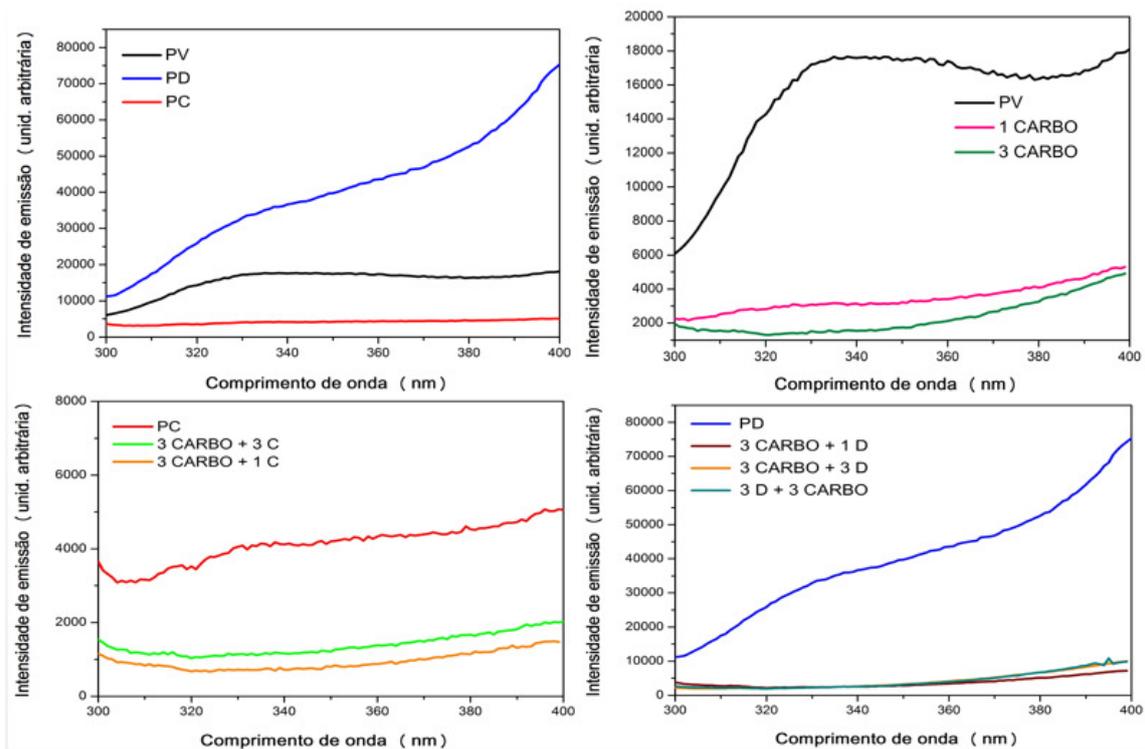


Figura 1. Emissão fluorescente do Trp excitado a 294 nm com emissão na faixa de 300 a 400 nm: a) mecha padrão virgem (PV), colorida (PC) e descolorida (PD); b) Comparação entre PV com uma (1CARBO) e três (3CARBO) aplicações do alisante; c) Comparação entre o PC e três aplicações de carbocisteína com uma coloração (3CARBO+1C) e três colorações (3CARBO+3C); d) Comparação do PD com três aplicações de carbocisteína com uma descoloração (3CARBO+1D) e três descolorações (3CARBO+3D).

A Tabela II mostra os valores obtidos de emissão fluorescente do Trp em 340 nm.

Tabela II Valores médios da intensidade de fluorescência na linha de emissão do Trp (340nm), do grupo controle e do grupo com os processos químicos.

Mechas	Intensidade (contagem de fótons)
PV	17587
PC	4119
PD	36645
1CARBO	3148
3CARBO	1544
3CARBO+1C	719
3CARBO+3C	1165
3CARBO+1D	3525
3CARBO+3D	2618
3D+3CARBO	2528

A Figura 2 apresenta os gráficos com respectivos desvios padrão com a tensão para todos os tratamento realizados. A tensão de ruptura é uma medida macroscópica que representa de maneira direta o grau de integridade da queratina- $\alpha$ . [21] Isto é, se a tensão de ruptura for 50% menor a queratina também perdeu 50% da sua integridade.

A Figura 2a mostra que a PC tem uma pequena diminuição da tensão de ruptura e que na PD a uma maior comparada a PV. Na Figura 2b percebe-se que o processo de alisamento com carbocisteína afeta a queratina e diminui sua tensão de ruptura no caso de três alisamentos a diminuição é menor. As Figura 2c e 2d são bastante interessantes, pois o processo de alisamento (redução) seguido de coloração

(oxidação moderada) ou descoloração (oxidação intensa) melhoram a integridade física da queratina- $\alpha$ . O processo inverso com descoloração seguido de alisamento também.

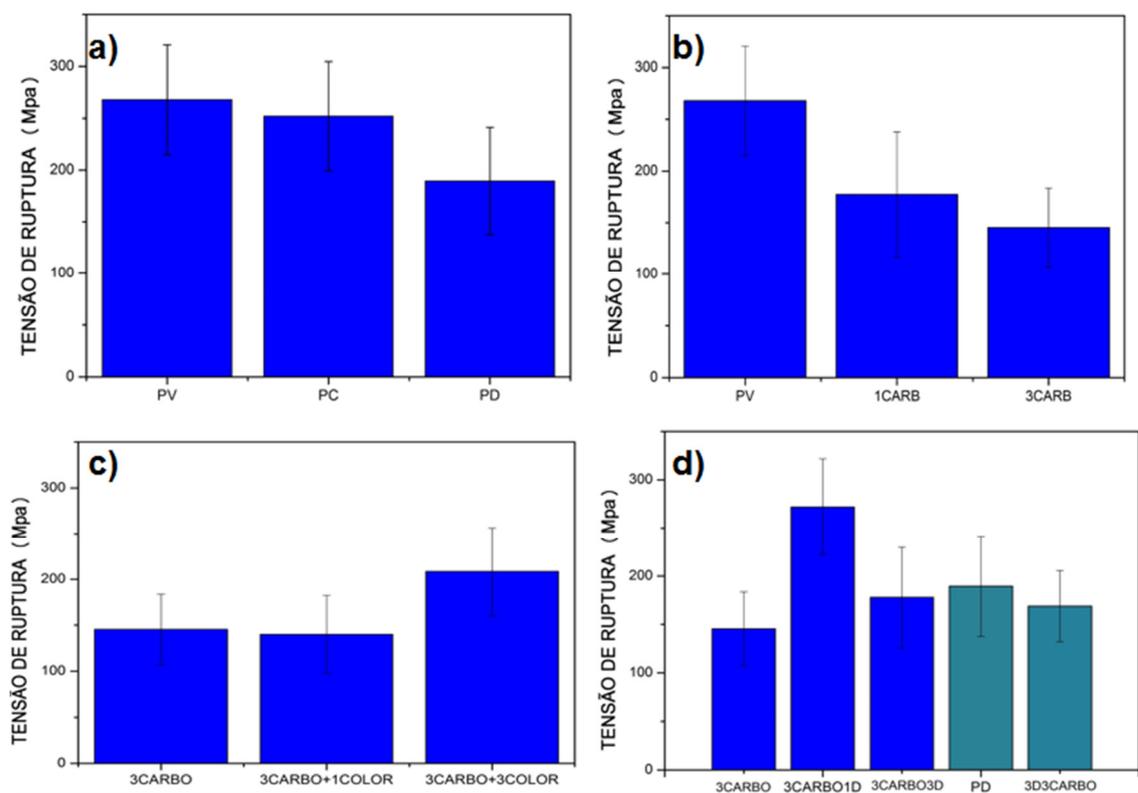


Figura 2. Tensão de ruptura das mechas tratadas em MPa: a) mecha padrão virgem (PV), colorida (PC) e descolorida (PD); b) Comparação entre PV com uma (1CARBO) e três (3CARBO) aplicações do alisante; c) Comparação entre o PC e três aplicações de carbocisteína com uma coloração (3CARBO1C) e três colorações (3CARBO3C); d) Comparação do PD com três aplicações de carbocisteína (3CARBO), com três aplicações de carbocisteína com uma descoloração (3CARBO1D), três descolorações (3CARBO3D) e três descolorações com uma aplicação de carbocisteína (3D3CARBO).

Com base em mecanismos já conhecidos e estudados na literatura, [21] propusemos um possível mecanismo de ação da carbocisteína ilustrado na Figura 3.

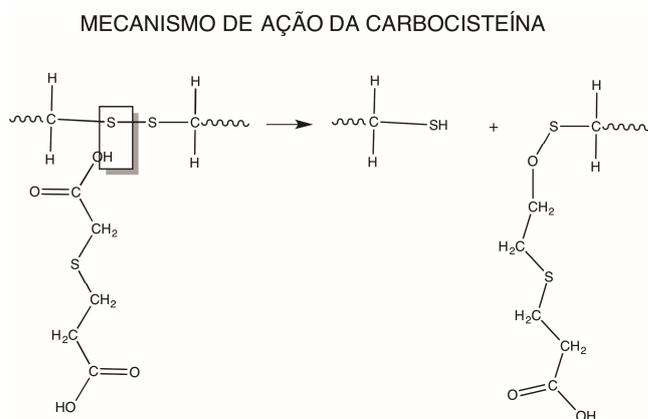
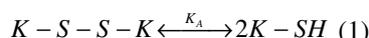


Figura 3. Possível mecanismo de ação da carbocisteína.

Na primeira etapa da reação o grupo nucleófilo da cabocisteína ataca a ligação dissulfídica quebrando-a de forma simétrica. O grupo nucleófilo se liga a uma das partes e ocorre a formação de um grupo thiol (citeína) e outro grupo ligado ao resíduo da carbocisteína.

A formação da cisteína pode levar a formação do ácido cisteico quando ocorre oxidação ou re-formação da cistina segundo a equação (1).



A elevação do pH após o processo de redução com a coloração e descoloração induz a reconstituição da cistina pela reação entre as cisteínas (thiol). Por outro lado o processo oxidativo pelo peróxido de hidrogênio induz a formação do ácido cisteico. Os processos são concorrentes e ocorrem simultaneamente na fibra reduzida.

A consequência dessas reações é um aumento da cistina em comparação à fibra somente reduzida pelo alisamento. No entanto, trabalhos anteriores com espectroscopia Raman mostram que a ligação S-S passa a apresentar uma conformação diferente da original, isto é, passa de GGG para TGG [4].

A Figura 4 mostra os gráficos de deformação específica, em porcentagem, apresentados pelas fibras capilares durante a tração mecânica. Observa-se na Figura 4a que para as mechas PC e PD há um aumento da deformação específica. Esse fato é justificado pela diminuição de resistência mecânica na queratina- $\alpha$  que passa a deslizar mais facilmente. Além disso, o comprometimento das ligações dissulfídicas na matriz amorfa, discutidas acima, fazem com que a conexão entre a matriz e os IF fique menor dando maior maleabilidade às fibras coloridas e descoloridas. A Figura 4b mostra que o processo de redução pela carbocisteína "endurece" a fibra capilar. Possivelmente no processo de re-formação da cistina para nova conformação (TGG), juntamente com o subproduto ligado ao resíduo de carbocisteína, tem como consequência uma menor maleabilidade da fibra. Observa-se o mesmo efeito nas Figuras 4c e 4d.

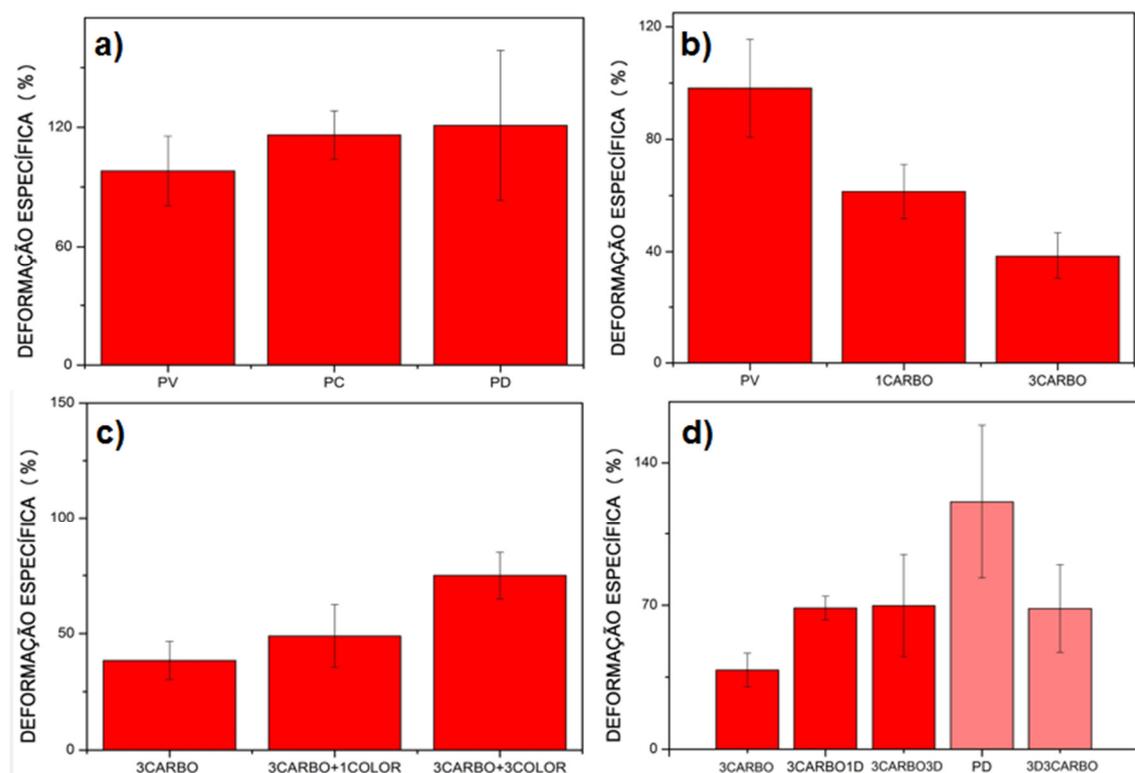


Figura 4. Gráficos de Deformação Específica em porcentagem de deformação: a) mecha padrão virgem (PV), colorida (PC) e descolorida (PD); b) Comparação entre PV com uma (1CARBO) e três (3CARBO) aplicações do alisante; c) Comparação entre o PC e três aplicações de carbocisteína com uma coloração (3CARBO1C) e três colorações (3CARBO3C); d) Comparação do PD com três aplicações de carbocisteína (3CARBO), com três aplicações de carbocisteína com uma descoloração (3CARBO1D), três descolorações (3CARBO3D) e três descolorações com uma aplicação de carbocisteína (3D3CARBO).

A Figura 5 apresenta as alterações morfológicas ocorridas nas fibras após os tratamentos. Sabe-se que a cutícula constitui geralmente de 5 a 10 camadas, mas o estresse físico e químico, como o sol e processos químicos pode induzir a quebra das cutículas, que é a parte mais externa do fio. Na figura 5a da mecha virgem percebe-se que as cutículas do cabelo estão alinhadas e íntegras. Na Figura 5b (PC) observa-se a abertura das cutículas decorrente do aumento de pH no processo de coloração e na Figura 5c (PD) observa-se a uma grande perda, descolamento e lixiviação da estrutura cuticular com exposição do córtex em algumas regiões devido ao alto pH e processo oxidativo intenso.

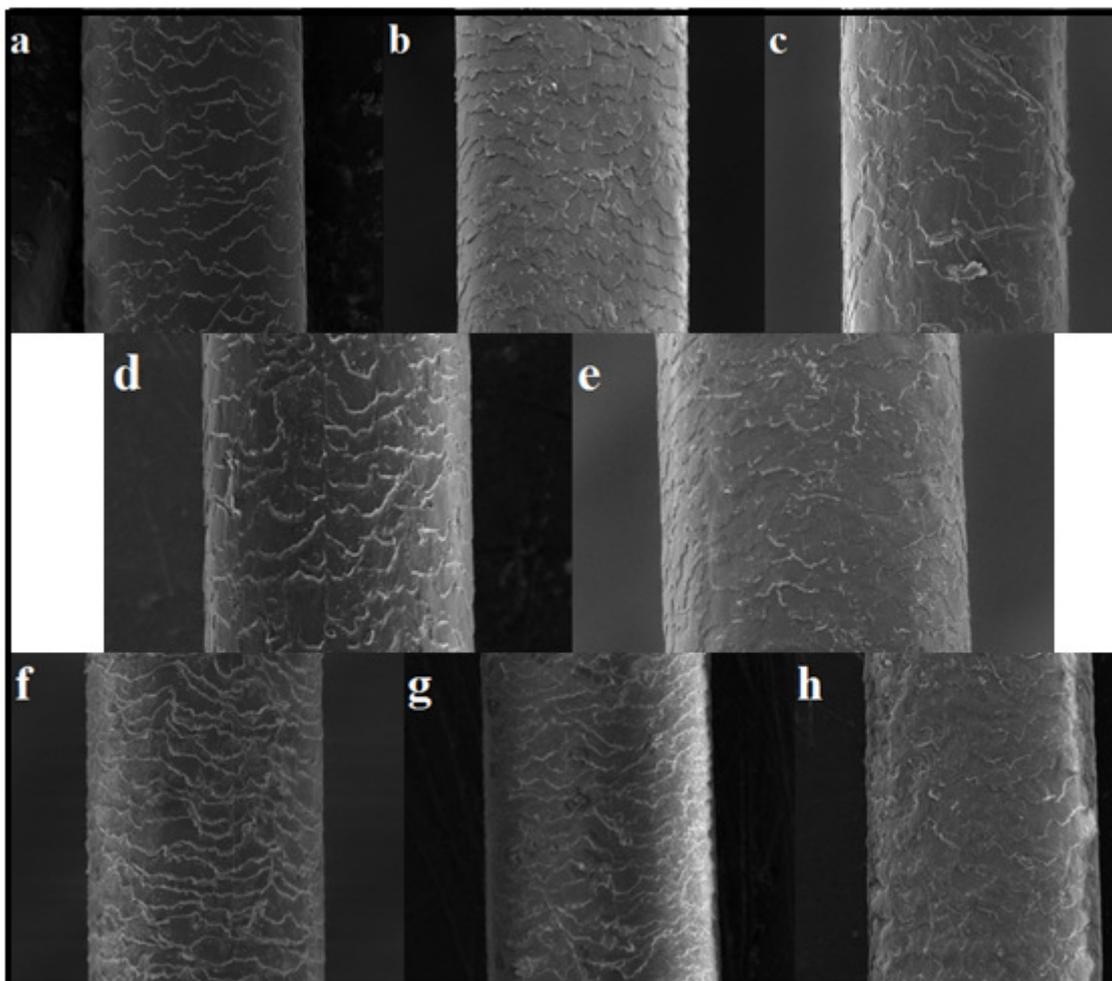


Figura 5. Imagens de Microscopia Eletrônica de Emissão de Campo (FE-SEM) com aumento em torno de 2.000x; em: a) PV, b) PC, c) PD, d) 3 aplicações de alisante com 1 coloração e) 3 aplicações de alisante com 3 colorações, f) 3 aplicações de alisante com 1 descoloração, g) 3 aplicações de alisante com 3 descolorações, h) 3 descolorações com 3 aplicações do alisante.

## 6. Conclusão

As presentes amostras, de maneira geral, sofreram danos após o uso do alisante com o ativo carbocisteína e teve esses danos potencializados com o uso da coloração e descoloração.

Com a caracterização de fluorescência pôde ser constatado que a carbocisteína afeta a matriz amorfa da fibra, sendo que a degradação do Trp é maior quando se associa o alisamento com o processo de coloração e mais ainda, quando associado a descoloração das fibras capilares.

A tensão de ruptura está diretamente relacionada com a quantidade de queratina do cabelo, assim, o uso consecutivo do alisante diminui a quantidade de queratina na fibra e consequentemente diminui a tensão de ruptura. Porém, contrário acontece quando as fibras são alisadas (processo de

redução) e coloridas (oxidação moderada) ou descoloridas (oxidação intensa), esses processos químicos melhoram a integridade física na  $\alpha$ -queratina.

Houve um aumento da deformação específica das mechas padrões coloridas e descoloridas, fato decorrente da diminuição na resistência mecânica na  $\alpha$ -queratina facilitando seu deslizamento, além disso, as ligações dissulfídicas foram afetadas na matriz amorfa e a conexão entre a matriz e os IF ficaram ainda menores resultando em uma maior maleabilidade aos cabelos coloridos e descoloridos. Porém os cabelos alisados com a carbocisteína enrijeceu a fibra capilar, é possível que o processo de re-formação da cistina para uma nova conformação, associado aos sub produtos ligado ao resíduo de carbocisteína, resulte em uma fibra menos flexível.

O processo de alisamento com a carbocisteína traz danos à superfície da fibra capilar logo após a primeira aplicação do produto, como o deslocamento e lixiviação das cutículas, esses danos são intensificados conforme se aumenta o número de aplicações do produto que contém a carbocisteína. Os processos químicos como a coloração e a descoloração que são realizados sob um pH mais elevado, associados a carbocisteína trazem consequências mais graves, como a exposição do córtex em algumas regiões devido a intensa lixiviação e descolamento das cutículas decorrente da grande agressividade deste tipo de procedimento, principalmente o processo de descoloração.

## 7. Referências Bibliográficas

[1] Brazil Beauty News.com, Mercado brasileiro de cosméticos cresceu de 11% em 2014. Disponível em: <<http://www.brazilbeautynews.com/mercado-brasileiro-de-cosmeticos-cresceu-de-11-em,630>> Acessado em: 19/11/2015.

[2] V. M. LONGO, A. DA SILVA PINHEIRO, J. R. SAMBRANO, J. A. M. AGNELLI, E. LONGO, J. A. VARELA. Towards an insight on photodamage in hair fibre by UV-light: An experimental and theoretical study, *International Journal of Cosmetic Science*. v. 35, p. 539–545, 2013.

[3] COLENCI, A.V.P. Efeito de uma formulação contendo o iopolímero quitosana sobre a fibra capilar caucasiana, Dissertação de mestrado, USP, 2007.

[4] Francini C. Picon, Viviane C. Albarici, Diogo Terzi, Douglas Terzi, Valeria Longo, Elson Longo, Adriano S. Pinheiro1 Spectroscopic Analysis of Microstructure and Protein Degradation on of Human Hair Caused by New Hair Straightening Systems, *IFSCC Magazine*, 3, 2014.

[5] M. S. MELLO ; L. M. MARCATI ; A. S. PINHEIRO ; W. SOUZA ; D. TERCI ; DIOGO TERCI ; V. M. LONGO ; E. LONGO ; J. A. VARELA . Avaliação da Termodegradação das fibras capilares por meio da técnica de espectroscopia de reflexão difusa e análise de MEV. Congresso Brasileiro de Cosmetologia, 2007, São Paulo. *Revista Cosmetics & Toiletries e CD*, 2007.

[6] ROGER L. McMULLEN, SUSAN CHEN, and DAVID J. MOORE, Spectrofluorescent characterization of changes in hair chemistry induced by environmental stresses *J. Cosmet. Sci.*, 62, 191–202, 2011.

[7] JANUSZ JACHOWICZ and ROGER L. McMULLEN , Tryptophan fluorescence in hair— Examination of contributing factors *J. Cosmet. Sci.*, 62, 291–304, 2011.

[8] YASH K. KAMATH and SIGRID B. RUETSCH, Reduction-induced surface modification of human hair , *J. Cosmet. Sci.*, 61, 1–12, 2010.

[9] TOLGYESI, E., Weathering of hair. *Cosmet. Toiletr.*, v. 98, p. 29-33, 1983.

[10] GUZOW, K.; GANZNIKOWICZ, R.; RZESKA, A.; MROZEK, J.; SZABELSKI, M.; KAROLCZAK, J.; LIWO, A.; WICZK, W., Photophysical properties of tyrosine and its sample derivatives studied by time-resolved fluorescence spectroscopy, global analysis and theoretical calculations. *J. Phys. Chem. B*, v. 108, p. 3879-3889, 2004.

- [11] SOMER, K. R. F.; CEULEMANS, A., Absorption and fluorescence of 3-methylindole: A theoretical study, including H<sub>2</sub>O interactions. *J. Phys. Chem. A.*, v. 108, p. 7577-7583, 2204.
- [12] GAUDUCHON, P.; WHAL, P., Pulsefluorimetry of tyrosyl peptides. *Biophys. Chem.*, v. 8, p.87-104, 1978.
- [13] COWGILL, R. W., Fluorescence and protein structure: X. Reappraisal of solvent and structural effects. *Biochim. Biophys Acta.*, v. 133, p.6-18, 1967.
- [14] COWGILL, R. W., Fluorescence and the structure of proteins. I. Effects of substituents on the fluorescence of indole and phenol compounds. *Arch. Biochem. Biophys.*,v. 100, p. 36-44, 1963.
- [15] TOURNON, J. E.; KUNTZ, E.; BAYOUMI, M. A., Fluorescence Quenching in Phenylalanine and Model Compounds. *Photochem. Photobiol.*, v. 16, p. 425-433, 1972.
- [16] FEITELSON, J., J. On the Mechanism of Fluorescence Quenching. Tyrosine and Similar Compounds. *Phys. Chem.*, v. 68, p. 391-397, 1964.
- [17] Avaliação da escova progressiva, *Revista Pesquisa FAPESP*. Disponível em: <[http://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2013/05/076-077\\_cosmeticos\\_207.pdf?ca6690](http://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2013/05/076-077_cosmeticos_207.pdf?ca6690)> Acessado em: 16/11/2015.
- [18] R. CRIPPA, V. HORAK, G. PROTA, P. SVORONOS, AND L. WOLFRAM, "Chemistry of Melanins," in *The Alkaloids*, A. Brossi, Ed., Vol. 26, Chapter 6 (Academic Press, New York, 1989).
- [19] J. M. GALLAS, *Fluorescence of Melanin*, Ph.D. dissertation, University of Houston, Houston, TX, Dec. 1981.
- [20] KAZUYUKI SUZUTA, SATOSHI OGAWA, YASUFUMI TAKEDA, KATSUMI KANEYAMA, J. Intermolecular disulfide cross-linked structural change induced by permanent wave treatment of human hair with thioglycolic acid *Cosmet. Sci.*, 63, 177–196, 2012.
- [21] CLARENCE R. ROBINS, *Chemical and Physical Behavior of Human Hair*, Third Edition, Springer-Verlag, 1994.