UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS
Programa de Pós-Graduação em Fármaco e Medicamentos
Área Produção e Controle Farmacêuticos

Avaliação das Propriedades das Fibras Capilares Tratadas com Alisante Ácido com Diferentes Valores de pH

Alessandra Mari Goshiyama

Dissertação para obtenção do título de **Mestre**
Orientadora: **Profª Assocª Maria Valéria Robles Velasco**

São Paulo
2019

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS
Programa de Pós-Graduação em Fármaco e Medicamentos
Área Produção e Controle Farmacêuticos

Avaliação das Propriedades das Fibras Capilares Tratadas com Alisante Ácido com Diferentes Valores de pH

ALESSANDRA MARI GOSHIYAMA

Versão original

Dissertação para obtenção do Título de **Mestre**.

Orientadora: **Profª Assocª Maria Valéria Robles Velasco**

São Paulo
2019

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletronico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Ficha Catalográfica elaborada eletronicamente pelo autor, utilizando o programa desenvolvido pela Seção Técnica de Informática do ICMC/USP e adaptado para a Divisão de Biblioteca e Documentação do Conjunto das Químicas da USP

Bibliotecária responsável pela orientação de catalogação da publicação:
Marlene Aparecida Vieira - CRB - 8/5562

Goshiyama, Alessandra Mari
G673a Avaliação das propriedades das fibras capilares tratadas com alisante ácido com diferentes valores de pH / Alessandra Mari Goshiyama . -- São Paulo, 2019.
101p.

Dissertação (mestrado) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo. Departamento de Farmácia
Orientador: Velasco, Maria Valéria Robles

1. Cabelo. 2. Alisamento. 3. Ácido glioxílico associado. 4. Dano 5. pH. I. T. II. Velasco, Maria Valéria Robles, orientador.

Alessandra Mari Goshiyama

Avaliação das Propriedades das Fibras Capilares Tratadas com Alisante Ácido com Diferentes Valores de pH.

Comissão Julgadora da
Dissertação para obtenção do Título de Mestre

Profª Assocª Drª. Maria Valéria Robles Velasco
Orientadora/Presidente

_____

1º. examinador

_____

2º. examinador

_____

3º. examinador

_____

4º. examinador

São Paulo, ____de_____de_____

Dedicatória

A Deus, pela luz e sabedoria durante toda a jornada, a vida.

Aos meus amados pais, Tereza e Paulo, pelo carinho, incentivo e todo o suporte, aos meus estudos e em realizar os meus sonhos. Muito obrigada!!

Aos meus irmãos, Victor e Amanda, pelo companheirismo e as risadas.

Ao meu namorado, Marcelo,pelo amor,aporio e paciência durante essa jornada. E a sua família pelo incentivo.

Agradecimentos

*A minha **família**, pelo apoio e todo amor incondicional.*

*A **Luciana**, minha prima, praticamente irmã pelas longas conversas sobre o futuro.*

*A minha amiga e colega de apartamento, **Gabriela**, pela companhia e incentivo durante esses anos.*

*A **Profª Assocª Maria Valéria Robles Velasco**, minha orientadora, pela oportunidade de aprender muito com todo o seu conhecimento, contribuindo para o meu crescimento científico, mas também pessoal. Por todo incentivo, apoio, confiança e amizade durantes esses ano. Muito obrigada!*

*Ao **Prof. Assoc. André Rolim Baby** pelos conselhos e apoio durante essa jornada.*

*Ao **Prof. Dr. Gabriel Lima Barros de Araújo** e **Profª. Drª. Dalva Lúcia Araújo de Faria** e sua aluna **Isabela**, pelo tempo, dedicação e apoio para realizar os experimentos em seus laboratórios.*

*Ao **Prof. Dr. Felipe Rebello Lourenço** por todo aprendizado e ajuda nas análises estatísticas.*

*A todos **professores** que tive oportunidade de conviver e aprender, nas disciplinas, mas em simples conversas nos corredores.*

*Ao **Dr. Valcinir Bedin** por todo o aprendizado no Exame de Qualificação.*

*A **Profª. Drª. Michelli Ferrera Dario**, por todo os ensinamentos e pelo companheirismo.*

*Aos técnicos, **Claudinéia** e **Edgar**, por todo apoio, e amizade.*

*Aos queridos amigos do **laboratório**, pela convivência, amizade, debates científicos e ideias inovadoras: Andressa, Thamires, Mirela, Fabiana, Tércio, Paulo e Rafael.*

*A minha amiga, **Cibele**, pela amizade, todos os ensinamentos sobre DSC e por todos os debates sobre cabelos que tanto amamos.*

*Aos funcionários da **FCF/USP**: Alexandre, David, Doralice, Elaine, Irineu, Marinalva, Shirley, por todo o trabalho e apoio.*

*A empresa **AQIA** pelo fornecimento das matérias-primas.*

*Ao Adilson Marinheiro da empresa **Clariant** pela oportunidade de utilizar o equipamento SAMBA, e pela amizade durante esses anos.*

*A **Faculdade de Ciências Farmacêuticas** por todo o acolhimento e estrutura, e por ter sido como uma segunda casa ao longo desses anos.*

*A **CNPq** e **CAPES** pelos auxílios financeiros, e por possibilitaram a realização deste trabalho.*

A todos que contribuíram de certa forma durante esses dois anos de trabalho.

Muito Obrigada!

“*Transforme as pedras que você tropeça nas pedras de sua escada.”*

SÓCRATES

“Nada é suficientemente bom.
Então, vamos fazer o que é certo,
dedicar o melhor de nossos esforços para atingir
o inatingível, desenvolver ao máximo os dons
que Deus nos concedeu, e nunca
parar de aprender.”

BEETHOVEN

GOSHIYAMA, A. M. **Avaliação das Propriedades das Fibras Capilares Tratadas com Alisante Ácido com Diferentes Valores de pH**. 2019. 101f. Dissertação (Mestrado em Fármacos e Medicamentos) – Faculdade de Ciências Farmacêuticos, Universidade de São Paulo, 2019.

RESUMO

Os produtos para alisamento das fibras capilares são amplamente utilizados no Brasil principalmente, pelo público feminino. Porém, estes procedimentos podem causar danos ao cabelo do usuário e, também, para o profissional que está atuando. Os alisantes químicos podem ser divididos em dois grupos: alcalinos e ácidos. Os primeiros (tioglicolato de amônio e os hidróxidos de sódio ou guanidina) apresentam valor de pH elevado (superior a 9,0) e alisam por meio da quebra e reorganização das pontes de dissulfeto (S-S) presentes na queratina, proteína estrutural da fibra capilar. Os alisantes ácidos como o formaldeído, ácido glioxílico e seus associados, possuem pH baixo (≥ 2,0) e causam uma reorganização no interior da fibra e geralmente leva a formação de um filme na superfície do fio. O ácido glioxílico associado à carbocisteína e aminoácidos (nomenclatura INCI -*International Nomenclature of Cosmetic Ingredient* apresentada entre parênteses) (*Glyoxyloyl Carbocysteine (and) Glyoxyloyl Keratin Aminoacids (and) Water*) é o único ingrediente permitido ao uso como alisante ácido até o momento. O objetivo deste trabalho foi estudar o efeito deste alisante ácido incorporado em uma emulsão óleo e água (O/A) com valores de pH 1,0 e 2,0 (com reaplicações); e o impacto que podem causar nas propriedades mecânicas e químicas da fibra capilar, como força de ruptura, coloração, elasticidade e teor de triptofano da fibra capilar. E também o efeito da radiação ultravioleta nos fios alisados. Nos testes realizados observou-se que as mechas tratadas com a emulsão a pH 1,0 obtiveram melhor resultado de alinhamento das cutículas e capacidade alisante da fibra, com penteabilidade superior ao cabelo virgem (59,4 %), enquanto as mechas com a formulação pH 2,0 foi apenas 33,0%. Entretanto, a força de tração para a ruptura do fio foi inferior, diminuindo em 16,0% (pH 1,0) e 9,0 % (pH 2,0). Quanto a variação da coloração, a variação do tom de cor foi mais exacerbada para as mechas tratadas com a formulação em pH 1,0. O teor de triptofano foi inferior nas mechas alisadas com a formulação pH 1,0. Para o teste de DSC e Raman, ambas as mechas tratadas apresentaram modificações nas suas estruturas. As fibras alisadas e expostas à radiação UV apresentaram danos maiores nas cutículas, e certa proteção na degradação de proteínas em relação aquelas sem tratamento e irradiadas ao UV. Considerando as reaplicações do produto alisante ácido, quanto maior o número de aplicações, mais alinhadas e seladas tornaram se as fibras, mas mais rígida e suscetível à quebra ficaram. Devemos considerar a importância do valor do pH da formulação no impacto do alisamento e dano da fibra capilar.

Palavras-chave: cabelo, alisamento, ácido glioxílico associado, dano

GOSHIYAMA, A. M. **Evaluation of Hair Fibers Properties Treated with Acid Straightener at Different pH Values.** 2019.101f. Dissertation (Masters) – Faculty of Pharmaceuticals Sciences, University of São Paulo, 2019

ABSTRACT

Hair straightening products are widely used in Brazil by the female public. However, these procedures can cause damage to the hair shaft and to professional´s and client´s health. Chemical straighteners can be divided into two groups: alkaline and acid. Alkaline straighteners has a very high pH value (> 9.0) and the straightening process is due to the break followed by reorganization of the disulfide bridges (S-S) present in the keratin, a structural protein of the hair shaft. Some examples of alkaline straighteners are ammonium thioglycolate and sodium or guanidine hydroxides. On the other hand, acid straighteners like formaldehyde, glyoxylic acid, and their associated, present a low pH value (≥ 2.0), which causes a rearranging within the fiber, and sometimes creates a film on the surface of the hair. Nowadays, the glyoxylic acid associated with carbocysteine and amino acids (INCI - International Nomenclature of Cosmetic Ingredient nomenclature presented in parentheses) (*Glyoxyloyl Carbocysteine (and) Glyoxyloyl Keratin Aminoacids (and) Water*) is the only acid straightener permitted. Therefore, the objective of this work is to study the effect of this acid straightener, incorporated into oil in water (o/w) base emulsions at two different pH values 1.0 and 2.0 (with reapplication) on the mechanical and physicochemical properties of the hair shaft. Also, the impact of UV radiation in straightened tresses. In the experiments conducted, it was possible to observe that tresses treated with the emulsion at pH 1.0 had a better result on the alignment and the straightening capacity, improving the combing test (59.4%/), while the tresses with the formulation at pH 2.0, 33.0%. However, the tensile strength, to pH 1.0 decreased by 16.0% and to pH 2.0 only 9.0%. As for color, the difference when compared with virgin hair it was major at pH 1.0. The tryptophan content also was lower in tresses treated at pH 1, 0. For the DSC and Raman analyzes all the treated tresses presented modifications in their structure. Straightened strands exposed to radiation had major damage in the cuticles, and some protection in proteins degradation compared to untreated tresses exposed to radiation. Considering the reapplications of the straightening product, as higher the number of applications more aligned and sealed it becomes, however the hair fiber becomes stiffer and susceptible to breakage. That’s why we should consider the importance of the pH value in the product, and the impact of straightening and damage of the hai fiber.

Keywords: hair, straightening, glyoxylic acid derivative, damage.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estrutura da fibra capilar em conjunto com a pele humana 25

Figura 2. Corte transversal de uma fibra capilar, mostrando a cutícula (suas camadas), córtex e medula 26

Figura 3. Esquema representando desde a α-hélice, dímeros em estrutura helicoidal, microfibrilas, macrofibrilas, célula cortical e fibra de cabelo 28

Figura 4. Esquema representando a distribuição das células ortocorticais (O), mesocorticais (M) e paracorticais (P) em cabelo liso (4a) e cabelo cacheado (4b) 29

Figura 5. Esquema representando as ligações químicas presentes no cabelo: (1) Ligações hidrofóbicas; (2) Ligação de hidrogênio (3) Ponte salina ou ligação iônica (4) Ligação dissulfeto (5) Ligação peptídica.....31

Figura 6. Esquema da ligação de hidrogênio entre dois aminoácidos (Tirosina).....31

Figura 7. Reação de oxi-redução da cisteína e a formação de cistina com a ligação dissulfeto.....32

Figura 8. Estrutura da feomelanina e eumelanina, com as suas duplas ligações e as carbonilas conjugadas.....33

Figura 9. Rota da síntese de feomelania e eumelanina 34

Figura 10. Reação de lantionização.....39
Figura 11. Mecanismo proposto para o formaldeído.....40

Figura 12. Curva típica de tensão-deformação de cabelos em água e a 65% de umidade relativa.....44

Figura 13. Diagrama CIE **L*a*b*^**.....46

Figura 14. Representação das três diferentes interações da luz com o cabelo.....48

Figura 15. Esquema do Microscópio Eletrônico de Varredura.....52

Figura 16. Teste de Penteabilidade à seco das mechas não irradiadas (*Grupo 02*) 64

Figura 17. Imagem da análise de *luster* feito pelo SAMBA das mechas tratadas a pH 1,0 e 2,0.....65

Figura 18. Imagem de MEV das amostras: a) Cabelo virgem (2042x) b) Cabelo alisado (1800x) c) Cabelo alisado e lavado cinco vezes (1800x).....67

LISTA DE FIGURAS

Figura 19. Teste de tração à ruptura das mechas, virgens, tratadas com formulações alisantes a pH 1,0 e pH 2,0 e a emulsão base (EB).....68

Figura 20. Gráfico de força de tração de uma mecha virgem com as três fases.....69

Figura 21. Gráficos representando fios de mechas tratadas com o alisante (pH 1,0) que apresentaram danos a) fio quebrou e b) fio elástico.....70

Figura 22. Foto de fios da análise de tração à ruptura, após o teste, de mechas virgens.....71

Figura 23. Foto de fios da análise de tração à ruptura, após o teste, de mechas tratadas com a emulsão alisante.....72

Figura 24. Variação total de cor (DE) das mechas do Grupo 02 (não-radiadas).....73

Figura 25. Teor de triptofano das mechas virgens e tratadas com emulsão a pH 1,0 e pH 2,0.....74

Figura 26. Curvas de DSC das mechas virgens, tratadas com formulação a pH 1,0, a pH 2,0 e tratada a pH 1,0 sem a piastra e os valores de T_D e ΔH_D.....75

Figura 27. Espectros das mechas: virgem, tratadas com formulação a pH 1,0 e a pH 2,0.....77

Figura 28 . Teste de Penteabilidade A seco das mechas submetidas a radiação (*Grupo 01*).....79

Figura 29. Teste de tração à ruptura das mechas: virgens, virgens irradiadas, tratadas com formulações alisantes a pH 1,0 e pH 2,0 irradiadas.....80

Figura 30. Variação total de cor (DE) das mechas do *Grupo 01* (irradiadas).....81

Figura 31. Análise colorimétrica, variação total de cor (DE) das mechas dos Grupo 01(radiados) e 02 (não radiados).....81

Figura 32. Teor de triptofano das mechas alisadas e irradiadas.....82

Figura 33. Teste de penteabilidade para as mechas com reaplicações comparada com as virgens para cada valor de pH.....84

Figura 34. Tração à ruptura para as mechas com uma aplicação e com reaplicações.....85

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Descrição da formulação com as funções de cada componente.....57

Tabela 2. Distribuição dos tratamentos em Grupo 01 (expostos a radiação) e Grupo 02 (não expostos).....57

Tabela 3. Dados obtidos pelas curvas de DSC (Figura24).....76

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1. Equação para o cálculo do pH. 41

Equação 2. Cálculo dos parâmetros de cor de acordo com o sistema CIELAB. 46

Equação 3. Fórmulas do métodos Reich-Robbins, TRI, Stamm e Guiolet para calcular o brilho 48

Equação. 4. Cálculo da Tração à ruptura.....60

LISTA DE ABREVIATURAS

AA - Aminoácidos

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

ANVISA- Agência Nacional de Vigilância Sanitária

CLAE- Cromatografia a Líquido de Alta Eficiência

CMC - Complexo de Membrana Celular

Da- Diferença na coordenada vermelho verde

Db- Diferença na coordenada azul amarelo

DE- Diferença total de cor

DL-Diferença de luminosidade

EROS – Espécies Reativas de Oxigênio

FI – Filamento Intermediário

gmf/mm^2 – Grama força por milímetro quadrado

$H_2O_2^{\bullet}$ - Radical peróxido de hidrogênio

INCI- *International Nomenclature of Cosmetic Ingredient*

IV- Infravermelho

KAP- Queratina Associada a Proteínas

kD – Quilodaltons

O/A- Óleo e Água

$O_2^{\bullet}$ - Radical oxigênio

OH- Hidroxila

p/v – Peso por volume

pH – Potencial hidrogeniônico

PI- Ponto isoelétrico

PIB – Produto Interno Bruto

S – Enxofre

UV- Ultravioleta

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 18
2.OBJETIVOS 232
2.1 Objetivo Geral 23
2.2 Objetivos Específicos 23
3. REVISÃO DA LITERATURA 24
3.1 Estrutura da Fibra Capilar 25
3.2 Componentes da Fibra Capilar 30
3.3 Danos na fibra capilar 35
3.3.1 Radiação Solar 35
3.3.2 Dano Térmico 37
3.3.3 Alisantes/relaxantes 37
3.4 Influência do pH 41
3.5 Análises mecânicas e químicas 42
3.6 Análise Mecânica 42
3.7 Análise Colorimétrica 45
3.8 Análise de Brilho 47
3.9 Quantificação de triptofano 49
3.10 Calorimetria exploratória diferencial (DSC) 49
3.11 Espectroscopia de Raman 51
3.12 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) 51
4.MATERIAL E MÉTODOS 53
4.1 Lista de Materiais 54
4.1.1 Equipamentos e Acessórios 54
4.1.2 Matérias-primas (Grau de pureza farmacêutico), outros ingredientes (INCI:*International Nomenclature of Cosmetic Ingredient*) e materiais 54
4.2 Preparo das mechas de cabelo 56
4.3 Composição das formulações 56
4.4 Aplicação das formulações 57
4.5 Exposição à radiação artificial 58
4.6 Avaliação das mechas de cabelo 58
4.6.1 Penteabilidade à seco 59
4.6.2 Análise de tração à ruptura 59

4.6.3 Análise Colorimétrica 59
4.6.4 Análise de Brilho 60
4.6.5 Quantificação de triptofano 60
4.6.5.1 Hidrólise alcalina do cabelo 60
4.6.5.2 Método de cromatografia líquida de alta eficiência - CLAE 60
4.6.7. Calorimetria exploratória diferencial (DSC) 61
4.6.8. Espectroscopia Raman 61
4.6.9. Microscopia eletrônica de varredura (MEV) 61
4.7 Análise estatística 62
4.7.1. Teste-t 62
4.7.2 ANOVA 62
5.RESULTADOS E DISCUSSÃO 63
5.1 Avaliação do efeito do pH na haste capilar 64
5.1.1 Penteabilidade à seco 64
5.1.2 Análise de Brilho 65
5.1.3 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) 66
5.1.4 Tração à ruptura 68
5.1.5 Análise Colorimétrica 72
5.1.6. Teor de Triptofano 73
5.1.7. Calorimetria exploratória diferencial (DSC) 74
5.1.8 Espectroscopia de Raman 76
5.2 Efeito da radiação artificial no cabelo alisado 78
5.2.1 Penteabilidade a seco 78
5.2.2. Tração a ruptura 80
5.2.3 Analise colorimétrica 81
5.2.4 Teor de Triptofano 82
5.3.1 Penteabilidade a seco 83
5.3.2 Tração a ruptura 84
6. CONCLUSÃO 85
7.REFERÊNCIAS 88
ANEXOS 95
ANEXO A- Informações para os Membros de Banca Julgadora de Mestrado 96
ANEXO B –Parecer do Comitê de Ética 97
ANEXO C- Ficha do Aluno 99

1. Introdução

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos o Brasil apresentou índices baixos de crescimento econômico. Porém, segundo a Associação Brasileira da Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos (ABIHPEC), o crescimento desse setor foi mais vigoroso que o do restante da indústria, com 9,2% a.a. contra 2,8% a.a. do PIB Total e 1,9% a.a. da Indústria Geral (ABIHPEC, 2017). Dentro do setor cosmético, o mercado de produtos capilares abrange grande variedade de tratamentos, como os alisantes/relaxantes capilares. Estes produtos cosméticos são procurados principalmente por mulheres, no intuito de alisá-los/relaxá-los e facilitar seu manejo diário.

Dentre os procedimentos estéticos que visam a alteração da estrutura e/ou formato das fibras capilares, destacam-se os alisamentos/relaxamentos, que podem ser do tipo temporário ou definitivo. Na primeira categoria, a alteração se desfaz com a umidade e está associada aos métodos físicos a quente, como secador e piastra
O cabelo é molhado com o objetivo de romper as ligações de hidrogênio, posteriormente, é seco e escovado, permitindo que tais ligações sejam refeitas na nova configuração (ROBBINS, 2012; MIRANDA-VILELA; BOTELHO; MUEHLMANN, 2014).

Os alisantes definitivos podem ser divididos em alcalinos e ácidos. A primeira categoria tem por objetivo desfazer as ligações dissulfeto da queratina, e para isso utilizam-se produtos à base de hidróxido de sódio, potássio, lítio, guanidina e bissulfitos, produtos cujo valor de pH é elevado para que ocorra a abertura das cutículas e penetração do produto no interior da fibra capilar (DIAS et al., 2008; ROBBINS, 2012; BOGA et al., 2014; DIAS, 2015).

Outro grupo de alisante químico muito utilizado compreende os tióis, como o tioglicolato de amônio ou de etanolamina, presente em produtos de uso doméstico. O tioglicolato age pelo mecanismo de óxido-redução, sendo menos eficiente na quebra das cadeias de dissulfeto que o hidróxido de sódio. Neste caso, o agente alisante provoca o rompimento das ligações covalentes de dissulfeto presentes na queratina, permitindo o rearranjo da estrutura do cabelo na configuração lisa. Um agente oxidante é utilizado com a finalidade de restaurar as ligações dos fios (DRAELOS, 2008; HALAL J, 2009).

1. INTRODUÇÃO

Como alternativa ao uso dos alisantes tradicionais alcalinos, surgiram os ácidos à base de formaldeído, glutaraldeído e ácido glioxílico (DIAS, 2015). O mecanismo de ação dos alisantes ácidos permanece em discussão pela comunidade científica, mas envolve a reação entre os grupos aldeído dessas moléculas e alguns grupos funcionais presentes na estrutura da fibra capilar (SIMPSON; CRAWSHAW, 2002), causando rearranjos na distribuição da estrutura secundária da queratina, assim como mudanças conformacionais no nível das ligações de dissulfeto (BOGA et al., 2014). Adicionalmente, ocorre a plastificação da cutícula formando um filme hidrofóbico. Atualmente, o ácido glioxílico associado à carbocisteína e aminoácidos (INCI: *Glyoxyloyl Carbocysteine (and) Glyoxyloyl Keratin Aminoacids (and) Water*), vem sendo empregado em diversos produtos comerciais denominados de “escova progressiva”, sendo o único alisante ácido cujo uso é permitido pela ANVISA até o momento.

Uma discussão importante acerca dos alisantes ácidos está relacionado ao efeito do valor do pH do produto na fibra capilar, pois quanto menor ele for se acredita que maior será o risco de efeitos adversos em função da irritabilidade intrínseca do produto ao entrar em contato com o couro cabeludo e a fibra capilar, mas o efeito alisante é mais pronunciado. Considerando que o valor de pH não muda apenas em 1 unidade, mas é em escala logarítmica, no qual a concentração de íons H^+ de um valor de pH para outro aumenta ou diminui em 10 vezes (ATKINS et al., 2011).

Recomenda-se que as indústrias desenvolvam produtos alisantes/relaxantes ácidos em valor de pH maior ou igual a 2,0, seguindo a orientação da ANVISA, porém existe o interesse em trabalhar em valores de pH inferiores, a fim de acelerar o processo de alisamento, mas com segurança. Portanto, o estudo do efeito do produto em valores de pH abaixo de 2,0 na fibra capilar torna-se fundamental para entendi-mento de seu potencial de risco ao usuário e dos cuidados na manipulação dos fios.

Outro ponto a ser estudado é o efeito da radiação ultravioleta sobre os cabelos quimicamente tratados com o alisante ácido a base de ácido glioxílico associado. Sabe-se que a exposição excessiva à radiação ultravioleta pode levar a

1. INTRODUÇÃO

degradação e perda proteica e, também, a alteração na pigmentação (SEBETIĆ et al., 2008), devido à degradação de dois componentes do cabelo, a queratina e a melanina, respectivamente.

Demonstrando a importância em avaliar diferentes parâmetros, mecânicos, físicos e químicos das fibras capilares, submetidas ao processo de alisamento e exposição à radiação ultravioleta (UV), este trabalho avaliou a importância do valor de pH em emulsões em valores de pH 1,0 e 2,0 e o impacto ocasionado e as sugestões que possam minimizar o dano ocasionado.

2. Objetivos

2.OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar o efeito do alisante ácido glioxílico associado à carbocisteína (*Glyoxyloyl Carbocysteine and Glyoxyloyl Keratin Amino Acids)* em uma emulsão base em dois valores de pH (1,0 e 2,0) de forma comparativa, nas propriedades físicas e químicas das fibras capilares como: penteabilidade, tração à ruptura, análise colorimétrica, quantificação de triptofano, microscopia eletrônica de varredura e DSC.

2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar o efeito aditivo de reaplicações do alisante na fibra capilar, segundo procedimento padronizado, procedimento usual pelos consumidores.
- Verificar a influência da radiação ultravioleta nas fibras capilares submetidas ao alisamento ácido.
- A partir dos resultados obtidos, pretende-se verificar o impacto do valor de pH da formulação do alisante ácido e subsidiar a regulamentação de seu uso visando segurança e eficácia.

3 Revisão da Literatura

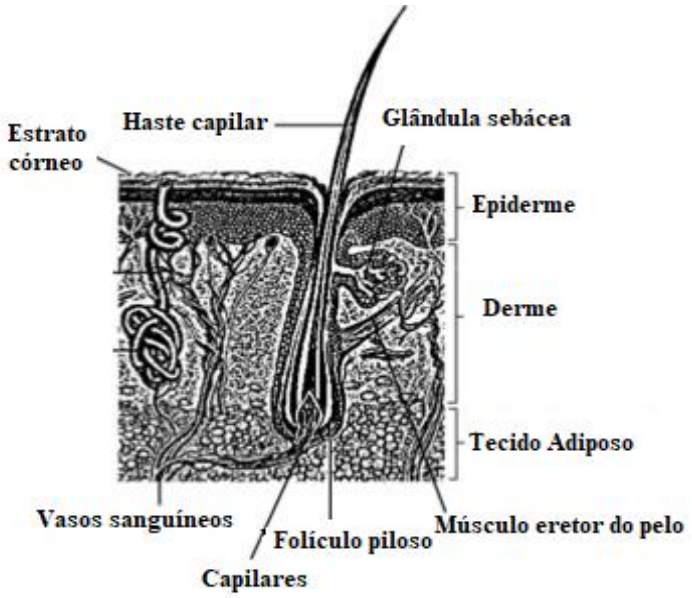
3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Estrutura da Fibra Capilar

A fibra capilar pode ser dividida em duas principais regiões: *folículo piloso* (raiz) e *haste capilar* (**Figura 1**). Na primeira região está presente o bulbo, resultado da invaginação da epiderme na derme, onde se origina o fio capilar e ocorre à divisão celular, levando ao crescimento do fio (HALAL J, 2009; MIRANDA-VILELA; BOTELHO; MUEHLMANN, 2014). Por isso, é uma área muito bem irrigada, pois é necessária a chegada de nutrientes para a produção de novas células. Além disso, na região do folículo capilar existem anexos como glândulas sebáceas, responsáveis por secretar o sebo (mistura de triglicérides e colesterol) que é responsável por manter a emoliência da pele e a flexibilidade da haste capilar (TORRES et al., 2005), atuando como um agente condicionador natural, diminuindo a eletricidade estática do cabelo, neutralizando as cargas negativas e dando brilho aos fios em crescimento (DRAELOS, 2008).

Nesta mesma região, também, está presente a papila dérmica, responsável pela regulação do ciclo de vida do cabelo (TORRES et al., 2005). Na sua porção superior estão os melanócitos, células responsáveis pela coloração do cabelo, através da produção dos grânulos de melanina, e os queratinócitos, responsáveis pela queratinização das células (TORRES et al., 2005).

Figura 1. Estrutura da fibra capilar em conjunto com a pele humana



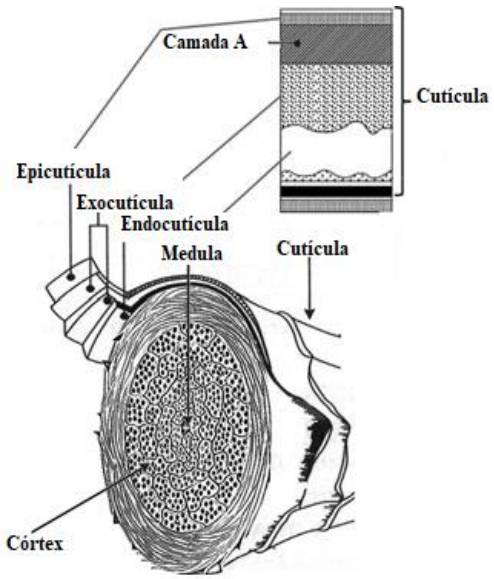
Fonte: Adaptada de MIRANDA-VILELA, BOTELHO e MUEHLMANN (2014).

3. REVISÃO DA LITERATURA

A *haste capilar* é uma continuação dessas células produzidas no folículo que vão se queratinizando, ou seja, transformam seu citoplasma em material fibroso, conhecido como cabelo e crescendo, ultrapassa várias camadas da epiderme até o estrato córneo. Apresentam diâmetros variados até mesmo no mesmo fio de 50-100µm (HALAL J, 2009; MIRANDA-VILELA; BOTELHO; MUEHLMANN, 2014). Normalmente, o fio de cabelo cresce em uma razão de 0,35 mm/dia (DRAELOS, 2008).

É possível dividir a *haste capilar* em quatro principais camadas: *cutícula*, *córtex, medula e complexo da membrana celular*, que possuem características morfológicas diferentes (**Figura 2**).

Figura 2. Corte transversal de uma fibra capilar, mostrando a cutícula (suas camadas), córtex e medula



Fonte: Adaptada de MIRANDA-VILELA, BOTELHO e MUEHLMANN (2014).

A *cutícula*, camada mais externa do fio, possui células planas, cornificadas, no formato de escama, e apresentam uma disposição sobreposta, semelhante a telhas, formado de 6 a 10 camadas de células, e orientadas no sentido distal, ou seja, para as pontas do fio. A sua conformação garante ao cabelo certa resistência ao ataque

3. REVISÃO DA LITERATURA

de agentes químicos e físicos como nos processos: coloração/descoloração, alisamento/relaxamento e radiação ultravioleta, poluição, secador e piastra, dentre outros (HALAL, 2009). Sendo composta principalmente por queratina e ácidos graxos, responsáveis pelo comportamento hidrofóbico (POPESCU; HÖCKER, 2007).

A *cutícula* pode ser subdividida em quatro camadas: *epicutícula*, *camada A* (também denominada exocutícula "A"), *exocutícula* (ou exocutícula "B") e *endocutícula* (**Figura 2).** A *epicuticula* é uma membrana de aproximadamente 25 Å de espessura, por ser a camada mais externa da cutícula, está associada à resistência do fio, ao ataque de agentes como substâncias oxidantes (peróxido de hidrogênio), alcalinizantes e ácidos (alisantes/relaxantes) e pigmentos (tinturas) (ROBBINS, 2012). É considerada a parte mais importante da cutícula, do ponto de vista da deposição de polímeros (presentes em condicionadores e máscaras) e corantes capilares, pois é a primeira que sofre a ação dos cosméticos e agentes ambientais (DIAS et al., 2007).

Após a *epicutícula* encontra-se a *camada A* resistente, constituída por material amorfo rico em cistina (>30%). Abaixo da *camada A*, observa-se a *exocutícula B*, que também possui elevada concentração de cistina (~15%), mas de estrutura diferente à observada na camada A (HALAL J, 2009). A *exocutícula (A e B)* corresponde a 55% da área da cutícula e, devido a elevada concentração de cistina, se torna fisicamente rígida (HALAL J, 2009).

Na sequência, observa-se a *endocutícula*, que apresenta baixo nível de cistina (~3%) e é menos rígida que as camadas superiores (epicutícula e exocutícula) (HALAL J, 2009).

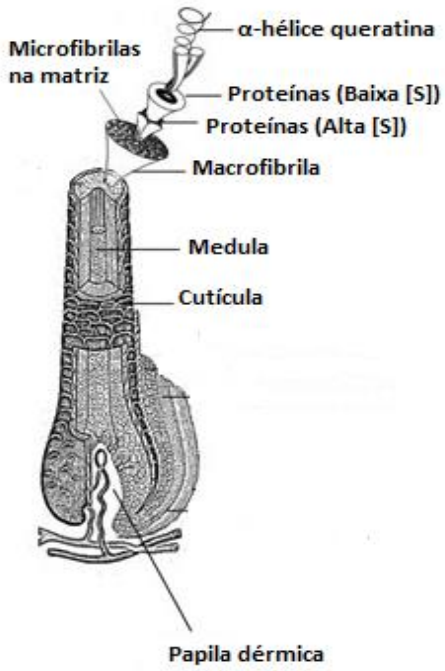
Localizado na região mais interna está o *córtex*, representando 75% do peso total da fibra, formado por células corticais fusiformes de aproximadamente 1 a 6µm de espessura e podem atingir cerca de 100µm de comprimento (HALAL J, 2009).

O córtex é composto por macrofibrilas, que são longos filamentos, orientadas no eixo da fibra capilar. Sendo que cada macrofibrila apresenta vários filamentos intermediários de queratina (FI) podendo ser denominado de microfibrilas, e uma matriz composta por queratina associada a proteínas (KAP) (**Figura 3)** (MIRANDA-VILELA; BOTELHO; MUEHLMANN, 2014). As microfibrilas ou filamentos intermediários (FI) são compostos por quatro domínios de α-hélice. Sendo que dois

3. REVISÃO DA LITERATURA

FI formam filamentos heteropoliméricos, originando a α-queratina. A matriz entre as microfibrilas é rica em cistina, unindo as de forma que se torne uma única unidade.

Figura 3. Esquema representando desde a α-hélice, dímeros em estrutura helicoidal, microfibrilas, macrofibrilas, célula cortical e fibra de cabelo

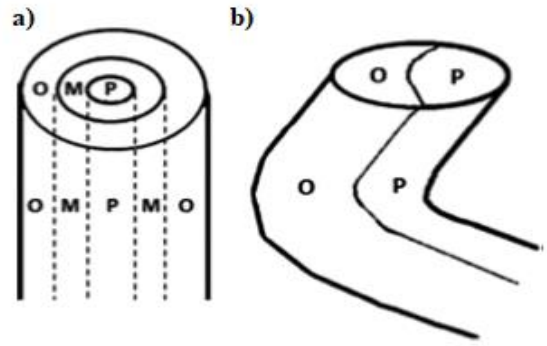


Fonte: Adaptado de MIRANDA-VILELA, BOTELHO e MUEHLMANN (2014).

As células *corticais* podem ser subdivididas em: *ortocortical*, *paracortical* e *mesocortical*. As primeiras apresentam baixa relação matriz/filamento intermediário, o oposto é observado nas células *paracorticais*, apresentando elevada concentração de proteínas ricas em enxofre. O arranjo entre estes dois tipos de células confere ondulação característica de cada cabelo, sendo que as células *ortocorticais* se localizam na região convexa da curva e as *paracorticais* na região côncava. Por outro lado, os cabelos que não possuem nenhuma curvatura, os lisos, apresentam uma região central composta principalmente, por células paracorticais envoltas pelas ortocorticais (**Figura 4**) (THIBAUT et al., 2007).

3. REVISÃO DA LITERATURA

Figura 4. Esquema representando a distribuição das células ortocorticais (O), mesocorticais (M) e paracorticais (P) em cabelo liso (4a) e cabelo cacheado (4b)



Fonte: Adaptado de ROBBINS (2012).

As *mesocorticais* se organizam de maneira diferente no qual as macrofibrilas estão de maneira hexagonal ou pseudo-hexagonal e quando comparadas com as orto e paracorticais apresentam uma concentração média de matriz/FI (ROBBINS, 2012).

Estas células são responsáveis pelas propriedades de resistência mecânica e elasticidade da fibra capilar, além de possuírem os grânulos de melanina em seu interior, o que confere as diferentes tonalidades de cor aos cabelos. As alterações de alisamento/relaxamento definitivo e coloração permanente atingem esta camada e al-teram as ligações químicas, principalmente as dissulfídicas (–S–S-) (HALAL, 2009).

O *complexo da membrana celular* (CMC) é uma camada formada pelo cimento intercelular (camada δ) que une as células da cutícula ao córtex, em associação com as membranas das células cuticulares. É responsável também pela umidade natural do cabelo, tornando-o brilhante, transparente e condicionado naturalmente (HALAL, 2009). A camada δ é composta por proteínas não-queratinosas, ceramidas e aminoácidos polares, que devido suas características, interagem com a água presente no meio. Esta composição permite o transporte de substâncias para o interior da fibra capilar, principalmente as macromoléculas (HALAL, 2009).

Existem duas formas preferenciais de transporte de substâncias para o interior da fibra capilar: *transcelular* e *intercelular*. O primeiro ocorre através de regiões

cuticular contendo baixo ou elevado conteúdo de enxofre, esta via é importante, especialmente, para pequenas moléculas hidrofílicas. Já a *intercelular*, ocorre por meio do CMC, utilizada por moléculas hidrofóbicas de elevada massa molecular ou moléculas apolares. Em geral, a difusão de moléculas para o córtex ocorre por uma combinação das duas rotas (HALAL, 2009).

A camada mais interna da fibra capilar é a *medula*, que pode estar presente ou não e, não interfere na estrutura do cabelo (TORRES et al., 2005). Pode estar vazia ou preenchida com queratina ao longo do fio. Muitos estudos relataram que a medula não tinha influência nas propriedades do cabelo, entretanto, um estudo detalhado da medula concluiu que essa parte da fibra capilar, poderia atuar na coloração do cabelo, juntamente com as melaninas (WAGNER, 2006).

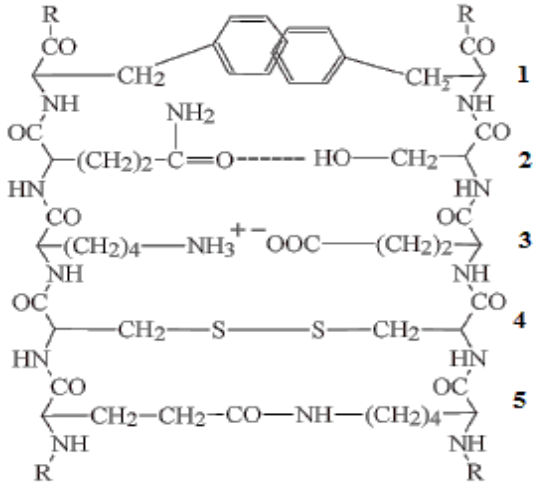
3.2 Componentes da Fibra Capilar

A fibra capilar é composta basicamente por proteínas, lipídios, água, pigmentos e resíduos (ROBBINS, 2012). E principalmente por uma proteína, a queratina, polímero de alta massa molar que forma longas cadeias de aminoácidos (AA) unidas por meio de diversos tipos de interações (MIRANDA-VILELA; BOTELHO; MUEHLMANN, 2014; ROBBINS, 2012).

É possível observar diversas interações intermoleculares nos cabelos, como ligações de hidrogênio, dissulfeto (-S-S-), hidrofóbicas que existem na presença de água, de Van der Waals e iônicas (ligação salina). Algumas dessas ligações estão representadas na **Figura 5**.

3. REVISÃO DA LITERATURA

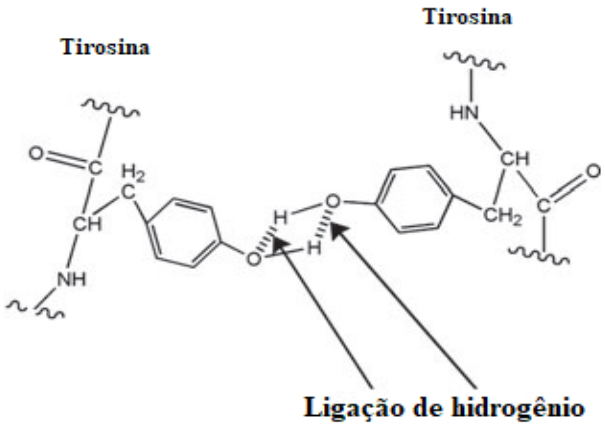
Figura 5. Esquema representando as ligações químicas presentes no cabelo: (1) Ligações hidrofóbicas; (2) Ligação de hidrogênio (3) Ponte salina ou ligação iônica (4) Ligação dissulfeto (5) Ligação peptídica



Fonte: Adaptado de POPESCU e HÖCKER (2007).

As ligações de hidrogênio são as mais numerosas no cabelo, apesar de relativamente fracas e facilmente rompidas pela água. Entretanto são essenciais para estabilidade da α-hélice **(Figura 6).**

Figura 6. Esquema da ligação de hidrogênio entre dois aminoácidos (Tirosina)

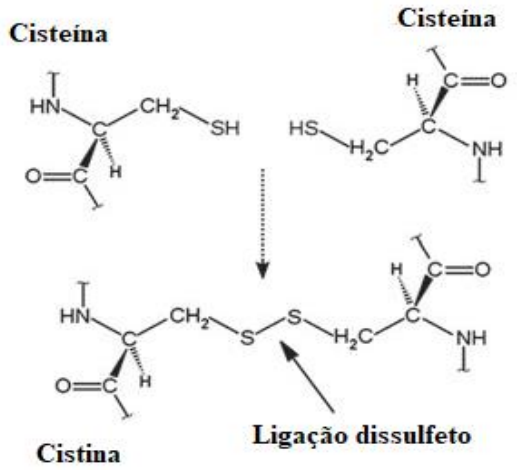


Fonte: Adaptado de MIRANDA-VILELA, BOTELHO e MUEHLMANN (2014).

3. REVISÃO DA LITERATURA

Outro tipo de ligação presente no cabelo são as dissulfeto (-S-S-), presentes nas cisteínas, aminoácido rico em enxofre (S). As ligaçãoes de dissulfeto são formadas através da redução de duas cisteínas em cistina, devido ao processo de oxidação e redução **(Figura 7)**. Sendo uma das principais ligações para manter a resistência e a forma da haste capilar.

Figura 7. Reação de oxi-redução da cisteína e a formação de cistina com a ligação dissulfeto



Fonte: Adaptado de MIRANDA-VILELA, BOTELHO e MUEHLMANN (2014).

As ligações intermoleculares presentes nos fios são responsáveis pela forma do cabelo e estabilidade estrutural da queratina, consequentemente, pela resistência mecânica e formato da haste capilar. Os procedimentos de alisamento/relaxamento atuam nestas ligações e alterando as propriedades dos cabelos (FRANCISCO; FRANÇA; JASINKI, 2007; FRANÇA, 2014).

O principal composto presente nos cabelos, como citado anteriormente, são as queratinas que podem ser divididas em dois tipos: I e II. As do primeiro tipo, possuem massa entre 40 a 48 kD e são ácidas com ponto isoelétrico 4,9 a 5,4; enquanto a tipo II são de básicas a neutras com ponto isoelétrico de 6,5 a 8,5, e sua massa varia de 58 a 65kD (MIRANDA-VILELA; BOTELHO; MUEHLMANN, 2014). Como descrito no item anterior **3.1** as queratinas, que estão dispostas como filamentos intermediários formam pares de heteropolímeros de tipo I e II.

Sendo distintas das presentes em outras regiões, como na pele que apresenta uma

3. REVISÃO DA LITERATURA

concentração menor de cisteína, e podem ser classificadas em queratina dura (cabelos) e mole (pele) (FRANCISCO; FRANÇA; JASINKI, 2007; MIRANDA-VILELA; BOTELHO; MUEHLMANN, 2014).

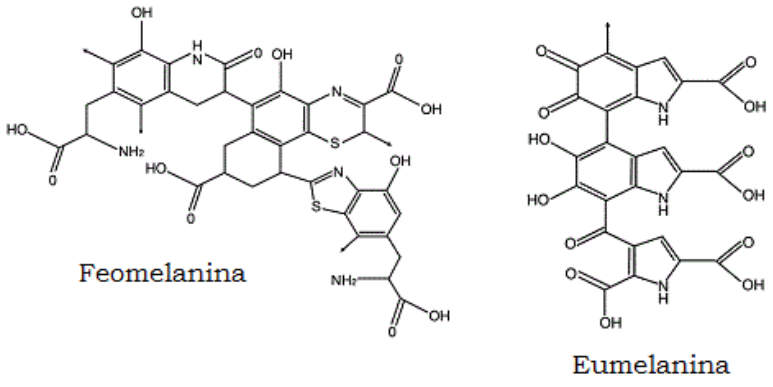
Além das proteínas, os *lipídeos* (ácidos graxos do tipo saturado (C14-C24), esteróis, as ceramidas, triglicérideos e glicolipídeos) presentes na estrutura da fibra capilar são responsáveis pelo brilho do cabelo e condicionamento (HALAL J, 2009).

Outro composto presente no cabelo são as *melaninas*, pigmentos com ação fotoprotetora e antioxidante, presente na haste capilar e que conferem a cor pela combinação dos seus tipos: *feomelanina* e *eumelanina* (**Figura 8**) (PILAWA; ZDYBEL; CHODUREK, 2017).

A ação das melaninas está associada a presença de um sistema extenso de carbonilas conjugadas e duplas ligações que em baixos comprimento de onda, absorve, filtra e dissipa a energia em forma de calor, protegendo as proteínas presentes nos cabelos. E quanto a ação antioxidante está associada a imobilização de radicais livres formados por aminoácidos fotossensíveis quando expostos à radiação, além de reter parte da radiação, levando a oxidação dos pigmentos (NOGUEIRA; JOEKES, 2004).

Como estão presentes somente no córtex, protegem a estrutura proteica e lipídica da oxidação (NOGUEIRA; JOEKES, 2004). Entretanto, não protegem a cutícula, acarretando maiores danos pela ação da radiação.

Figura 8. Estrutura da feomelanina e eumelanina, com as suas duplas ligações e as carbonilas conjugadas



Fonte: PILAWA, ZDYBEL e CHODUREK (2017)

3. REVISÃO DA LITERATURA

As melaninas são sintetizadas a partir de um aminoácido, a tirosina, que por sua vez é transformada em dopaquinona que é modificada em monômeros e se polimerizam para formar a feomelanina ou a eumelanina (**Figura 9**) (ROCHA; MOREIRA, 2007). A feomelanina atribui ao cabelo coloração que varia do amarelo ao vermelho, e a eumelanina, do marrom ao preto. Desta forma, a coloração do cabelo será de acordo com a proporção desses dois polímeros, caracterizando as etnias e características genéticas (POPESCU; HÖCKER, 2007).

Figura 9. Rota da síntese de feomelanina e eumelanina

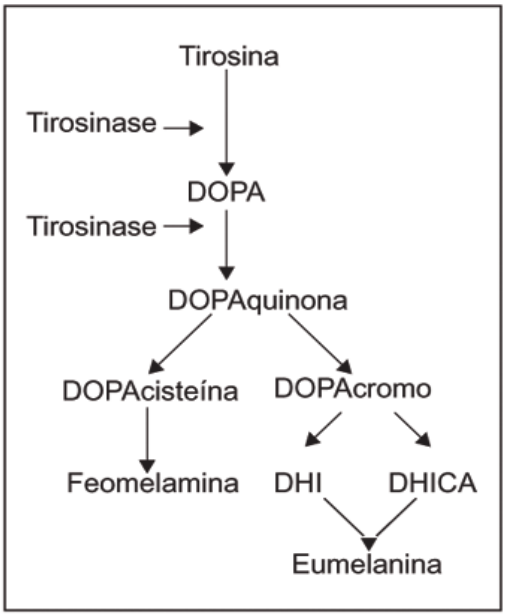


Figura 1 – *Biossíntese de melanina*

Fonte: ROCHA e MOREIRA (2007).

As diversas proporções de eumelanina e feomelanina resultam em colorações diferentes, os cabelos pretos apresentam 99% e 1% respectivamente. Já os cabelos castanhos e loiros apresentam uma quantidade menor de eumelanina (95%) em relação aos cabelos pretos e o restante em eumelanina. A coloração que apresenta a maior variação desses pigmentos é a ruiva que contem 33 % de feomelanina uma concentração superior as demais cores descritas (TORRES et al., 2005).

A combinação entre os dois tipos de melaninas oferece uma gama infinita de cores, do loiro mais claro ao preto (TORRES et al., 2005).

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.3 Danos na fibra capilar

As fibras capilares estão sujeitas a danos involuntários, resultantes do meio ambiente, como: poluição, umidade, vento, e a radiação solar, e danos voluntários como: uso de escova e pente, secador e piastra, tratamentos capilares como a descoloração, coloração com tinturas, alisamentos e relaxamentos (GRAY, 2001; AHN; LEE, 2002).

3.3.1 Radiação Solar

A radiação solar é um dos principais causadores de danos aos fios capilares, contribuindo na mudança da coloração natural e/ou adquirida. Desta forma, leva a degradação de proteínas, pigmentos e lipídios, e ocasionam a modificação das propriedades físicas e químicas, deixando-os mais secos, menos resistentes, ásperos, opacos e mais rígidos (NOGUEIRA; JOEKES, 2004).

O sol é responsável por emitir um espectro de radiação que atinge a superfície terrestre, compreendendo parte da radiação ultravioleta (UV) (280-400 nm), visível (Vis) (400-700 nm) e infravermelha (IV) (750-2800 nm) (NARAYANAN; SALADI; FOX, 2010; SCHUCH et al., 2013).

A radiação UV pode ser subdividida em três faixas, de acordo com o comprimento de onda: UVA (315-400 nm), UVB (280-315 nm) e UVC (100-280 nm). A camada de ozônio é capaz de bloquear a entrada da radiação UVC, permitindo a passagem de 1 a 10% da UVB e de 90 a 99% da UVA (NARAYANAN; SALADI; FOX, 2010; SCHUCH et al., 2013).

A radiação UVB permanece nas cutículas, portanto penetra menos na haste capilar do que a radiação UVA, que atinge o córtex do cabelo. Quando o cabelo é exposto à radiação solar, os cromóforos (aminoácidos triptofano e tirosina e as ligações de dissulfetos) das proteínas do cabelo absorvem na faixa do UVB e não do UVA ou visível. Por este motivo, a radiação UVB está associada diretamente a perda proteica, devido a degradação dos aminoácidos das cutículas (SEBETIĆ et al., 2008).

Através da análise de aminoácidos foi possível concluir que o dano nas camadas mais externas, cutícula, é mais exacerbado do que no córtex, levando a uma maior degradação das proteínas, pois a cutícula não possui pigmentos, as

3. REVISÃO DA LITERATURA

melaninas, como fotoprotetores, diferentemente do córtex (HOTING; ZIMMERMANN; HILTERHAUS-BONG, 1995)

O triptofano, dentre todos os cromóforos, absorve a radiação UVB de forma mais significativa, sendo utilizado como marcador de fotodegradação da fibra capilar, principalmente na cutícula onde ocorre maior degradação proteica (DYER et al., 2010; FERNÁNDEZ et al., 2012; DARIO, 2016). Esta exposição excessiva à radiação solar na cutícula pode levar a formação de pontas duplas na haste do cabelo (SEBETIĆ et al., 2008).

Por outro lado, a radiação UVA está associada à despigmentação da fibra capilar devido às reações foto-oxidativas que ocorrem, em função da formação de espécies reativas de oxigênio (EROS) como $O_2^{\bullet}$ e $H_2O_2^{\bullet}$ (KIRSCHENBAUM; QU; BORISH, 2000; LOCKE; JACHOWICZ, 2006). Para que as EROS não atinjam a matriz queratinizada, as melaninas (eumelanina e/ou feomelanina) são oxidadas e ocasionam a degradação destes pigmentos e ocorre a descoloração dos (NOGUEIRA; JOEKES, 2004). A radiação UVA, também, podem degradar pigmentos das tinturas capilares e ocorrer efeitos de alteração de tom e desbotamento da cor, ou mesmo sua alteração total. A formação dos radicais livres, também, atinge a matriz proteica e contribui para sua fragilização.

O dano mais significativo da radiação solar envolve a redução da resistência mecânica da fibra capilar, devido à quebra das ligações dissulfídicas que conferem resistência da fibra pela manipulação, como uso de pentes e escova (DRAELOS, 2008).

De acordo com Nogueira e Joekes (2004) a região que as queratinas e as melaninas absorvem a maior radiação é em torno de 313nm.

As diferentes colorações de cabelo estão relacionadas a variação na proporção dos dois pigmentos (eumelanina e feomelanina), portanto o efeito das radiações pode ser diferente em cada tipo de cabelo. Desta forma, cabelos escuros possuem aminoácidos mais fotossensíveis do que os cabelos de coloração mais clara, sendo assim, geralmente, os cabelos mais escuros apresentam maior perda proteica (SEBETIĆ et al., 2008).

3. REVISÃO DA LITERATURA

A partir do exposto, qualquer forma de proteção da haste, como o uso de bonés, chapéus, guarda-sol, lenços e protetores capilares com componentes ativos. que interajam com a radiação solar, como flavonoides e formadores de filme auxiliam na proteção da haste e minimizam o dano da radiação UV (SEBETIĆ et al., 2008).

3.3.2 Dano Térmico

Na busca para modificar os cabelos de forma mais rápida e/ou temporária, equipamentos como secadores, piastra e *babyliss* são muito utilizados. Entretanto, dependendo da temperatura e a proximidade desses dispositivos à fibra capilar, podem acarretar danos. Consequentemente, à medida que se aumenta a temperatura e o tempo de contato maior o dano à cutícula, ou seja, cabelos secos a 60°C terá menos dano do que a 95°C (LEE et al., 2011).

Geralmente, não é observado danos no córtex do cabelo, uma vez que a camada superficial serve como uma barreira. Entretanto, se este processo for repetido inúmeras vezes podem ocorrer à degradação das cutículas, causando danos no córtex (LEE et al., 2011).

A piastra (“chapinha”) e o *babyliss*, por atingirem temperaturas maiores entre 180 a 220º C, e estarem em contato direto com as fibras capilares podem atingir o córtex mais facilmente.

Além disso, os diferentes tipos de cabelo reagem de forma diferente à ação da temperatura, sendo possível observar que cabelos com alguma curvatura apresentam maior dano do que os lisos quando expostos a dispositivos geradores de calor, sendo os cabelos afro-étnicos os mais sensíveis de todos (REID, 2017). Portanto, quando os cabelos são alisados quimicamente e/ou fisicamente devido essa diferença de diâmetro (cabelos com ondulações) ao longo do mesmo fio, facilita-se a quebra do fio (DIAS, 2015).

3.3.3 Alisantes/relaxantes

Os alisantes e relaxantes da fibra capilar podem ser divididos em duas categorias: *temporários* e *definitivos*. O primeiro está associado à água, e as interações, ligações presentes nos cabelos que são desfeitas quando em contato

3. REVISÃO DA LITERATURA

com a mesma. Principalmente, as ligações de hidrogênio, sendo possível observar quando o cabelo está molhado que sua forma se modifica.

A porosidade da fibra capilar é em torno de 20%, permitindo que em contato com água o seu peso aumente de 12 a 18%. A absorção de água ocorre em uma velocidade rápida, em aproximadamente 4 minutos, cerca de 75% da capacidade máxima de água no cabelo já foi atingida, levando ao intumescimento da fibra capilar que desfaz várias ligações citadas acima (ROBBINS, 2012).

Assim, os cabelos podem ser remodelados em um processo mecânico que emprega força e calor, utilizando a escova, secador de cabelo e/ou a “piastra”, de forma que os fios fiquem alinhados e lisos, entretanto neste tipo de alisamento quando em contato com a água os fios retornam na conformação anterior (DIAS et al., 2007).

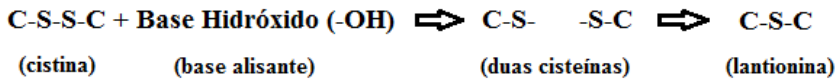
O segundo consiste em uma reação química, principalmente, relacionada a quebra das ligações dissulfídicas do cabelo e seu rearranjo (DIAS et al., 2007), de forma que os cabelos não retornam a sua conformação original quando em contato com a água. E dentro desse tipo de alisamento existem duas classes: *básicos* e *ácidos*.

Os *alisantes básicos* são à base de: hidróxidos de sódio, potássio e lítio, carbonato de guanidina, bissulfitos e os tióis. Possuem como principal mecanismo de ação a interação com a queratina, quebrando as ligações estruturais do cabelo que podem então ser rearranjadas, de forma a deixar o cabelo liso, sem ondulações (HARRISON; SINCLAIR, 2003; DIAS et al., 2007; ROBBINS, 2012). O pH elevado (9,0-14,0) das formulações alisantes leva ao intumescimento do fio e acarreta em elevação do *frizz* e a diminuição da força e resistência do fio (DIAS, 2015).

Os alisantes a base de hidróxidos possui como principal mecanismo de ação, o processo determinado “lantionização” (**Figura 10)**. Neste processo o íon hidroxila (OH^-), ao penetrar na cutícula, reage com as pontes de dissulfeto, formando o ácido sulfênico, sendo um produto instável, ocorrem reações subsequentes que levam a formação da lantionina que estabiliza a nova forma. A principal diferença entre a cistina e a lantionina é que a última apresenta um átomo de enxofre, enquanto o primeiro dois. Essa transformação acarreta em uma redução de resistência mecânica (DRAELOS, 2008; DIAS, 2015).

3. REVISÃO DA LITERATURA

Figura 10. Reação de lantionização



(1)

Fonte: Adaptado de DIAS (2015).

Os alisantes baseados nos tióis apresentam como representantes o tioglicolato de amônio ou de etanolamina. O tioglicolato tem como principal mecanismo de ação a redução das ligações dissulfeto, deixando os íons negativamente carregados e facilitando atingir a forma desejada, dada pelo penteado manual (força física). Após o processo de alisamento, utiliza-se um agente oxidante (pH 8,0-10,0) como o peróxido de hidrogênio ou bromato de sódio, para formar novas ligações dissulfetos, configurando o novo formato do cabelo alisado (DRAHL, 2010).

Os *alisantes ácidos* são a base de: formaldeído, glutaraldeído e ácido glioxílico e seus associados, os quais liberam aldeídos quando aplicado nos fios e aquecidos (DIAS, 2015). Inicialmente, utilizavam o formaldeído, mas o seu uso como alisante foi proibido pela ANVISA, devido ao seu alto risco ocupacional aos usuários e profissionais de beleza (BRASIL. ANVISA. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILâNCIA SANITÁRIA, 2012). O glutaraldeído, também teve o seu uso proibido, pelo risco e as reclamações dos consumidores quanto aos efeitos: irritação e ardor nos olhos. Desta forma, surgiram os alisantes liberadores de formaldeído, como o ácido glioxílico e seus derivados como alternativa.

Os alisantes ácidos possuem aldeídos na sua composição, compostos carbonílicos como parte estrutural ativa que interagem com o cabelo. O mecanismo mais provável deste alisante é o ataque nucleofílico pelos nucleófilos situados no final da cadeia de alguns aminoácidos da queratina que possuem compostos como enxofre, oxigênio e nitrogênio (BOGA et al., 2014)

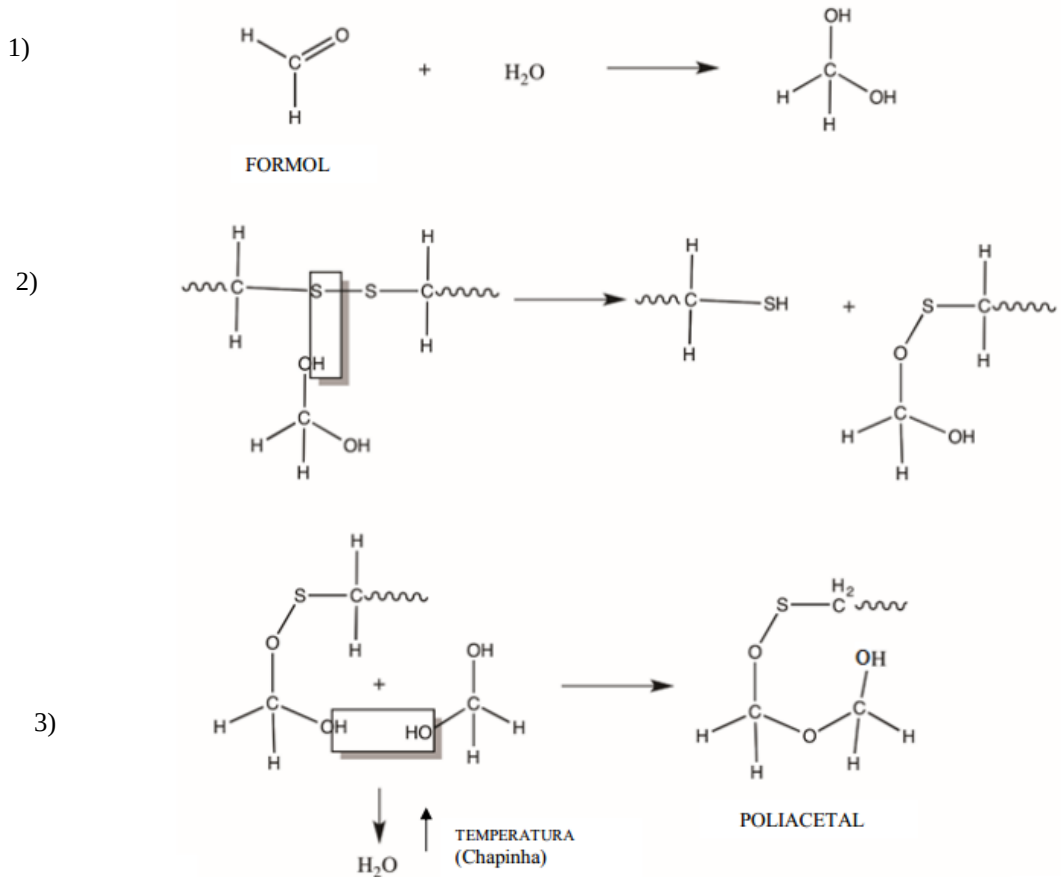
No estudo realizado por Boga (2014) foi demonstrado que no alisamento com ácido glioxílico ocorrem rearranjos na estrutura secundária da queratina, provavelmente, pela formação de novos compostos, não usuais no cabelo, como hemitioacetais, hemiacetais e iminas. Foi comprovado que esse rearranjo ocorre majoritariamente no córtex da haste capilar, e que ocorre também mudanças

3. REVISÃO DA LITERATURA

conformacionais na queratina de α-hélice para β-folha (BOGA et al., 2014; TADDEI et. al., 2015)

Outro estudo realizado por COLENCI (2017) propõe mecanismo de ação para o formaldeído (formol) (**Figura 11**), a partir da formação de um polímero, poliacetal, no qual é formado quando o formol entra em contato com o cabelo, e ocorre o aquecimento das mechas (~200ºC) com o uso de piastras. Pois, é necessário que ocorra a remoção da água presente no cabelo, e o fornecimento de energia para que a formação do filme. A fibra capilar polimerizada pode adquir as características do poliacetal como: maior rigidez, brilho e resistência a umidade (hidrofóbico), e que impede a interação com o meio externo, deixando o fio ressecado no interior.

Figura 11. Mecanismo proposto para o formaldeído



Legenda: **1)** Reação do formol com água formando o composto geminal; **2)** Interação deste composto com o cabelo; **3)** Em alta temperatura ocorre a polimerização deste composto formando o poliacetal.

Fonte: COLENCI (2017).

3. REVISÃO DA LITERATURA

Uma vez que não existe um mecanismo proposto para o ácido glioxílico associado a carbocisteína, é possível considerar uma associação entre eles, uma vez que este ingrediente alisante apresenta o ácido glioxílico na sua composição, que pode levar a liberação de aldeídos como o formaldeído e justifica as observações que foram realizadas sobre sua ação. Associando todos os mecanismos, temos a formação de compostos não usuais ao cabelo que podem causar modificações na estrutura do cabelo e a formação de filme hidrofóbico.

Até o momento, o ácido glioxílico associado à carbocisteína e aminoácidos, é o único alisante ácido permitido pela ANVISA, está em consulta pública a liberação de outros alisantes.

3.4 Influência do pH

Em 1909, a escala de potencial de hidrogênio, mais conhecido como pH foi introduzida, sendo capaz de indicar se determinada substância, meio ou produto é neutro, básico ou ácido, através da quantificação dos íons de hidrogênio (H^+ou H_3O^+). Utilizando uma equação com logaritmo comum, na base 10 (**Equação 1**) (ATKINS et al., 2011).

Equação 1. Equação para o cálculo do pH.

$$pH = - \log [H_3O^+] \quad (1)$$

Fonte: ATKINS (2011).

Na equação é possível observar que o pH é inversamente proporcional a concentração dos íons de H_3O^+, portanto quanto maior a quantidade de íons menor o valor de pH. Considerando que o pH é o logaritmo comum negativo da concentração do íon H_3O^+ e, desta forma, a variação de uma unidade de pH na verdade modificou por um fator 10.

Considerando que o couro cabeludo apresenta valor de pH em torno de 5,5 e as fibras capilares em torno de 3,67.

Um produto com pH mais alcalino eleva a quantidade de cargas negativas da superfície do cabelo e consequentemente, aumentando a fricção (DIAS et al., 2014).

Entretanto, um produto com valor de pH mais ácido (~4,0) pode levar ao selamento das cutículas, porém neste pH pode ocorrer a degradação de proteínas também.

3.5 Análises mecânicas e químicas

Para avaliação das variações das propriedades mecânicas e químicas das fibras capilares submetidas a tratamentos químicos como o alisamento/relaxamento, uso do secador de cabelo e/ou da piastra e exposição à radiação solar, muitos trabalhos científicos utilizam diversas técnicas que podem incluir, análise das propriedades mecânicas, análise colorimétrica, brilho, a quantificação de aminoácidos, análise térmica e de imagem.

3.6 Análise Mecânica

A literatura científica menciona diversos trabalhos que avaliam as variações das propriedades mecânicas das fibras capilares, como a facilidade de pentear o cabelo (*penteabilidade*) e a resistência à tensão/deformação (*tração à ruptura*).

A fim de avaliar o estado da camada mais externa, a *cutícula*, da fibra capilar, duas características são as principais, a penteabilidade e o atrito. Devemos considerar que quanto mais as cutículas estiverem alinhadas e íntegras, características como maciez, brilho, *frizz* serão melhores (LATORRE; BHUSHAN, 2006).

A tribologia, ciência que estuda a interação entre duas superfícies, relaciona o aumento de *frizz* nos cabelos de acordo com a quantidade de carga negativa (LATORRE; BHUSHAN, 2006), que aumenta por inúmeros motivos como: condições ambientais, movimento de passar as mãos nos cabelos e uso de pente de cabelo (plástico). Um dos testes utilizados para avaliar o estado da cutícula é o *teste de penteabilidade*, o qual calcula o trabalho total para pentear a mecha de cabelo. Sendo possível observar se mechas tratadas com algum produto químico ou que sofreu danos, aumenta ou diminui este valor. As propriedades mecânicas dos cabelos está estreitamente relacionada à geometria e ao estado de conservação dos

3. REVISÃO DA LITERATURA

fios, um a vez que as cutículas estiverem seladas esse valor será menor (DARIO, 2016).

Quanto à avaliação da resistência do fio, podemos definir a haste capilar como material *elástico*, no qual quando se deforma sob uma força tensora e retorna à sua forma original quando esse é removido. Entretanto, existe um limite elástico que é a relação entre o estresse máximo e a tensão necessária para ocorrer à quebra. O material pode deformar-se irreversivelmente, o que caracteriza a plasticidade. Cada deformação elástica está associada, proporcionalmente, a um valor de tensão, que reflete sua tendência de recuperar sua condição normal. A unidade dessa tensão é expressa em força por unidade de área (F/A)(GARCIA; DIAZ, 1976).

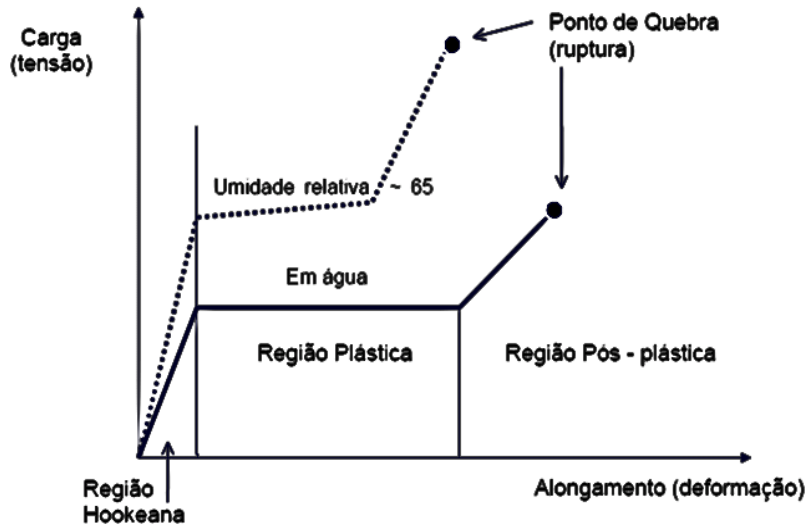
Em um fio de cabelo, observa-se a existência de três fases distintas até o seu rompimento: região até 3% de alongamento, denominada *região* Hookeana, entre 3 e 30% conhecida como *região plástica*; e acima de 30% *região pós-plástica* (**Figura 13)**. Nas três regiões, ocorre a conversão da estrutura interna de α-queratina à β-queratina, de cadeias arranjadas em padrões compactos em cadeias completamente expandidas(GARCIA; DIAZ, 1976). Os fios de cabelo danificados podem apresentar uma modificação na conformação desse gráfico de três fases.

O valor da carga necessária para atingir a região plástica depende da coesão entre as α-queratinas. Todos os fatores que diminuem esta coesão fazem com que a carga necessária para esta transição diminua (FRANÇA, 2014).

Na **Figura 12** foi comparado um fio com umidade de 65% (linha pontilhada) e um fio em contato com água (linha continua). Foi possível observar que o cabelo molhado inicia a região plástica aproximadamente com a metade da carga, em comparação ao cabelo seco. Desta forma, o cabelo em contato com a água alonga mais, porém necessita de uma carga (força) menor para romper o fio, pois em presença de água ocorre interação nas ligações de hidrogênio onde muito delas são rompidas, acarretando em uma maior maleabilidade do fio (NOGUEIRA; JOEKES, 2004; DIAS, 2015).

3. REVISÃO DA LITERATURA

Figura 12. Curva típica de tensão-deformação de cabelos em água e a 65% de umidade relativa



Fonte: GARCIA e DIAZ (1976).

Para avaliação desta propriedade, utiliza se o teste de *tração à ruptura* dos fios, que está associado, também, ao diâmetro da fibra capilar, que varia de 15 a 120 mm e ao córtex, que representa 75% da área total da fibra capilar (POZEBON; DRESSLER; CURTIUS, 1999). Portanto, qualquer dano nesta região influência diretamente no diâmetro do fio mas, também, pode estar relacionado com a alteração externa, pois a diminuição no número de camadas que compõem as *cutículas*, também, pode influenciar no valor do diâmetro (FRANÇA, 2014), por isso a importância em medir o diâmetro do fio antes do teste.

Muitos pesquisadores utilizam o equipamento MTT175 da Diastron® que consegue medir esses parâmetros, tanto quanto a penteabilidade (Trabalho total) como para a tração à ruptura. Juntamente, com o auxílio de um micrômetro para medir o diâmetro da fibra capilar que influência na medida da força de tração (DARIO, 2016).

Estudos realizados por Gama (2010) utilizando o equipamento MTT175 Diastron® para o teste de penteabilidade indicaram que cabelos coloridos com tintura oxidativa de coloração loiro claro necessitou de trabalho (J) maior para pentear que o cabelo virgem. Comportamento inverso foi observado quando foi adicionado um

agente condicionador como o pantenol (*panthenol)* na tintura oxidativa no momento da aplicação (GAMA, 2010).

Outro estudo realizado por França utilizando o mesmo equipamento para o teste de tração à ruptura foi possível constatar que se obteve um ganho na resistência de aproximadamente 11% nos fios tingidos, quando comparado com os fios virgens. Esta resposta sugeriu que ocorreu aumento na massa do córtex devido à deposição dos polímeros (pigmentos). Por outro lado, cabelos alisados tanto com tioglicolato de amônio, hidróxido de guanidina e hidróxido de sódio apresentaram redução nesta resistência e com menor força os fios se romperam (FRANÇA, 2014).

Desta forma, testes mecânicos como os citados anteriormente são imprescindíveis para avaliar o real estado da fibra capilar.

3.7 Análise Colorimétrica

As análises colorimétricas são realizadas por meio de instrumentos precisos que utilizam sistemas tridimensionais para leitura e quantificação das cores de forma que a cor medida tenha um valor numérico específico.

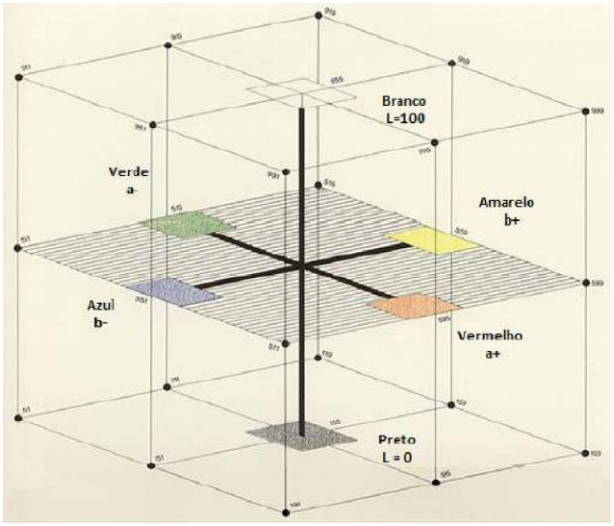
Em 1976 foi criado o sistema CIE **L * a * b *,** utilizando três novos valores de referência o L*, a* e b*. O objetivo desta transformação foi obter uma classificação numérica das diferenças de cor (MCLAREN, 2008).

O valor **L*** representa a luminosidade e este parâmetro possui valores de **L** que variam entre 0 a 100, do preto para o branco respectivamente, **a*** representa a variação entre as tonalidades vermelho e verde, no qual valores positivos indicam tonalidades mais avermelhadas e os valores negativos as esverdeadas e **b*** é a variação entre as tonalidades azul e amarelo, com valores positivos para a mais azulada e valores negativos para a mais amarelada(NOGUEIRA; JOEKES, 2004; MCLAREN, 2008).

O diagrama está disposto em ângulos cromáticos **(a* e b*)** retos em duas direções, criando ângulos retos em relação ao eixo acromáticos **(L*),** conforme representado na **Figura 13**.

3. REVISÃO DA LITERATURA

Figura 13 Diagrama CIE **L*a*b***



Fonte: COLORSYSTEM (2017).

Utilizando os parâmetros **L * a * b *** obtiveram-se equações, a fim de calcular a diferença de valores entre os cabelos tratados e não tratados. Onde DL* significa a diferença de luminosidade **(Equação 2a)**, Da* diferença na coordenada vermelho a verde **(Equação 2b)**, Db* a diferença na coordenada amarelo a azul **(Equação 2c)** e DE* a diferença total de cor **(Equação 2d)** (LOCKE; JACHOWICZ, 2006).

Equação 2. Cálculo dos parâmetros de cor de acordo com o sistema CIELAB.

$$\mathbf{DL^*} = L^*_{(final)} - L^*_{(inicial)} \quad [a]$$

$$\mathbf{Da^*} = a^*_{(final)} - a^*_{(inicial)} \quad [b]$$

$$\mathbf{Db^*} = b^*_{(final)} - b^*_{(inicial)} \quad [c]$$

$$\mathbf{DE^*} = \{(\mathbf{DL}^*)^2 + (\mathbf{Da^*})^2 + (\mathbf{Db^*})^2\}^{1/2} \quad [d] \qquad (2)$$

Fonte: LOCKE e JACHOWICZ (2006).

Muitos pesquisadores utilizam estes parâmetros para avaliar se ocorreu a modificação de cor nas mechas, como no estudo realizado por Dario em que mechas tratadas com nanoemulsão contendo quercetina acarretou na ação protetora dos fios, enquanto que as mechas sem o produto tiveram uma mudança significativa no valor de **DE** (diferença total de cor) (DARIO, 2016).

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.8 Análise de Brilho

Uma das características mais buscada pelos consumidores é a obtenção de brilho nos cabelos, sendo um dos *claims* mais buscados em produtos no mercado de *hair care*. Por isso, o grande interesse das indústrias de cosméticos, para o desenvolvimento de tratamentos com o intuito de aumentar o brilho nos cabelos. Tornou-se necessário o estudo deste parâmetro que há muito tempo era realizado por *experts* da área, mas não de forma quantitativa (LEFAUDEUX et al., 2009).

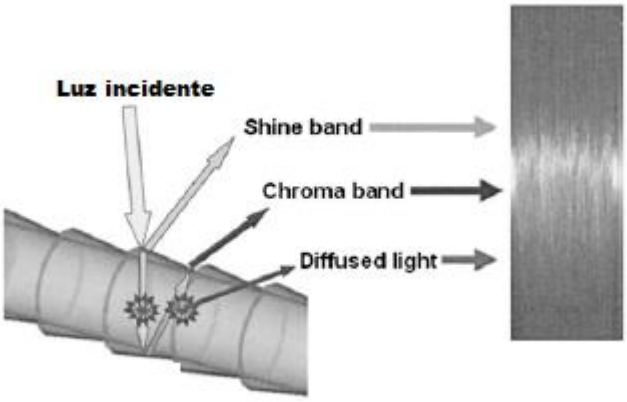
Existem diversos métodos para avaliar o brilho capilar, principalmente associados a medida da luz dissipada, o goniofotômetro é um exemplo de equipamento que mede a luz emitida por objetos. Para análise dessa característica, é importante associar a parte quantitativa, mas também a imagem obtida (LEFAUDEUX et al., 2010). O sistema óptico de imagem é de extrema importância uma vez que consegue relatar tanto os valores como a aparência.

O cabelo possui uma aparência única, podendo ser considerada transparente e parcialmente absortiva na parte da cutícula. É possível afirmar que este visual vem de três diferentes interações com a luz (**Figura 14**) 1) *Shine band* - definido pela reflexão da luz na superfície da fibra capilar, a largura da banda está associada pelas irregularidades da superfície (*roughness*), esta banda é branca 2) *Chroma band* - é formada pela refração da luz incidente e pela reflexão da superfície de trás, como atravessa a fibra essa banda possui coloração, sendo mais larga que a *shine band* 3) *Diffused light* – é composta pela luz que é refratada no cabelo e dissipada pelos pigmentos e outros compostos do córtex, é colorida, entretanto como ocorre a dissipa-ção, não aparece na forma de banda como os outros dois (LEFAUDEUX et al., 2009).

Um dos equipamentos amplamente utilizado é o Colour Hair Visual Appearance Study System - SAMBA Hair System® que utiliza os parâmetros descritos anteriormente, sendo composto por uma iluminação polarizada, uma câmera de polarização e um cilindro para colocar as amostras. Esta composição permite medir tanto a luz polarizada quanto a não polarizada.

3. REVISÃO DA LITERATURA

Figura 14. Representação das três diferentes interações da luz com o cabelo



Fonte: Adaptado de LEFAUDEUX et al.(2009)

Um parâmetro muito utilizado é o *luster* que descreve o estado e a qualidade do brilho, fortemente associada a qualidade e a beleza do objeto. Está associada a três parâmetros: a quantidade de luz especular (quanto maior a luz maior o brilho), a distribuição e largura da luz refletida (quanto mais definida e concentrada a luz refletida) e maior será o brilho e a quantidade de luz no fundo, quanto mais escuro maior será o brilho (maior o contraste)(LEFAUDEUX et al., 2009).

Existem diversas fórmulas para calcular o brilho, as mais utilizadas são as de Reich-Robbins, TRI, Stamm e Guiolet (**Equação 3**).

Equação 3. Fórmulas do métodos Reich-Robbins, TRI, Stamm e Guiolet para calcular o brilho

$$L_{Reich-Robbins} = \frac{S}{D * \theta_{1/2}} \qquad L_{TRI} = \frac{S}{S+D}\frac{\theta_{ref}}{\theta_{1/2}} \qquad (3)$$

$$L_{Stamm} = \frac{S-D}{S} \qquad L_{Guiolet} = \frac{S}{D}$$

Legenda: L- brilho, S – quantidade de luz espectral, D- quantidade total de luz difusa e Θ a largura da luz especular .

Fonte: LEFAUDEUX (2009).

3. REVISÃO DA LITERATURA

Quanto mais uniforme as camadas superficiais da cutícula, maior a reflexão da luz, ou seja, maior o brilho. Portanto, nos permite avaliar as condições externas do fio, indicando qual tipo de tratamento causa mais dano à superfície do cabelo e/ou deixa o fio mais alinhado (ROBBINS, 2012). A disposição das cutículas de forma uniforme ocasiona maior reflexão da luz e, portanto, maior brilho, um dos atributos mais esperados pelos usuários de produtos capilares.

3.9 Quantificação de triptofano

Os aminoácidos são um dos principais componentes da fibra capilar, sendo um dos grandes indicativos de danos na haste capilar. A quantificação destes aminoácidos demonstra possíveis danos na totalidade da fibra, uma vez que estão diretamente associados com a estrutura capilar. Desta forma, qualquer procedimento que danifique as proteínas do cabelo poderá ser detectado com esta análise.

Além disso, a quantificação do aminoácido, triptofano, pode ser associado a fotodegradação, uma vez que este aminoácido é um ótimo marcador por ser muito fotossensível (SEBETIĆ et al., 2008; DARIO et al., 2017).

Esta quantificação pode ser feita através de um método desenvolvido por Dario com uma digestão alcalina, com tempo ideal de 72 horas para a degradação da estrutura proteica e liberação do triptofano, determinado experimentalmente, pois este aminoácido degrada-se em meio alcalino, posteriormente foi quantificado utilizando cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) (RUTHERFURD; RICHARDSON; MOUGHAN, 2015; DARIO et al., 2017).

3.10 Calorimetria exploratória diferencial (DSC)

A Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC) faz parte de conjunto de técnicas denominadas de análise térmica. Consiste no cálculo da diferença de energia fornecida para a referência e a amostra, em função da temperatura de forma controlada. Utiliza-se dois cadinhos que pode ser de diversos materiais (platina, alumínio) fechada, aberta ou semiaberta, um com a amostra a ser analisada e outra com a referência (normalmente o cadinho vazio) (LIMA et al., 2018).

3. REVISÃO DA LITERATURA

Este método possui diversas aplicações, e pode ser utilizado em inúmeros materiais como fármacos, metais, materiais biológicos como, o cabelo.

Existem diversos estudos de DSC a fim de analisar as fibras capilares, os principais parâmetros são a temperatura de pico (T) e a entalpia (ΔH). Existem duas metodologias bem estabelecidas para a análise de cabelo, DSC a seco ou molhado.

DSC a seco (*dry*): as amostras são colocadas em cadinhos semiabertos e ao serem aquecidos perdem inicialmente a água presente na haste capilar, apresentando o primeiro pico na faixa de 70-100ºC e consequentemente a entalpia de desidratação, o que pode ser associado ao grau de hidratação do cabelo. E um segundo evento em torno de 230ºC (temperatura de pico) associado a denaturação da α-hélice e pirólise do cabelo e apresenta, também, um valor de entalpia (MILCZAREK; ZIELINSKI; GARCIA, 1992; ISTRATE; POPESCU; MÖLLER, 2009; POPESCU; GUMMER, 2016; LIMA et al., 2018) .

No entanto, o DSC molhado (*wet*) no qual o cabelo (amostra) fica totalmente imerso na água durante a análise em um cadinho hermeticamente fechado. Apresenta somente um evento em torno de 150 graus, relacionado à denaturação da α-hélice da queratina. A principal diferença entre esses dois métodos é que no DSC molhado os eventos de denaturação e pirólise são separados (LIMA et al.,2018; POPESCU; GUMMER, 2016) e não apresenta o pico da água, uma vez que o cabelo não sofre a perda do mesmo.

Através do método de DSC é possível avaliar a integridade dos filamentos intermediários através da quantidade de energia necessária (Entalpia) em cada evento, como no principal evento analisado a denaturação da α-hélice, desta forma a variação dessa energia demonstra o estado da haste capilar, como foco no córtex.

Inúmeros estudos foram realizados para o estudo da integridade da haste capilar. Em 2005, um estudo realizado com mechas descoloridas e em contato com o cloro, quando comparadas com as mechas virgens apresentaram aumento no valor de temperatura de pico de denaturação o que pode estar associado ao fato desses dois processos aumentarem as interações iônicas, acarretando em uma maior estabilidade da estrutura de queratina e portanto, modificando a temperatura de denaturação. Por outro lado, os valores de entalpia diminuíram demonstrando que as mechas tratadas necessitaram de menos energia para desnaturarem as

proteínas, o que é um indicativo de dano nas hastes (MONTEIRO; MACIEL; LONGO, 2005).

3.11 Espectroscopia de Raman

A técnica denominada Raman, observada experimentalmente em 1928 por Chandrasekhara Venkata Raman, na Índia, tem como principal objetivo a identificação de compostos. A técnica funciona com o uso de feixe de luz monocromático (comprimento de onda específico) que quando atinge a amostra, é espalhada por ele, gerando luz de mesma energia ou de energia diferente da incidente (FARIA, 2011).

O que possui valor para essa análise é essa diferença de energia, entre a radiação incidente e a espalhada, o que corresponde à energia em que os átomos presentes na região atingida, estão vibrando, com isso é possível saber como estes átomos estão ligados entre si, informações de geometria molecular, e sobre como as espécies químicas interagem entre si e o meio ambiente (FARIA, 2011).

Devido às estas possibilidades, é muito utilizada para identificação de compostos, e diferenciação de substâncias, até mesmo de polimorfos, compostos que apresentam a mesma fórmula química, mas estruturas diferentes.

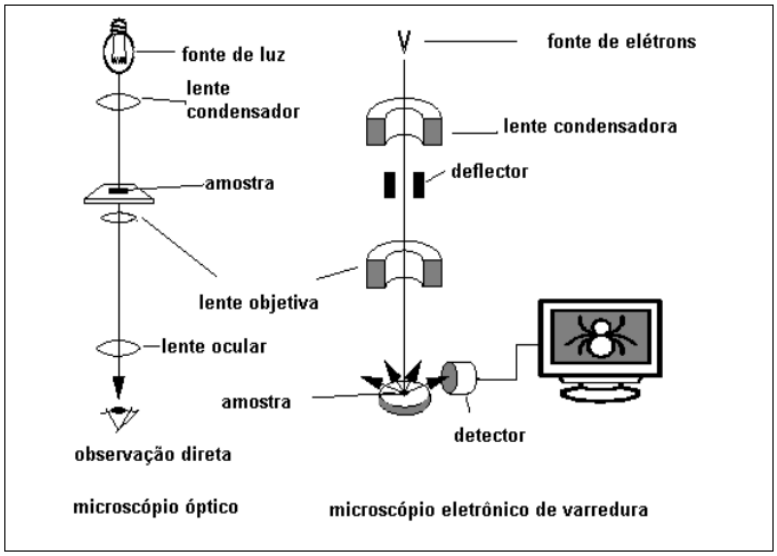
Como os compostos analisados, geralmente são complexos, não emitem somente uma vibração, mas sim várias radiações de frequências diferentes e intensidades e formam espectros (em unidade de número de onda cm-1), cada composto até mesmo polimorfos apresentam gráfico específico (FARIA, 2011).

3.12 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

A microscopia eletrônica de varredura consiste na emissão de feixes de elétrons por um filamento capilar de tungstênio (eletrodo negativo), com a aplicação de uma diferença de potencial (ddp) de 0,5 a 80 kV (**Figura 15**). Através dessa variação de voltagem ocorre a variação da aceleração dos elétrons, provocando o aquecimento do filamento (TOMES et al., 2007). Sendo capaz de produzir imagens de alta ampliação de até 300.000 vezes e uma resolução entre 3nm e 20nm.

3. REVISÃO DA LITERATURA

Figura 15. Esquema do Microscópio Eletrônico de Varredura



Fonte: DEDAVID, GOMES e MACHADO (2007).

A imagem eletrônica da MEV é formada pela incidência do feixe de elétrons citado anteriormente sob a superfície da amostra, no vácuo. Quando ocorre a interação entre os elétrons e a amostra uma parte do feixe sofre reflexão na forma de elétrons secundários (SE-Secondary Electrons) e retroespelhados (BSE-Back Scattering Electrons). Para obter a imagem, a amostra precisa ser vaporizada de forma que se obtenha uma fina camada de metal sobre ela, para que a amostra emita elétrons. Podem ser utilizados metais como: ouro, platina e pó de carbono, entre outros, para o revestimento. Desta forma a imagem eletrônica da MEV é representada em tons de cinza através da contagem e o mapeamento de SE e BSE emitidos pela amostra analisada. Além disso, emite também raios-X que fornecem a composição química elementar de um ponto ou uma região da superfície sendo possível identificar os elementos da superfície do material (DEDAVID; GOMES;MACHADO, 2007; TOMES et al., 2007).

Este equipamento pode ser utilizado para avaliar propriedades das características da haste capilar, como: aparência externa da haste capilar, deposição de partículas na superfície, afinidade por substâncias e possíveis alterações estruturais e morfológicas (TOMES et al., 2007; VELASCO et al., 2009).

4 Material e Métodos

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Lista de Materiais

4.1.1 Equipamentos e Acessórios

- Balança Analítica OHAUS® Modelo ARD110
- Balança analítica Shimadzu® AUY220
- Banho de aquecimento Nova Ética® Modelo 500/3D
- Banho de Ultrassom Unique® UltraCleaner 1600 A
- Câmara de radiação Suntest CPS+ Atlas® (Lâmpada de Xenônio)
- Cabelo Ondulado virgem castanho escuro, DeMeo Brothers®
- Chapa de aquecimento Ika® C-MAG HS 7
- Colorímetro (Chroma Meter) CR-400 Konica Minolta®
- Cromatógrafo Líquido Shimadzu20A® com Coluna C18 Phenomenex Luna®
- MTT 175 e acessórios Dia-stron®
- Escova de cabelos Ricca®
- Espectrofotômetro ThermoScientific® Evolution 600 UV-Vis (Cubetas de quartzo com 1cm de caminho óptico)
- Estufa Nova Ética®
- Filtro Milipore Merck®
- Micrômetro Mitutoyo®
- Microscópio Eletrônico de Varredura Stereoscan S440 Leo®
- Pente fino de plástico
- pHmetro e eletrodo combinado de imersão direta Quimis®
- Piastra Vicini®
- Pincel para cabelos
- Secador de Cabelo Mega Profissional®
- Samba Hair Bossa Nova Technologies®

4.1.2 Matérias-primas (Grau de pureza farmacêutico), outros ingredientes (INCI: *International Nomenclature of Cosmetic Ingredient*) e materiais

- Ácido cítrico (INCI: *Citric acid*) (IHS Chemical®)

4. MATERIAL E MÉTODOS

- Água destilada (INCI: *Aqua*)
- Água Mili-Q
- Lauril éter sulfato de sódio (Lauril éter sulfato de sódio (
- Lipex Shea W® (INCI: *Shea Butter Cetyl Esters*) (AQIA®)
- Polimero W-25® (INCI:*PEG-90M*) (AQIA®)
- Polymol IPP® - Palmitado de isopropila (INCI:*Isopropyl Palmitate*) (AQIA®)
- Pro-Liss 100® - Carbocisteína (INCI:Glyoxyloyl *Carbocysteine and Glyoxyloyl Keratin Amino Acids*) (AQIA®)
- Silicone DC 9027® (INCI:*Cyclopentasiloxane (and) Dimethiconol (and) Dimethicone crosspolymer*) (AQIA®)
- Softcat SX 1300X® (INCI:*Polyqua ternium-67 Aqua Shea Butter Amidopropryl Trimonium Chloride*) (AQIA®)
- Sunquart® TMS - Metossulfato de berreinil trimônio e álcool cetoestearílico (INCI:*Behentrimonium Methosulfate (and) Cetearyl Alcohol*) (AQIA®)
- Zonen MI® (INCI:*Methilchloroisothiazolinone (and) Methylisothiazolinon*) (AQIA®)
- Trietanolamina (INCI: *Triethanolamine*) (AQIA®)

4.1.3 Reagentes/Solventes - Grau de pureza analítico (P.A)

- Álcool metílico (Merck®)
- Ácido clorídrico (Merck®)
- Hidróxido de sódio (Synth®)
- Ácido ascórbico (Synth®)
- Diidrogênio fosfato de sódio (Synth®)

4.1.4 Padrões de referência – Grau de pureza analítico (P.A.)

- α-metil-L-triptofano (Sigma-Aldrich®) – Teor de pureza 95,0 %

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.2 Preparo das mechas de cabelo

Foram empregadas 36 mechas de cabelo caucasiano cacheado castanho-escuro natural e virgem contendo, no mínimo com 15 cm de comprimento e massa de 3,0 g. Foram inicialmente lavadas com água morna por 10s e posteriormente, lavadas com a dispersão de lauril éter sulfato de sódio a 10% p/v por 60s e enxaguadas por 30s (DARIO et al., 2013). Após a secagem à temperatura ambiente, as mechas foram distribuídas em dois grupos, no primeiro (*Grupo 1*), expostas a radiação solar artificial, e no segundo grupo (*Grupo 2*), não expostas a radiação solar artificial, utilizando a câmara de radiação Suntest CPS+ (Atlas®).

4.3 Composição das formulações

A formulação é uma emulsão composta por uma base e o composto alisante (*Glyoxyloyl Carbocysteine and Glyoxyloyl Keratin Amino Acids*) a 15% descritas na **Tabela 1**. A formulação foi corrigida para dois valores de pH (1,0 e 2,0), empregando o ácido cítrico ou trietanolamina, respectivamente. Esta formulação foi a base para as três diferentes formulações. Formulação 1 (**F1**) composta pela Base + (*Glyoxyloyl Carbocysteine and Glyoxyloyl Keratin Amino Acids*) em pH 1, formulação 2 (**F2**) composta Base + (*Glyoxyloyl Carbocysteine and Glyoxyloyl Keratin Amino Acids*) em pH 2 e formulação 3 (**F3**) composta pela Base. Os tratamentos para cada mecha estão descritos na **Tabela 2**.

4. MATERIAL E MÉTODOS

Tabela 1. Descrição da formulação com as funções de cada componente.

Nome (INCI)	Função	Parte na emulsão
Aqua	Veículo	Base
Behentrimonium Methosulfate (and) Cetearyl Alcohol,	Cera auto-emulsificante/ auto espessante	Base
Cyclopentasiloxane (and) Dimethiconol (and) Dimethicone crosspolymer	Silicone	Base
Glyoxyloyl *Carbocysteine and Glyoxyloyl Keratin Amino Acids*	Alisante	Composto alisante
Isopropyl Palmitate	Emoliente	Base
PEG-90M	Agente lubrificante	Base
Polyqua ternium-67	Polímero p/ redução de volume do cabelo/ lubrificante e promove deposição de ativos insolúveis	Base
Shea Butter Amidopropryl Trimonium Chloride	Emulsificante	Base
Shea Butter Cetyl Esters	Emulsificante/emoliente	Base

Legenda: **INCI** *International Nomenclature of Cosmetic Ingredient*

Tabela 2. Distribuição dos tratamentos em Grupo 01 (expostos a radiação) e Grupo 02 (não expostos)

Tratamento das Mechas	Grupo/nº de mechas	
Controle	03	03
F1 (uma aplicação)	03	03
F1(com reaplicações)	03	03
F2 (uma aplicação)	03	03
F2 (com reaplicações)	03	03
F3 (Base)	03	03

4.4 Aplicação das formulações

A formulação foi aplicada na mecha segundo procedimento padronizado, com auxílio do pincel e foi penteada até que todas as fibras capilares estivessem em contato com a formulação. A mecha permaneceu em repouso por 20 min. Após, foi

seca com secador e depois foi pranchada com a piastra 10 vezes para ocorrer seu alisameto. Na sequência, as mechas foram lavadas por 60s com água morna, removendo o excesso de água e secas naturalmente.

Para as mechas que tiveram reaplicações das formulações em pH 1,0 e 2,0; foi adotado o seguinte protocolo: a mecha foi dividida em três porções, considerando que o cabelo cresce em média 0,35mm/dia e em 90 dias teria crescido em torno de 3,15 cm; o tempo médio entre uma reaplicação e outra. Portanto, quando ocorreu a reaplicação existe uma porção do cabelo que não possui tratamento algum e, a fim de simular essa situação, a primeira aplicação foi realizada na porção das pontas das mechas deixando duas porções na parte superior sem nenhum produto. Desta forma, na segunda aplicação foi utilizado o cabelo tratado mais 3 cm da porção virgem e assim até toda a mechas estar tratada.

4.5 Exposição à radiação artificial

Visando avaliar os efeitos da radiação ultravioleta sobre os cabelos quimicamente tratados, as mechas foram expostas à radiação ultravioleta (UV/visível) artificial, em câmara apropriada. Utilizando o simulador solar Suntest® CPS+ (Atlas®) o qual possui uma lâmpada de xenônio e filtro UV *special glass.*

As mechas do *Grupo 1* foram expostas a radiação por 200h e 760W/m^2 e as do *Grupo 2* foram armazenadas a fim de evitar o contato com a luz solar(NOGUEIRA; JOEKES, 2004; DARIO et al., 2013).

4.6 Avaliação das mechas de cabelo

As mechas foram avaliadas, após o procedimento de alisamento e a exposição/não exposição à radiação artificial, em relação a penteabilidade, resistência mecânica (tração à ruptura), cor, brilho, quantificação de triptofano, espectroscopia Raman, calorimetria exploratória diferencial (DSC) e microscopia eletrônica de varredura.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.6.1 Penteabilidade à seco

A penteabilidade à seco (trabalho total) foi determinada no Dia-stron MTT175® à temperatura ambiente (22,0 ± 2,0ºC). As mechas de cabelo foram penteadas dez (10) vezes usando um pente plástico com a finalidade de evitar danos ao equipamento, retirando eventuais nós presentes na mecha. Cinco (5) ensaios foram realizados em cada mecha, obtendo-se o trabalho total médio. Para este estudo, as mechas foram avaliadas antes e depois do tratamento químico e da exposição a radiação (EVANS; MARSH; WICKETT, 2011).

4.6.2 Análise de tração à ruptura

As curvas tensão-deformação foram obtidas no Dias-tron MTT175® à temperatura ambiente (22,0 ± 2,0 ºC). Dez fibras foram selecionadas aleatoriamente e presas aos *crimps*, sendo que os parâmetros do teste foram definidos. O diâmetro dos fios foi medido com micrômetro Mitutoyo® em três posições e o valor médio foi utilizado para calcular a área da secção transversal da fibra capilar (DARIO et al., 2013). A área da secção transversal e a força de ruptura foram utilizados no cálculo da tração à ruptura (gmf/mm^2), conforme demonstrado na **Equação 4**.

Equação. 4. Cálculo da Tração à ruptura

$$\textbf{Tração à ruptura} = \frac{\text{Força de ruptura}}{\text{Área transversal da fibra capilar}} \qquad (4)$$

4.6.3 Análise Colorimétrica

A avaliação da cor das fibras capilares foi realizada com o colorímetro (ChromaMeter) CR-400 Konica Minolta®, sendo que as medidas foram realizadas no meio de cada mecha de forma padronizada três vezes (LOCKE; JACHOWICZ, 2006).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.6.4 Análise de Brilho

A avaliação do brilho nas mechas tratadas com alisantes (pH 1,0 e 2,0) foi realizada com o equipamento SAMBA Hair System Bossa Nova Technologies® (Vernice, CA). Determinando o valor de *luster* (LEFAUDEUX et al., 2009).

4.6.5 Quantificação de triptofano

A quantificação de triptofano nas mechas foi realizada em duas etapas: 1) Hidrólise alcalina e 2) Quantificação por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) (YUST et al., 2004; DARIO et al., 2017).

4.6.5.1 Hidrólise alcalina do cabelo

Para cada mecha foi retirada uma amostra de 20 mg dispersa em 6 ml de solução de hidróxido de sódio 4N, adicionada de 200 µl de ácido ascórbico (1mg/ml) como antioxidante e 300 µl de α-metil-L-triptofano (0,16 mg/ml) como padrão interno (PI). À mistura, foi borbulhado em nitrogênio gasoso por 1 min para retirar o oxigênio dissolvido. As amostras foram incubadas em estufa de ar forçado a 110 ºC por até 144h. Após a incubação, os hidrolisados foram neutralizados com 2 ml de HCl 12N e o volume completado para 10ml com água destilada. Posteriormente, as amostras foram centrifugadas a 3000 rpm por 30min e o sobrenadante filtrado em filtro Millipore® de 0,45 µm antes da análise por CLAE (DARIO et al., 2017).

4.6.5.2 Método de cromatografia líquida de alta eficiência - CLAE

O sistema cromatográfico consiste de um módulo de separação Shimadzu 20A® equipado com o degaseificador DGU-20A5R degasser, detecção por arranjo de diodo SPD-M20A UV–VIS e um detector de fluorescência RF-20A (Shimadzu®). Condições cromatográficas: sistema de corrida isocrático, coluna C18 (Phenomenex Luna® 5 µm, 250 × 4.6mm), fase móvel composta de metanol: 10mM diidrogênio fosfato de sódio (pH 2,8) (20:80; v/v), fluxo de 1,1 ml/min a 45°C(BADAWY; MORGAN, 2010; DARIO et al., 2017) injeção de 10µl de amostra, detecção fluorimétrica do triptofano e α-metil-L-triptofano a 277/346 nm (excitação/emissão) (DARIO et. al., 2017).

4. MATERIAL E MÉTODOS

Os comprimentos de onda de emissão e excitação foram determinados no Espectrofluorímetro Tecan® Infinity Pro200. Este método foi validado previamente e readaptado neste experimento (DARIO et al., 2017; YUST et al., 2004).

4.6.7. Calorimetria exploratória diferencial (DSC)

Para a elaboração das curvas de DSC, as mechas virgens e tratadas foram fragmentadas e pesadas (2,0 mg) em triplicata, colocadas em cadinhos de alumínio (Al) semiabertos, e acondicionados em temperatura (21,0 ± 2ºC) e umidade controlada (20 ± 2%) por 48h. Os testes foram realizados em uma célula DSC, modelo 50 da marca Shimadzu® (Kyoto, JP), seguindo as seguintes condições experimentais: razão de aquecimento de 10°C min^{-1}, faixa de temperatura de 25 a 300°C, sob atmosfera dinâmica de N2 (50 mL min^{-1}) (LIMA et al., 2018).

4.6.8. Espectroscopia Raman

No emprego da Espectroscopia de Raman, as amostras de cabelo não podem possuir coloração escura, devido à própria limitação do teste. Desta forma, foram utilizadas mechas loiras (DeMeo Brothers®) unicamente para este método, as mesmas foram tratadas de acordo com o tópico **4.4.**

Para esta análise foram selecionadas mechas virgens e tratadas com alisante ácido em pH 1,0 e pH 2,0, em triplicata.

Os fios foram escolhidos aleatoriamente e os espectros foram obtidos com o uso do equipamento FT-Raman da Bruker® (Massachusetts, EUA), modelo RFS 100/S, dotado de detector Ge (resfriado com N_2 líquido) e laser Nd^{3+}/YAG (1064 nm). Os espectros foram registrados com resolução de 4 cm^{-1}, à temperatura controlada (21,0 ± 2ºC) (BOGA et al., 2014).

4.6.9. Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

O MEV foi realizado no Laboratório de Caracterização Tecnológica (LCT) da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Utilizou-se o microscópio eletrônico de varredura Stereoscan S440 (Leo®), com sistema de microanálise INCA (EDS/WDS) da Oxford® e de análises de imagem Qwin Pro da Leica®. Na análise foram utilizados 4 fios de cada mecha revestidas com platina à temperatura ambiente.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.7 Análise estatística

O software MiniTab® 17 foi utilizado para a análise dos dados obtidos no projeto (MINITAB, 2016; ALVES, 2017).

4.7.1. Teste-t

Nos testes de penteabilidade e de análise colorimétrica nos quais foram utilizados a mesma amostra para realizar os testes (antes e após o tratamento).

O teste estatístico mais apropriado é o Teste-t para médias pareadas, pois pode ser aplicado quando se utiliza a mesma amostra, onde o *p* valor tem que ser inferior a 0,05 para ter uma diferença significativa. A fim de aceitar ou rejeitar as hipóteses de que as médias antes (μa) e após (μd) o tratamento são iguais (H0: μa=μd) ou diferentes (H1: μa ≠ μd) (ALVES, 2017)

Desta forma, foi possível avaliar se houve uma mudança significativa dessas propriedades ou não após o tratamento químico nas mechas.

4.7.2 ANOVA

O Minitab® foi utilizado para as análises dos testes de tração e, também, para o teor de triptofano, pois estes experimentos foram realizados em amostras diferentes tendo um controle e os tratamentos. O teste mais indicado é o ANOVA que compara as médias do controle (μc) e dos tratamentos (μ1, μ2, μ3...) entre si. Avaliando duas hipóteses a primeira hipótese de que as amostras possuem resultados iguais (H0: μc=μ1=μ2=μ3) e a segunda hipótese de que pelo menos uma delas seja diferente (H1:H0 é falso) e através do *p* valor (≤ 0,05) avaliou-se qual hipótese excluir. Entretanto, esse teste demonstra somente se existe ou não uma diferença significativa entre as amostras, mas não identifica qual amostra. Para isto se utilizou o teste de Tukey, a fim de discriminar quais amostras foram significativamente diferentes, sendo que aquelas que apresentarem letras distintas foram significativamente diferentes (MINITAB, 2016).

5. Resultados e Discussão

5.RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados foram avaliados em etapas, primeiramente, analisando a diferença de valores de pH, e o efeito dessa diferença nas hastes capilares. E posteriormente, quanto à ação da radiação e de reaplicações do produto alisante nas mechas.

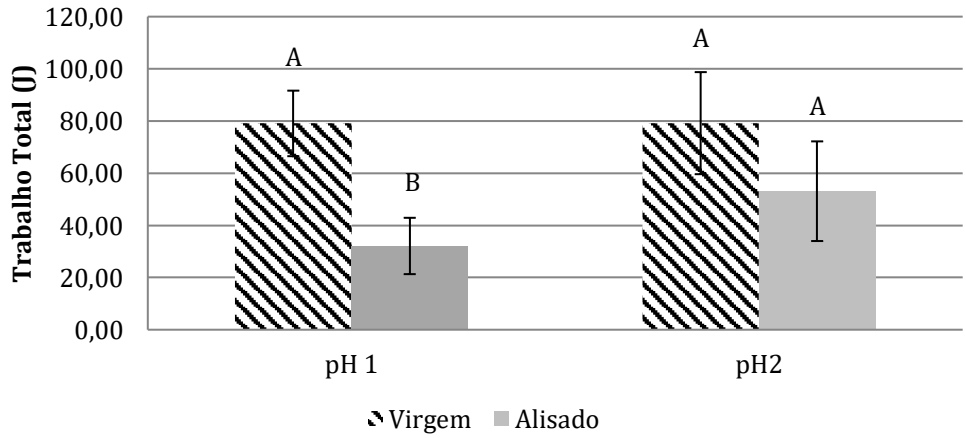
5.1 Avaliação do efeito do pH na haste capilar

A fim de comparar as modificações das propriedades da fibra capilar, tratada com formulação a pH 1,0 e a pH 2,0.

5.1.1 Penteabilidade à seco

No teste de penteabilidade foi avaliado o trabalho necessário para pentear os cabelos, para as mechas do *Grupo 02* (**Figura 16**), houve uma diminuição no Trabalho Total, calculado em Joules (J), após o tratamento com o alisante derivado do ácido glioxílico, confirmando sua capacidade alisante.

Figura 16. Teste de Penteabilidade à seco das mechas não irradiadas (*Grupo 02*).



Legenda: Parâmetros que não compartilham uma letra são significativamente (α=0,05) diferentes.
Fonte: Criada pelo próprio autor.

As mechas do *Grupo 02*, que não sofreram a ação da irradiação, apresentaram um decréscimo significativo no Trabalho Total para os cabelos tratadas com a formulação a pH 1,0 em torno de 59,4% e para o pH 2,0 de 33,0%, reforçando o fato das mechas tratadas a pH 1,0 apresentam um maior alinhamento

do fio. Sendo possível confirmar que o efeito do produto é mais pronunciado no pH 1,0.

5.1.2 Análise de Brilho

Através da análise de brilho descrita na **Figura 17** foi possível avaliar o estado das cutículas da haste capilar, logo quanto maior o brilho (*luster*) mais alinhado o fio.

Figura 17. Imagem da análise de *luster* feito pelo SAMBA das mechas tratadas a pH 1,0 e 2,0

Fonte: Criada pelo próprio autor.

Analisando a **Figura 17** foi possível observar que a intensidade do brilho foi relativamente maior na mecha tratada com a formulação a pH 1,0. O que foi observado pela discreta diferença de valor entre as duas mechas, de 27,77 BNT (unidade Bossa Nova Technologies) para as tratadas a pH 1,0 e de 26,78 BNT para as de pH 2,0.

5.RESULTADOS E DISCUSSÃO

No estudo realizado por GAO et. al.(2002) foram avaliadas diferentes colorações de cabelo (branco, loiro, descolorido, castanho, preto e ruivo) e somente os valores de brilho. Foi possível concluir que as mechas escuras foram as que apresentaram os maiores valores de *luster* (~30 BNT), enquanto o cabelo branco 1,68 BNT (GAO et. al.,2002). A partir desta informação verificamos que não se pode realizar a comparação entre cabelos de cores diferentes, e também de ondulações distintas, impossibilitando a análise e comparação do cabelo virgem (cacheado).

Portanto, a comparação realizada entre as amostras tratadas demostrou uma leve tendência no aumento do brilho para a formulação de pH 1,0, mas pode estar associada também a possível formação de filme na fibra.

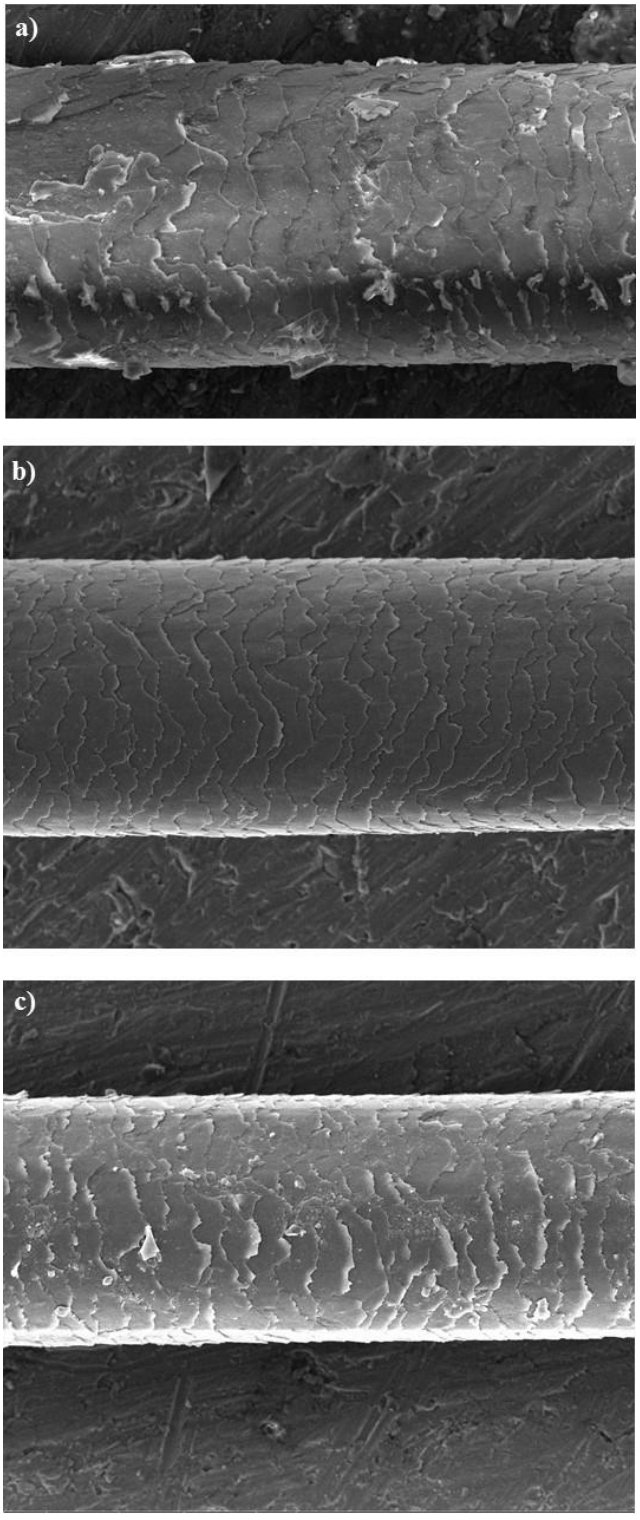
Uma vez que ocorreu a formação de filme (poliacetal) quando alisado com o formaldeído liberado do produto alisante em estudo (Ácido Glioxílico + Carbocisteína) ser um liberador de aldeído, (COLENCI, 2017), provavelmente ocorreu mecanismo semelhante de formação de filme.

5.1.3 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

De acordo com as imagens obtidas por MEV das amostras (**Figura 18)** foi possível observar que a imagem da mecha virgem (**Fig. 18 a)** possui cutículas com bordas levemente levantadas e irregulares, apesar de ser uma amostra sem tratamento (controle), possivelmente por sofrer danos, como: lavagem e manuseio, e até mesmo físicos (vento, umidade e pentear), o que pode ter danificado os fios (GRAY, 2001; AHN; LEE, 2002). Ao comparar com a **Figura 18 b**, se pode observar que as escamas da cutículas estão mais seladas, provavelmente devido a formação do filme que recobriu o fio, fato que pode ser comprovado pela **Figura 18 c** no qual a mecha alisada foi lavada cinco vezes e apresentou regiões onde o filme estaria sendo removido, como pode se observar determinadas áreas em que as bordas das escamas não estão mais tão justas, como na mecha tratada, mas mais similares a mecha controle.

5.RESULTADOS E DISCUSSÃO

Figura 18. Imagem de MEV das amostras: a) Cabelo virgem (2042x) b) Cabelo alisado (1800x) c) Cabelo alisado e lavado cinco vezes (1800x)



Fonte: Criada pelo próprio autor.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No estudo realizado por SÁ DIAS (2015) foram obtidas imagens semelhantes, mas para o tratamento com o ácido glioxílico puro (10,0 %), os fios estavam recobertos pelo produto, deixando com aparência mais lisa e não houve a exposição do córtex.

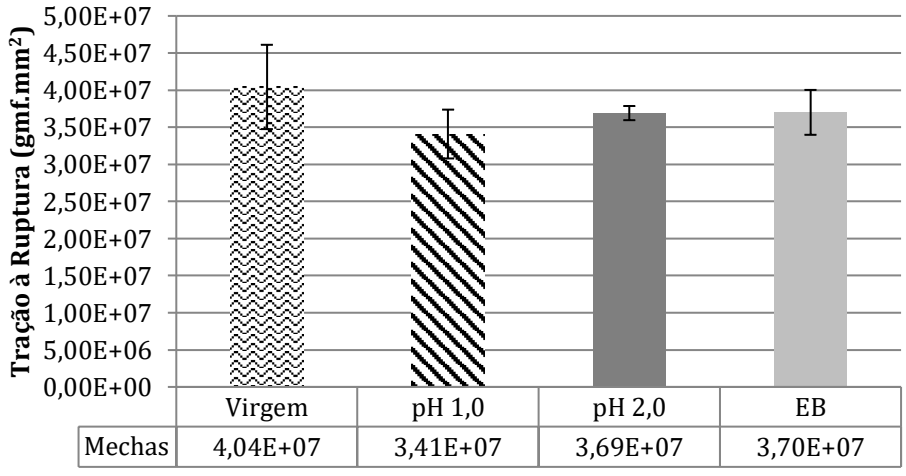
O mesmo foi observado em mechas alisadas com o formaldeído, onde a medida que foi aumentado a porcentagem do ativo, houve maior recobrimento (SÁ DIAS, 2015).

As respostas obtidas neste trabalho corroboram com a possibilidade do ácido glioxílico associado a carbocisteína apresentar um mecanismo de formação de filme como o formaldeído.

5.1.4 Tração à ruptura

O teste de tração à ruptura é um ótimo indicador da integridade da α-queratina (ROBBINS,1994), ou seja, se o valor diminui em 20% em relação ao controle é um indicativo que a queratina perdeu sua integridade em porcentagem igual ou próxima. Na **Figura 19** foi possível observar os valores de tração à ruptura para as mechas.

Figura 19. Teste de tração à ruptura das mechas, virgens, tratadas com formulações alisantes a pH 1,0 e pH 2,0 e a emulsão base (EB).



*Legenda :*Não houve diferença significativa (α=0,05) entre as amostras

Fonte: Criada pelo próprio autor.

De acordo com a **Figura 19** todas as mechas tratadas apresentaram valores inferiores a mecha controle (virgem). As mechas tratadas com formulação a pH 1,0

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

apresentaram redução no valor de tração à ruptura em 15,7% em relação as mechas virgens, indicando que α-queratinas perderam sua integridade na mesma porcentagem.

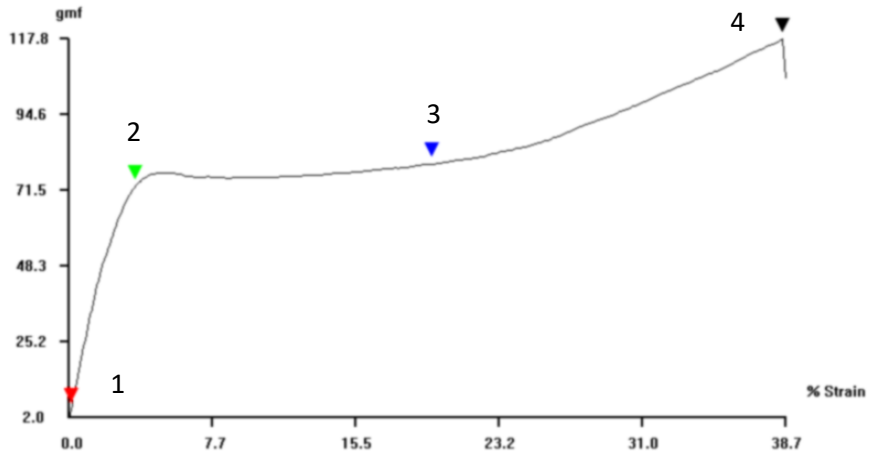
No entanto, as mechas tratadas em pH 2,0 obtiveram diminuição de 8,7 % em relação a mecha controle, indicando que o valor do pH da formulação interferiu diretamente na integridade das α-queratinas e, consequentemente, na resistência do fio. Portanto, é importante manter as formulações em pH 2,0 ou superior, pois, devido a essas alterações na estrutura do cabelo, o fio torna se cada vez mais suscetível a quebras no simples manuseio do cabelo (escovar, pentear) e em tratamentos químicos (alisamento novamente, descoloração e tinturas).

Em mechas tratadas com o ácido glioxílico foi possível observar resposta semelhante ao descrito anteriormente, as alisadas com este alisante, apresentaram diminuição de 11,0% em relação ao cabelo virgem e para o formaldeído uma porcentagem mais relevante cerca de 38%, o que pode ser associado aos danos causados pelos alisantes ácidos na estrutura do cabelo (COLENCI, 2017).

O mesmo foi descrito em um estudo realizado por SÁ DIAS (2015), no qual mechas tratadas com diferentes concentrações de formaldeído (2,5 e 10%) apresentaram redução significativa na tração à ruptura comparado com a mecha controle.

Outro ponto importante a ser discutido, acerca de fios utilizados neste teste não apresentaram o gráfico típico de uma fibra capilar saudável como descrito na **Figura 20**, e sim um gráfico sem ter as três fases como na **Figura 21**.

Figura 20. Gráfico de força de tração de uma mecha virgem com as três fases



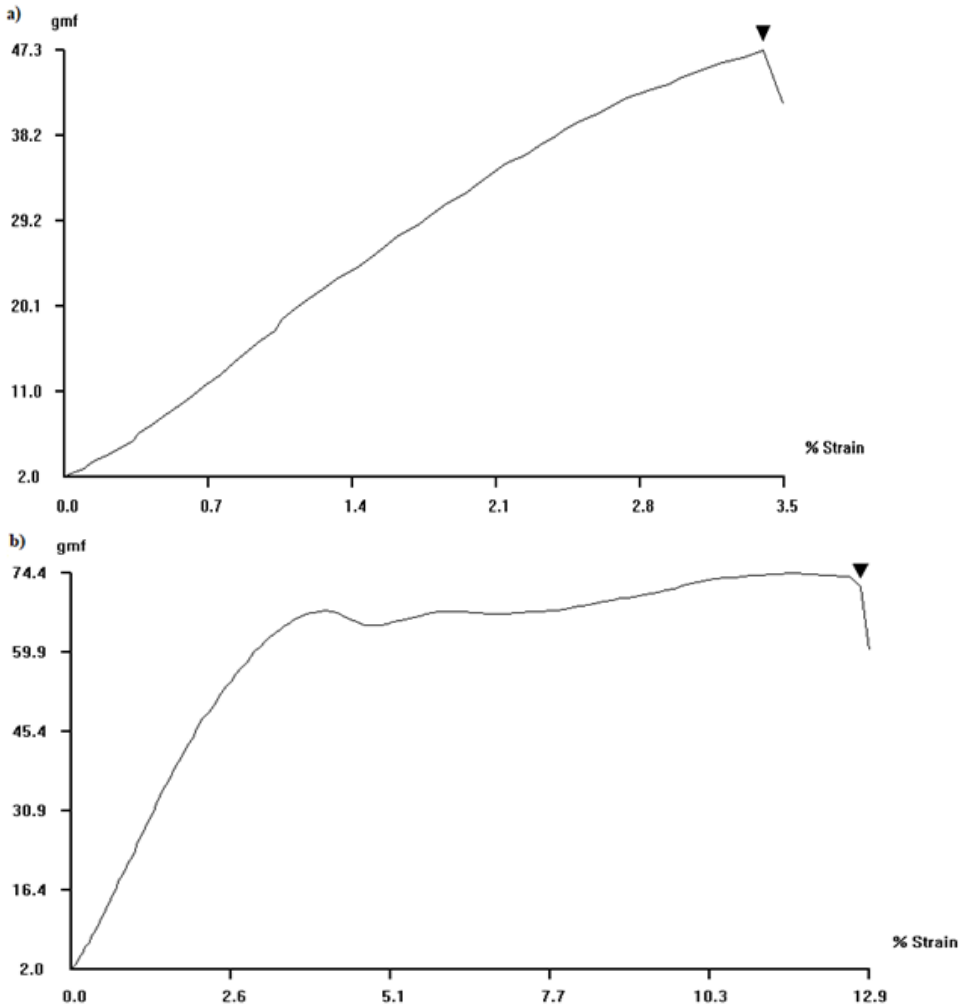
Fonte: Criada pelo próprio autor

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Atualmente a literatura cita somente o perfil de um fio natural (**Figura 20)**, no qual observa-se um gráfico com as três fases bem definidas, o primeiro alongamento denominada *Região Hookeana* (1-2), seguido da *região plástica* (2-3) e *região pós-plástica* (3-4) e por fim o rompimento do fio (4).

Tornando se interessante o estudo dos perfis atípicos (**Figura 21**) dos fios tratados. Foi possível observar a falta das três fases característica de um fio de cabelo normal e saudável.

Figura 21. Gráficos representando fios de mechas alisadas que apresentaram danos a) fio quebrou e b) fio elástico.



Fonte: Criada pelo próprio autor

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na **Figura 21 a.** o fio atingiu um valor máximo de força de 47,3 gmf, mas se avaliar o gráfico a medida que a fibra foi sendo esticada o valor de carga aumentava quase que proporcionalmente, e se observar logo o fio quebrou, pela quantidade que o fio foi estirado.

Enquanto o fio da **Figura 21 b**, obteve um valor de força maior, mas o valor de carga para romper não foi muito diferente do valor final da primeira fase do gráfico.

Podendo relacionar que o fio apresentava menor resistência para ser esticado, porém não estava resistente, rompendo antes e com menor força quando comparado com a fibra controle, de forma semelhante quando o cabelo é molhado (DIAS, 2015).

As mechas tratadas com formulação a pH 1,0 apresentaram 15,7% de fios com perfil anormal e a com pH 2,0 8,7%.

Além disso, foi possível observar a diferença no padrão do fio após a ruptura, **Figura 22 e 23** as imagens de um fio com rompimento normal e outro com quebra, respectivamente.

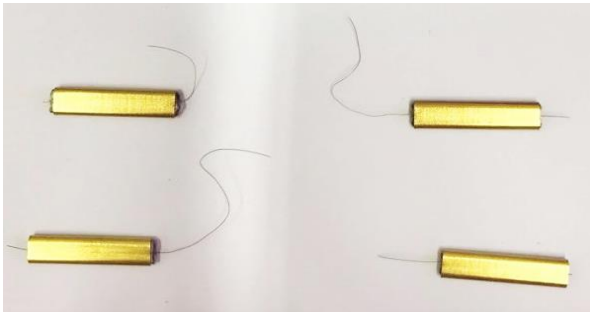
Na **Figura 22** pode se observar que como o fio apresenta elasticidade natural, quando ele estica e rompe as partes dos fios ficam levemente enroladas. Demonstrando um fio saudável e compatível com o gráfico de três fases da **Figura 20**.

A **Figura 23** demonstra os fios tratados com a formulação alisante no qual o fio quebra não esticando, apresentando essa formação reta dos fios

Pode-se concluir que as mechas tratadas com esse alisante, tem sua resistência diminuída, e apesar de estarem mais rígidas, o que pode parecer contraditório, mas essa mudança na elasticidade afeta diretamente sua maleabilidade e, portanto, sua capacidade em suportar mais carga, tornando os mais suscetíveis a quebra.

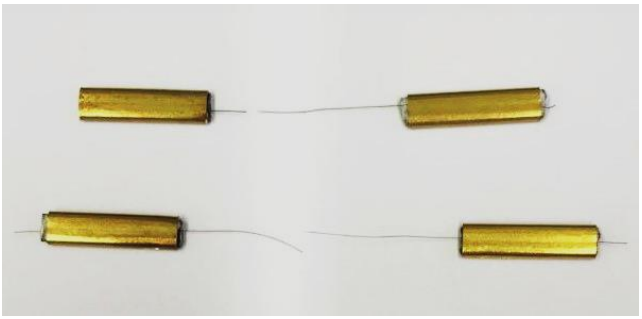
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Figura 22. Foto de fios da análise de tração à ruptura, após o teste, de mechas virgens.



Fonte: Criada pelo próprio autor.

Figura 23. Foto de fios da análise de tração à ruptura, após o teste, de mechas tratadas com a emulsão alisante



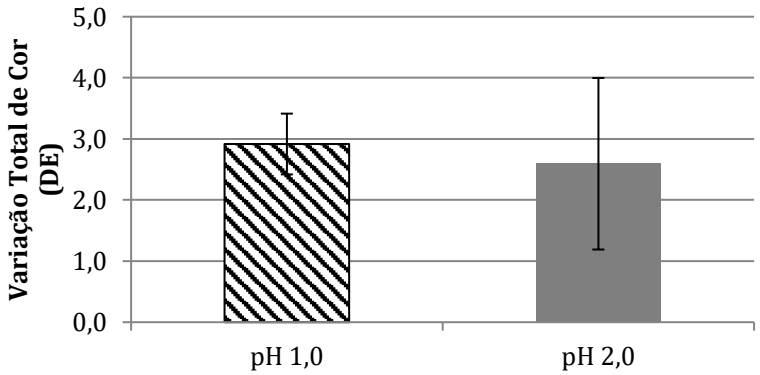
Fonte: Criada pelo próprio autor.

5.1.5 Análise Colorimétrica

A análise colorimétrica avalia três principais parâmetros (L* a* b*) os quais fornecem dados para o cálculo da diferença total de cor (DE). A análise de cor fornece dados sobre a integridade da cutícula e dos pigmentos presentes no córtex. Sendo possível, avaliar a influência dos tratamentos sobre essas camadas. As mechas tratadas com alisantes foram comparadas quanto aos diferentes valores de pH na DE, de acordo com a **Figura 24**.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Figura 24. Variação total de cor (DE) das mechas Grupo 02 (não-irradiadas) tratadas a pH 1,0 e a 2,0



Legenda: Parâmetros não apresentaram diferença significativa (α=0,05)
Fonte: Criada pelo próprio autor.

O tratamento com o alisante ácido, principalmente os associados com a carbocisteína, podem apresentar uma variação na coloração original do cabelo em até três tons (COLENCI, 2017).

De acordo com a **Figura 24** foi possível concluir que existe tendência no aumento da variação total de cor (DE) das mechas à medida que o valor de pH diminui. Foi possível concluir que houve variação da coloração inicial (cabelo virgem) em relação ao final (cabelo alisado). E que essa variação foi maior nas mechas tratadas com a formulação a pH 1,0.

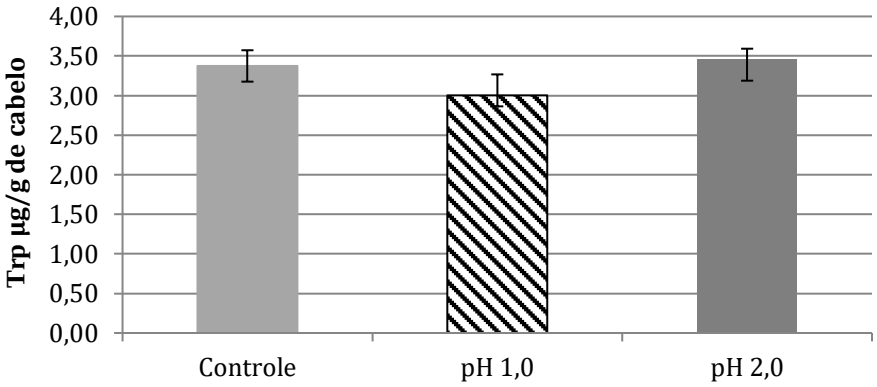
Devido a alteração na coloração das mechas foi possível afirmar que o tratamento capilar em estudo atingiu o córtex da fibra, levando a oxidação do pigmentos presentes (melanina).

5.1.6. Teor de Triptofano

Com essa metodologia foi possível quantificar na totalidade da haste capilar, ou seja, em todas as camadas do cabelo, a quantidade deste aminoácido, triptofano (**Figura 25)**. Sendo possível avaliar se houve ou não a degradação do mesmo, podendo estar associado a uma perda de proteínas na fibra.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Figura 25. Teor de triptofano das mechas virgens e tratadas com emulsão a pH 1,0 e pH 2,0.



Legenda: Parâmetros não apresentaram diferença significativa (α=0,05)
Fonte: Criada pelo próprio autor.

Na **Figura 25** foi possível observar que o menor teor de triptofano foi das mechas tratadas com pH 1,0 (3,00 µg/g de cabelo) demonstrando que a perda foi maior nas mechas tratadas neste pH do que na mecha virgem (3,37µg/g de cabelo) e na mecha a pH 2,0 (3,45 µg/g de cabelo). Com esses dados foi possível concluir que o maior dano ocorre no pH mais baixo, estando associado a degradação de proteínas neste tratamento capilar.

Respostas semelhantes foram obtidas em mechas descoloridas (DARIO et al., 2017) que apesar de apresentarem mecanismos diferentes, ambos tratamentos afetam o córtex, na descoloração a ação do peróxido degrada melaninas e proteínas, o que pode ser analisado pela diminuição do teor de triptofano.

5.1.7. Calorimetria exploratória diferencial (DSC)

As curvas de DSC estão descritas na **Figura 26** e os valores na **Tabela 3.** Como foi possível observar na **Figura 26** as curvas são típicas de um DSC a seco. Analisando os valores de temperatura de pico (T) e a variação de entalpia (ΔH), do segundo evento (denaturação da α-hélice) foi possível concluir que as mechas tratadas (aplicação da formulação + piastra) obtiveram mudanças significativas nos valores de temperatura e entalpia quando comparados com a mecha virgem (controle). Fato que demonstra que ocorreu alguma modificação na estrutura interna da haste capilar alisada e pranchada.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Figura 26. Curvas de DSC das mechas virgens, tratadas com formulação a pH 1,0, a pH 2,0 e tratada a pH 1,0 sem a piastra e os valores de T_D e ΔH_D

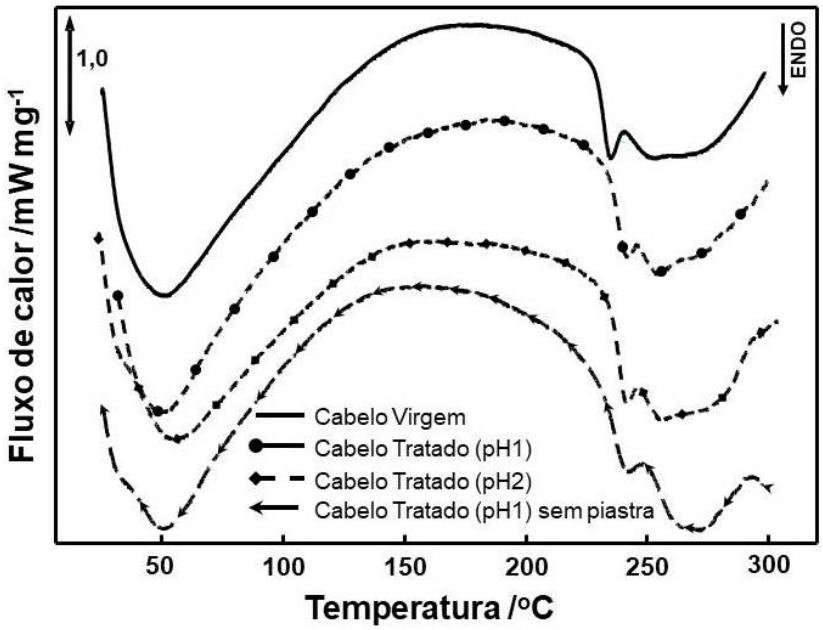


Tabela 3. Dados obtidos pelas curvas de DSC (Figura22).

Amostra	T_D /°C	ΔH_D /J g^{-1}
Virgem	235.3	7.14
pH 1,0	242.3	5.06
pH 2,0	241.8	5.23
pH 1,0 (s/piastra)	241,62	6,82

Legenda: Temperatura de pico de denaturação (T_D); variação de entalpia de denaturação ΔH_D.

Fonte: Criada pelo próprio autor.

O aumento do valor de temperatura de pico de denaturação (T_D) e a diminuição do valor de ΔH_D estão associados a algum dano e/ou modificação da estrutura da fibra (ISTRATE; POPESCU; MÖLLER, 2009; POPESCU; GUMMER, 2016; LIMA et al., 2018). Significa que para a denaturação das α-hélices presente no córtex é necessário uma energia (entalpia) menor para que ocorra essa reação, do

que no controle, demonstrando que as queratinas já foram degradadas ou/e modificadas com o tratamento e ação da piastra.

Devido à redução da quantidade de α-queratina, o fio torna-se menos resistente e este fato pode ser associado com o resultado obtido na tração a ruptura um indicativo de que as queratinas perderam sua integridade.

Como descrito no trabalho de (BOGA et al., 2014) mechas tratadas com ácido glioxílico sofrem um rearranjo na sua estrutura, provavelmente essa reorganização ocorreu nas mechas tratadas neste estudo, pois é um derivado deste ácido.

Desta maneira, esse rearranjo leva a uma mudança na estrutura da fibra capilar, fazendo com que seja necessária uma energia menor para romper as ligações das queratinas presentes na fibra capilar, diminuindo assim os valores de entalpia (BOGA et al., 2014; LIMA et al., 2018).

As queratinas quando sofrem danos, podem desdobrar e sofrer uma mudança conformacional no qual ocorre a conversão em cadeias proteicas estendidas ou estrutura de folha beta (ZHOU et. al.,2011). Esta resposta foi observada nas mechas alisadas com o ácido glioxílico (TADDEI et. al., 2015).

Mechas tratadas com formaldeído em diferentes concentrações (2,0, 5,0 e 10,0%), também, apresentaram diminuição nos valores de ΔH_D a medida que a concentração do ativo aumentava (SÁ DIAS, 2015).

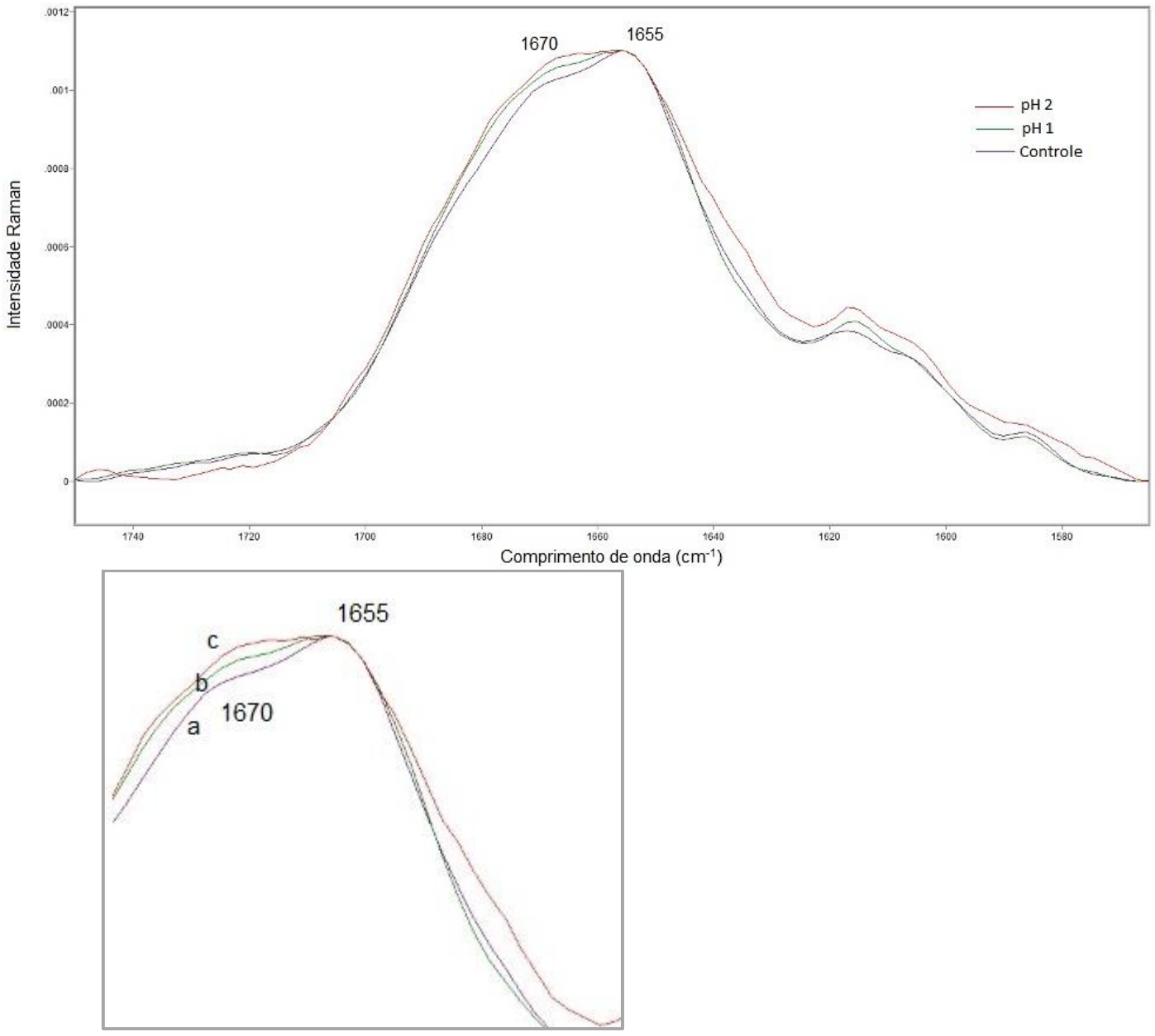
O mesmo comportamento foi observado em mechas descoloridas, apesar do tratamento ser diferente, ambos afetam o córtex do cabelo, levando a danos na estrutura da queratina, o que pode ser observado na variação dos valores de temperatura e ΔH (POPESCU; GUMMER, 2016).

5.1.8 Espectroscopia de Raman

Com os dados obtidos no teste de DSC foi possível concluir que houve mudança na estrutura interna da haste capilar, e essa mudança pode ser estuda através do estudo de espectroscopia. Os espectros obtidos das mechas loiras tratada a pH 1,0 e a pH 2,0 estão descritos na **Figura 27**. No qual estão identificadas duas bandas 1) associada a α-hélice queratina (1655 cm^{-1}); 2) a β-queratina (1670cm^{-1}) (BOGA et al., 2014).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Figura 27. Espectros das mechas: virgem, tratadas com formulação a pH 1,0 e a pH 2,0.



Legenda: Amostras na banda em 1670 cm^{-1} a) controle; b) pH 1,0 e c) pH 2,0
Fonte: Criada pelo próprio autor.

Analisando os espectros de Raman, cor roxa (Controle), verde (pH 1,0) e vermelho (pH 2,0) nesses dois comprimentos de onda, foi possível observar que ao firmar o ponto (1655 cm^{-1}) como referência, a quantidade de β-folha queratina é menor para a mecha controle, mas ao realizar o alisamento, essa concentração

aumenta, podendo inferir que houve conversão de α-hélice em β-folha, como descrito no estudo de TADDEI et. al (2015) para o ácido glioxílico. Entretanto, somente com estas análises feitas não foi possível afirmar que isso ocorreu. Pois, devemos considerar que a intensidade da banda em 1655 cm^{-1} pode ter aumentado concomitantemente ou não com a banda em 1670 cm^{-1}, devido a formação de compostos imínicos que são lidos na mesma banda da α-hélice (BOGA et al., 2014).

Portanto, devemos considerar a diferença de intensidade entre essas duas bandas no espectro. Na amostra controle foi possível observar que a diferença é maior em relação as amostras tratadas, demonstrando que a intensidade da banda α-hélice é maior que a referente a β-folha. No entanto, entre as mechas alisadas a tratada a pH 1,0 apresentou uma diferença menor em relação a controle, mas maior que a mecha tratada a pH 2,0. Esse resultado traduz duas possibilidades, uma realmente ocorreu a maior conversão da alfa para beta na amostra tratada a pH 2,0. Entretanto, considerando os dados obtidos neste trabalho, as mechas tratadas a pH 1,0 foram as que apresentaram as maiores modificações. Desta forma, pode-se considerar a segunda possibilidade, na qual ocorreu maior formação de compostos imínicos no pH 1,0 em relação ao pH 2,0 e portanto, a diferença foi maior, pois houve um aumento da intensidade da banda 1655 cm^{-1} devido a esses compostos.

Infelizmente, somente com os dados obtidos não foi possível descrever com precisão qual das duas situações estão sendo favorecidas, mas pode se concluir que as mechas alisadas sofreram modificações na sua estrutura interna, com a formação de β-queratinas e/ou compostos imínicos.

5.2 Efeito da radiação artificial no cabelo alisado

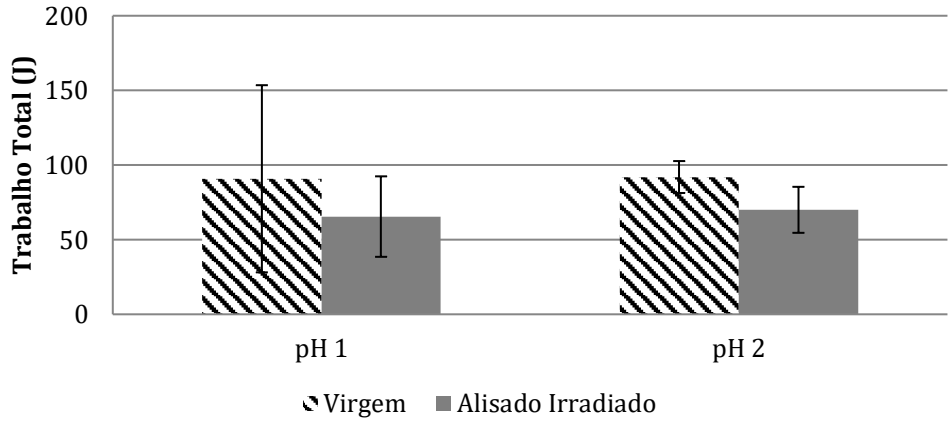
A fim de avaliar as propriedades dos cabelos tratados com alisante ácido exposto a radiação ultravioleta artificial, fato que nos dias atuais é muito comum, principalmente no Brasil.

5.2.1 Penteabilidade a seco

Os resultados do teste de penteabilidade a seco para as mechas do Grupo expostos a radiação ultravioleta artificial estão descritos na **Figura 28**.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Figura 28 . Teste de Penteabilidade a seco das mechas submetidas a radiação (*Grupo 01*).



Legenda: Parâmetros não apresentaram diferença significativa (α=0,05)

Fonte: Criada pelo próprio autor.

Foi possível observar na **Figura 28** que houve uma diminuição de 28% para as mechas tratadas com a formulação a pH 1,0, enquanto que as tratadas no pH 2,0 foi de 24%. Para ambas as formulações a diminuição do trabalho foi significativa, entretanto pode se inferir que levemente superior para a com o pH 1,0.

Ao comparar com o grupo de mechas que não foi exposto a radiação foi possível concluir que as mechas expostas a radiação apresentaram maior valor de trabalho total, pois sofreram a ação da irradiação e tiveram o efeito do alisante reduzido.

Devido à exposição à radiação, a cutícula sofreu danos, diminuindo a sua integridade, dificultando a passagem do pente, aumentando consequentemente o trabalho total.

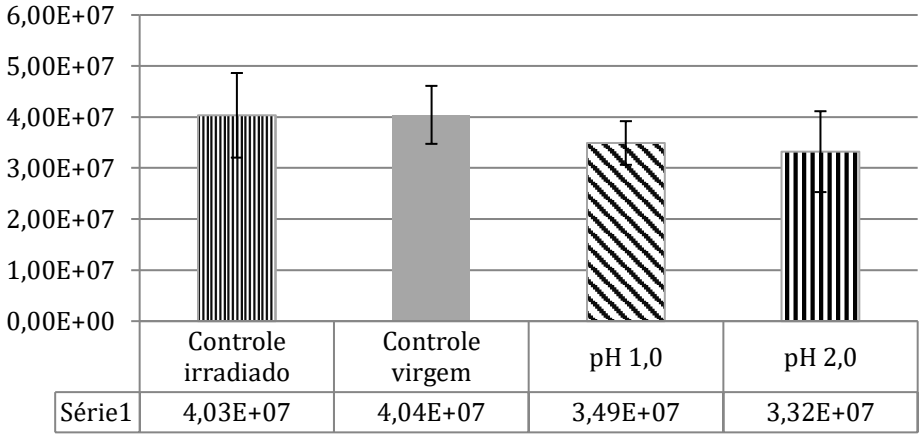
Foi possível concluir que as mechas alisadas e irradiadas apresentaram um aumento significativo no trabalho total para as mechas tratadas pH 1,0 (31,4%) e para o pH 2,0 (9,0%) quando comparadas as mechas tratadas com o mesmo pH, mas sem a ação da radiação.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.2.2. Tração a ruptura

Buscando avaliar o efeito aditivo do alisamento e da radiação na resistência da haste capilar.

Figura 29. Teste de tração à ruptura das mechas: virgens, virgens irradiadas, tratadas com formulações alisantes a pH 1,0 e pH 2,0 irradiadas.



Legenda: Parâmetros não apresentaram diferença significativa (α=0,05)
Fonte: Criada pelo próprio autor.

Ao comparar as mechas controle virgem com as irradiadas, foi possível observar que não houve diferença entre os valores de tração a ruptura, o que sugere que o tempo de radiação (200 h) não foi suficiente para degradar proteínas de forma significativa. Podendo considerar que as proteínas associadas a resistência do fio não sofreram tantos danos.

No entanto, as mechas alisadas e irradiadas apresentam diminuição nos valores de tração o que de acordo com os resultados obtidos das mechas controle estão fortemente associados ao processo químico e não a radiação.

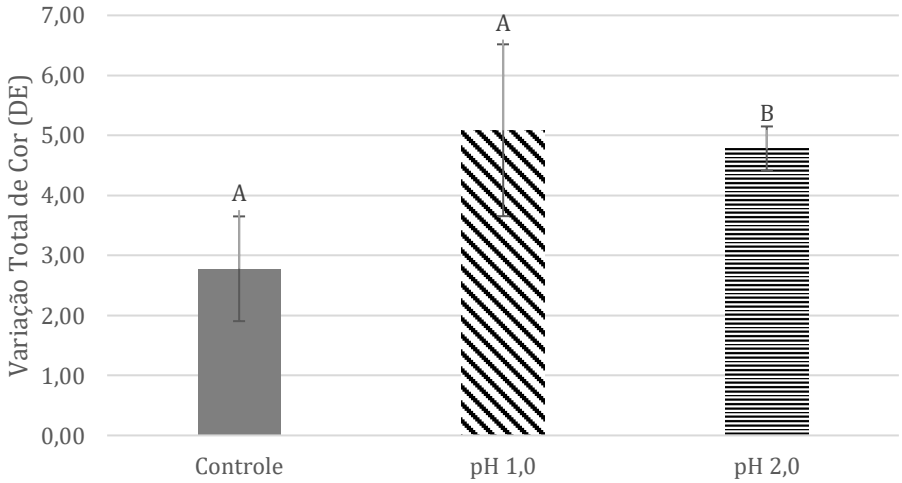
O mesmo foi observado para as mechas tratadas tingidas de ruivo e loiro expostas a radiação por (500 W/m^2 por 180h) não apresentaram diferenças significativas no teste de tração a ruptura (DARIO, 2017). Mechas de cor castanho-escuro, loiro e ruivo expostos a radiação (56, 112, 168,224 e 448 h) também não apresentaram diferença significativa nos valores de ruptura (NOGUEIRA;JOEKES, 2004).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.2.3 Analise colorimétrica

A coloração do cabelo é uma das principais características afetadas pela radiação solar, uma vez que as melaninas possuem ação fotoprotetora. Os resultados da na análise colorimétrica estão descritos na **Figura 30**.

Figura 30. Variação total de cor (DE) das mechas do *Grupo 01* (irradiadas)



Legenda: Parâmetros que não compartilham uma letra são significativamente (α=0,05) diferentes.

Fonte: Criada pelo próprio autor

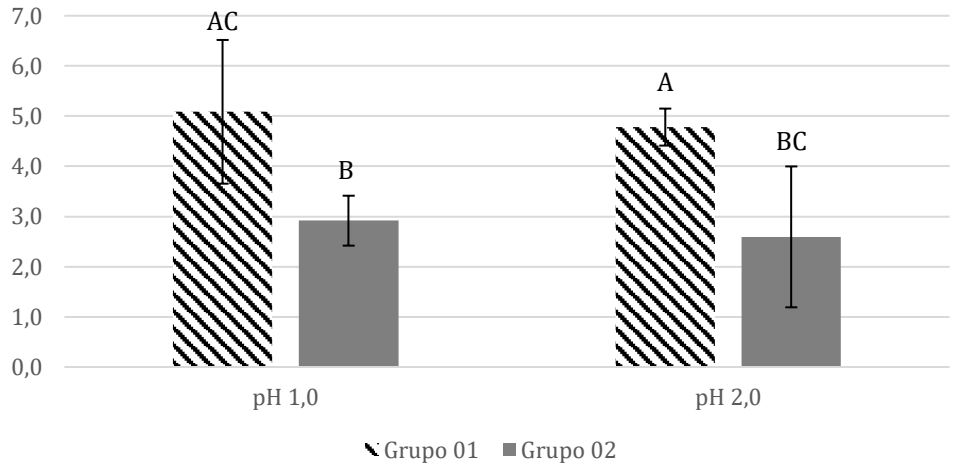
De acordo com a **Figura 30** foi possível concluir que a radiação UV leva a variação da coloração da mecha, uma vez que a mecha controle (sem tratamento + irradiada) apresentou variação, mas com valor inferior as mechas alisadas e irradiadas. Podendo inferir que a radiação por si só já afeta a cor da fibra capilar, mas com o uso do alisante essa ação é potencializada de forma significativa.

Ao comparar os grupos 01 (irradiado) e 02 (não-irradiado) na **Figura 31.** Foi possível observar que o alisamento já altera a coloração do fio, entretanto quando combinado com a radiação essa variação é muito maior cerca de 66% a mais do que somente com o alisamento.

A variação de cor sugere que a radiação atingiu o córtex, uma vez que as melaninas (fotoprotetores naturais) estão presentes somente nessa camada da fibra.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Figura 31. Análise colorimétrica, variação total de cor (DE) das mechas dos Grupo 01(radiados) e 02 (não radiados).



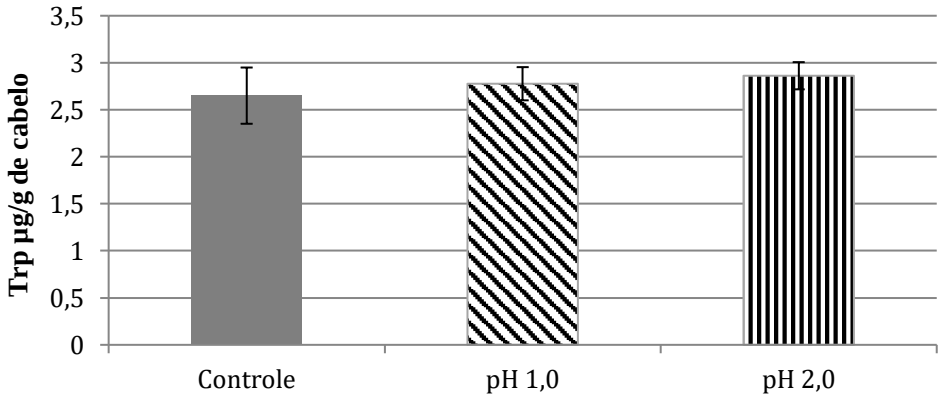
Legenda: Parâmetros que não compartilham uma letra são significativamente (α=0,05) diferentes.

Fonte: Criada pelo próprio autor.

5.2.4 Teor de Triptofano

O triptofano sendo um ótimo marcador de fotodegradação (SEBETIĆ et al., 2008; DARIO et al., 2017), torna se adequado para avaliar danos causados pela radiação na haste capilar, além de auxiliar na quantificação do conteúdo proteico. Para as mechas tratadas e irradiadas os resultados estão descritos na **Figura 32**.

Figura 32 Teor de triptofano das mechas alisadas e irradiadas.



Legenda: Parâmetros não apresentaram diferença significativa (α=0,05)

Fonte: Criada pelo próprio autor.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao contrário do *Grupo 02* (não irradiados), no *Grupo 01* as mechas virgens irradiadas apresentaram o menor valor de concentração de triptofano (2,65 µg/g de cabelo), cerca de 21,4 % a menos que o cabelo virgem não irradiado.

Entretanto, as mechas alisadas e irradiadas, apresentaram teor de triptofano superior ao controle, de 2,78 (pH 1, 0) e 2,86 µg/g de cabelo (pH 2,0), indicando uma tendência de proteção a degradação desse aminoácido, possivelmente devido a presença do filme nos fios, que poderia de certa forma proteger como uma barreira física.

Porém, como houve a mudança de coloração poderia apresentar proteção contra a radiação UVB (degradação de proteínas) e não muito para a UVA (degradação de melaninas).

Essa hipótese pode ser plausível pois, através dos testes de tração e teor de triptofano que apresentaram que não houve dano proteico significativo e pela análise de cor que demonstrou uma variação na coloração das mechas expostas a radiação.

As mechas descoloridas e tingidas de ruivo, expostas a radiação (324MJ/m^2) apresentaram redução significativa do teor de triptofano, estando associado ao tratamento de descoloração que atinge e degrada as proteínas presentes no cabelo.

5.3 Avaliação do efeito das reaplicações

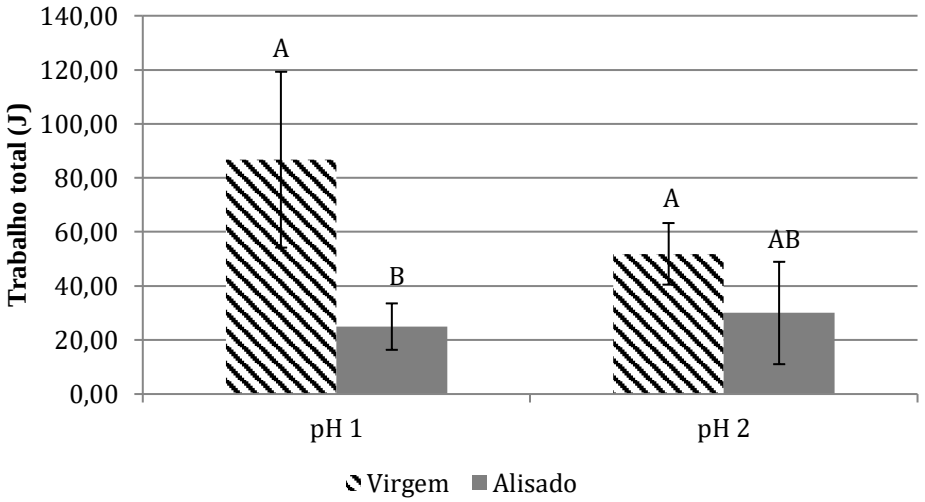
Os alisantes ácidos são amplamente utilizados, e a sua reaplicação muito usual, o que torna imprescindível o seu estudo.

5.3.1 Penteabilidade a seco

Para poder avaliar o efeito da reaplicação do produto nas mechas foram realizadas três aplicações **(Figura 33**) de acordo com a padronização descrita no item 4.4.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Figura 33. Teste de penteabilidade para as mechas com reaplicações comparada com as virgens para cada valor de pH.



Legenda: Parâmetros que não compartilham uma letra são significativamente (α=0,05) diferentes.

Fonte: Criada pelo próprio autor.

Como foi possível observar na **Figura 33,** a diferença em porcentagem do trabalho, as mechas com mais aplicações obtiveram uma redução mais significativa cerca de 71,2% para o pH 1,0 e o 42,2% para o pH 2,0, enquanto uma única aplicação obteve um decréscimo de 59,4% e 32,9%, respectivamente. Quanto mais se realiza o procedimento da escova progressivo mais liso o cabelo fica.

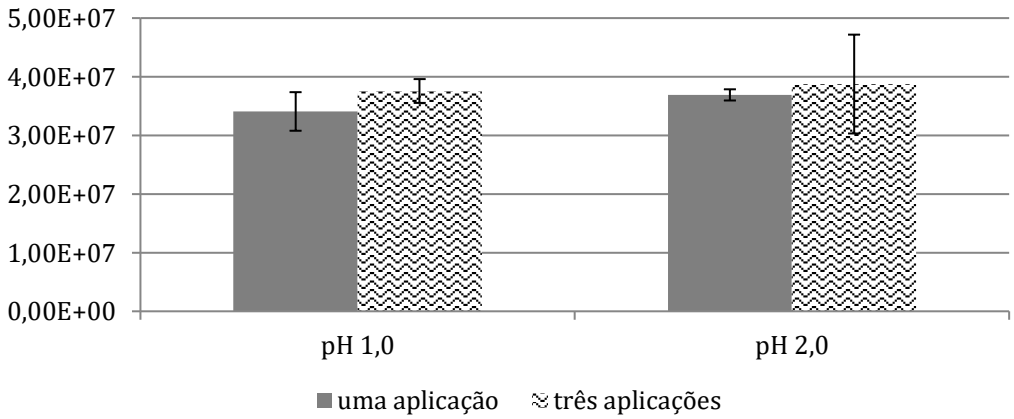
Apesar do cabelo ficar mais liso, e mais recoberto, o mesmo torna se mais suscetível a quebra.

5.3.2 Tração a ruptura

Para poder avaliar o efeito da reaplicação do produto alisante, nas mechas, foram realizadas três aplicações (**Figura 34**), de acordo com a padronização descrita no item 4.4.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Figura 34. Tração à ruptura para as mechas com uma aplicação e com reaplicações



Legenda: Parâmetros não apresentaram diferença significativa (α=0,05)
Fonte: Criada pelo próprio autor.

De acordo com a **Figura 33** foi possível inferir que as mechas com mais de uma aplicação apresentaram valores de tração à ruptura levemente maiores que as mechas que foram aplicadas uma única vez. Demonstrando uma tendência no aumento do valor de tração em relação ao número de aplicações.

Pode se concluir que o maior recobrimento do fio com o produto, levou a uma maior resistência do fio. Entretanto, essa plastificação faz com que o fio esteja rígido, e não tenha o comportamento elástico dos fios normais, podendo levar a quebra dos fios, no simples manuseio (escovas) ou em futuras reaplicações.

Nas mechas alisadas com ácido glioxílico com uma aplicação e três aplicações apresentou uma variação mínimo da primeira aplicação a última (COLENCI, 2017), podendo demonstrar que não houve uma diferença significativa após a aplicação, assim como neste estudo.

6 Conclusões

6. CONCLUSÕES

Através dos dados obtidos foi possível concluir que as mechas tratadas com a formulação a pH 1,0 apresentaram maior alinhamento das fibras capilares, pois estas mechas obtiveram valores significativamente menores para o trabalho total (J) quando comparado com as mechas virgens, diferentemente das mechas tratadas a pH 2,0. Pela análise de brilho a mecha com maior valor de *luster* foram as mechas com pH 1,0. Devido a ação mais potente do ativo nesse pH e também pela possível formação de filme que pode ser comprovada com esses resultados e com as imagens obtidas pelo MEV.

As mechas tratadas com emulsão a pH 1,0 apresentaram os menores valores de tração a ruptura (força do fio) e teor de triptofano, em relação as mechas virgens e as tratadas a pH 2,0, todas não irradiadas. Ressaltando a fragilidade da haste capilar quando submetida ao alisamento ácido, mas sendo maior quanto menor o valor de pH. Confirmando que este tratamento degrada proteínas presentes no fio, e a formação de filme contribui para inflexibilidade, facilitando a sua ruptura.

Em relação à estrutura interna da fibra capilar foi possível confirmar que este tratamento atinge o córtex, e causa modificações na estrutura na queratina. Esse rearranjo propicia a produção de compostos não usuais no cabelo, e a modificação da conformação das α-queratinas, enfraquecendo a fibra capilar.

Além disso, as mechas expostas à radiação artificial apresentaram danos na sua camada mais externa, a *cutícula*, e até mesmo no *córtex*. O primeiro pode ser observado pelo teste de penteabilidade que tem o seu valor de trabalho maior que o *Grupo 02* (não irradiado), enquanto o segundo pode ser avaliado por meio da análise colorimétrica, no qual houve maior variação de cor (DE), considerando que os pigmentos só estão presentes no córtex. Entretanto, não houve uma degradação de proteínas de forma significativa, provavelmente, devido a formação do filme no cabelo alisado que de certa forma promoveu uma proteção da fibra capilar contra a radiação.

Quanto as reaplicações a medida que se aumenta o uso, mais liso o cabelo fica devido a formação de mais filme, causando o selamento das cutículas ,porém a haste torna se cada vez mais rígida, e impermeável a tratamentos capilares e água.

6. CONCLUSÕES

Devemos considera que o efeito alisante e o selamento das cutículas foram mais proemintente nas mechas tratadas a pH 1,0. Porém, os danos na sua estrutura foram maiores, além disso o recobrimento maior dos fios, ocasiou maior rigidez, facilitando a ruptura do fio.

As mechas alisadas com ácido glioxílico associado a carbocistéina devido a formação do filme, semelhante ao formaldeído, impede a facilidade em tratar os fios quando recobertos, pois impede a passagem de compostos e a interação com a água.

Com os dados obtidos neste estudo, é de extrema importância o valor de pH dos produtos alisantes, utilizar produtos com pH superior a 2,0, pois, os danos são existentes, mas menores em relação ao pH 1,0. Considerando que apresenta uma tendência em diminuir o risco de quebra do fio.

7 Referências

7. REFERÊNCIAS

ABIHPEC. **Panorama do Setor de HPPC**. Disponível em: <https://abihpec.org.br/publicacao/panorama-do-setor-2017/>. Acesso em: 5 abr. 2017.

ALVES, M. C. Teste t de Student. Disponível em:<http://cmq.esalq.usp.br/wiki/lib/exe/fetch.php?media=publico:syllabvs:lcf5759a:teste_t.pdf>. Acesso em: 17 jan. 2019.

AHN H.J.; LEE, W-S. An ultrastuctural study of hair fiber damage and restoration following treatment with permanent hair dye. **International Journal of Dermatology**. v. 41, n. 2, p. 88–92, 2002

ATKINS, P; JONES, L; WHITMIRE, K. **Princípios de Química: Questionando a vida moderna e o meio ambiente**. 5ª. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011. 1048 p.

BADAWY, A. A. B.; MORGAN, C. J. Rapid isocratic liquid chromatographic separation and quantification of tryptophan and six kynurenine metabolites in biological samples with ultraviolet and fluorimetric detection. **International Journal of Tryptophan Research**, v. 3, n. 1, p. 175–186, 2010.

BOGA, C.; TADDEI, P.; MICHELETTI, G.; ASCARI, F.; BALLARIN, B.; MORIGI, M.;GALLI, S. Formaldehyde replacement with glyoxylic acid in semipermanent hair straightening: a new and multidisciplinary investigation. **International Journal of Cosmetic Science**, v. 36, n. 5, p. 459–470, 2014.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução - **RDC nº 03**, de 2012 Aprova o Regulamento Técnico “LISTAS DE SUBSTÂNCIAS QUE OS PRODUTOS DE HIGIENE PESSOAL, COSMÉTICOS E PERFUMES NÃO DEVEM CONTER EXCETO NAS CONDIÇÕES E COM AS RESTRIÇÕES ESTABELECIDAS” e dá outras providências. Brasília, DF: Anvisa, 2012.

COLORSYSTEM. **NCS-System « colorsystem**. Disponível em: <http://www.colorsystem.com/?page_id=976&lang=en>. Acesso em: 11 nov. 2017.

COLENCI, A. V. P. **Degradação do cabelo humano causada pelo uso de alisantes contemporâneos e outros processos químicos.** 2017. 89 f. Tese (Doutorado em Ciências), Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2017.

DARIO, M. F. Pahl, R.;de Castro, J. R.; de Lima, F. S.; Kaneko, T. M.; Pinto, C. A.S.O.;Baby, A. R.;Velasco, M. V. R. Efficacy of Punica granatum L. hydroalcoholic extract on properties of dyed hair exposed to UVA radiation. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v. 120, p. 142–147, 2013.

7. REFERÊNCIAS

DARIO, M. F. **Desenvolvimento e avaliação de eficácia de nanoemulsão catiônica bioativa na proteção capilar aos danos foto-oxidativos**. 2016. 187 f. Tese (Doutorado em Fármacos e Medicamentos) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

DARIO, M. F.;FREIRE, T. B.; PINTO, C. A.S.O.;PRADO, M. S. A.;BABY, A. R.;VELASCO, M. V. R. Tryptophan and kynurenine determination in human hair by liquid chromatography. **Journal of Chromatography B**, v. 1065–1066, p. 59–62, 2017.

DEDAVID, BERENICE ANINA; GOMES, CARMEM ISSE; MACHADO, G. **Microscopia Eletrônica de Varredura: Aplicações e preparações de amostras**.1ª.ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007. 60 p.

DIAS, M. F. R. G Hair Cosmetics: An Overview. **International Journal of Trichology**, v. 7, n. 1, p. 2–15, 2015.

DIAS, M. F. R. G.; PICHLER, A.; ADRIANO, A. R.; DE ALMEIDA, A. M. The Shampoo pH can affect the hair: Myth or Reality? **International journal of trichology**, v. 6, n. 3, p. 95–9, 2014.

DIAS, T. C.; BABY, A. R.; KANEKO, T. M.; VELASCO, M.V.R. Protective effect of conditioning agents on Afro-ethnic hair chemically treated with thioglycolate-based straightening emulsion. **Journal of Cosmetic Dermatology**, v. 7, n. 2, p. 120–126, 2008.

DIAS, T. C.; BABY, A. R.; KANEKO, T. M.; VELASCO, M.V.R. Relaxing/straightening of Afro-ethnic hair: historical overview. **Journal of Cosmetic Dermatology**, v. 6, n. 1, p. 2–5, 2007.

DRAELOS, Z. D. Hair Cosmetics. In: **Hair Growth and Disorders**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2008. p. 499–513.

DRAHL, C. Hair Straighteners. **Chemical and engineering news.** v. 88, n. 45, p. 54, 2010.

DYER, J.; PLOWMAN, J.; KRSINIC, G.; DEB-CHOUDHURY, S.;KOEHN, H.;MILLINGTON, K.R.; CLERENS, S. Proteomic evaluation and location of UVB-induced photo-oxidation in wool. **Journal of photochemistry and photobiology B: Biology**, v. 98, n. 2, p. 118–27, 2010.

EVANS, A.;MARSH, A.;WICKETT, R. The structural implications of water hardness metal uptake by human hair. **International Journal of Cosmetic Science**. v. 33, n. 5, p. 477-82, 2011.

FARIA, D. L. Entenda o que é espectroscopia Raman. **Química Viva – CRQ IV**. p. 1-4, 2011.

FERNÁNDEZ, E.; BARBA, C.; ALONSO, C.; MARTI, M.; PARRA, J. L.; CODERCH, L. Photodamage determination of human hair. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v. 106, n. 1, p. 101–106, 2012.

7. REFERÊNCIAS

FRANÇA, S. A. **Caracterização dos cabelos submetidos ao alisamento/ relaxamento e posterior tingimento**. 2014. 129 f. Dissertação (Mestrado em Fármacos e Medicamentos) Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

FRANCISCO, J. L.; FRANÇA, K. C.; JASINKI, M. Queratina. **REDETEC**. Dossiê Técnico. Rio de Janeiro, 2007. 21 p.

GAMA, R. M. **Avaliação do dano a haste capilar ocasionado por tintura oxidativa aditivada ou não de substâncias condicionadoras**. 2010. 181 f. Dissertação (Mestrado em Fármaco e medicamentos) Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

GAO, T.; MOSES, C.; LANDA, P.; GALLAGHER, K. Hair vibrance fator: A new paameter for characterizing hair colour. **Colour Cosmetics**. 2002. n.1, p. 16-19.

GARCIA, M. L.; DIAZ, J. Combability Measurements on Human Hair. **Journal of the Society of Cosmetic Chemists**, v. 27, n. 9, p. 379–398, 1976.

GRAY J. Hair care and hair care products. Clinics in Dermatology.v. 19, n. 2, p. 227–236, 2001.

HALAL, J. **Hair structure and chemistry simplified**. 5. ed. New York: Cengage Learning, 2009. 304 p.

HARRISON, S.; SINCLAIR, R. Hair colouring, permanent styling and hair structure. **Journal of cosmetic dermatology**, v. 2, n. 3–4, p. 180–5, 2003.

HOTING, E.; ZIMMERMANN, M.; HOCKER, H. Photochemical alterations in human hair. Part II: Analysis of melanin. **Journal of the Society of Cosmetic Chemists**, v. 46, n. 8. p. 181–190, 1995.

ISTRATE, D.;POPESCU, C.;MOLLER, M. Non-isothermal kinetics of hard alpha-keratin thermal denaturation. **Macromolecular bioscience**. v. 9, n. 8, p. 805-12, 2009.

KIRSCHENBAUM, L. J.; QU, X.; BORISH, E. T. Oxygen radicals from photoirradiated human hair: An ESR and fluorescence study. **Journal of the Society of Cosmetic Chemists**, v. 51, n.6. p. 169–182, 2000.

LATORRE, C.; BHUSHAN, B. Investigation of scale effects and directionality dependence on friction and adhesion of human hair using AFM and macroscale friction test apparatus. **Ultramicroscopy**, v. 106, n. 8–9, p. 720–734,2006.

LEE, Y.; KIM, Y.; HYUN, H.; PI, L.; JIN, X.; LEE, W. Hair shaft damage from heat and drying time of hair dryer. **Annals of Dermatology**, v. 23, n. 4, p. 455–62, 2011.

LEFAUDEUX, N.; LECHOCINSKI, N.; CLEMENCEAU, P.; BREUGNOT, S. New luster formula for the characterization of hair tresses using polarization imaging. **International Journal of Cosmetic Science**, v. 32, n. 2, p. 157, 2010.

7. REFERÊNCIAS

LIMA, C. R. R. DE C.; MACHADO, L.D.B.; VELASCO, M. V. R.; MATOS, J. R. DSC measurements applied to hair studies. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, v. 132, n. 3, p. 1429–1437, 2018.

LOCKE, B.; JACHOWICZ, J. Fading of artificial hair colour and its prevention by photo-filters. **International Journal of Cosmetic Science**, v. 28, n. 3, p. 231–232, 2006.

MCLAREN, K. XIII-The Development of the CIE 1976 (L* a* b*) Uniform Colour Space and Colour-difference Formula. **Journal of the Society of Dyers and Colourists**, v. 92, n. 9, p. 338–341, 2008.

MILCZAREK, P.; ZIELINSKI, M.; GARCIA, M. L. The mechanism and stability of thermal transitions in hair keratin. **Colloid & Polymer Science**, v. 270, n. 11, p. 1106–1115, 1992.

MINITAB. O que é ANOVA? Disponível em: <https://support.minitab.com/pt-br/minitab/18/help-and-how-to/modeling-statistics/anova/supporting-topics/basics/what-is-anova/>. Acesso em: 17 jan. 2019.

MIRANDA-VILELA, A. L.; BOTELHO, A. J.; MUEHLMANN, L. A. An overview of chemical straightening of human hair: Technical aspects, potential risks to hair fibre and health and legal issues. **International Journal of Cosmetic Science**, 2014. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24102549>. Acesso em: 23 nov. 2017

MONTEIRO, V. F.; MACIEL, A. P.; LONGO, E. Thermal analysis of caucasian human hair. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, v. 79, n. 2, p. 289–293, 2005.

NARAYANAN, D. L.; SALADI, R. N.; FOX, J. L. Review: Ultraviolet radiation and skin cancer. **International Journal of Dermatology**, v. 49, n. 9, p. 978–986, 30, 2010.

NOGUEIRA, A. C. S; JOEKES, I. Hair color changes and protein damage caused by ultraviolet radiation. **J Photochem Photobiol B**, v. 74, n. 2–3, p. 109–117, 2004.

PILAWA, B.; ZDYBEL, M.; CHODUREK, E. Application of Electron Paramagnetic Resonance Spectroscopy to Examine Free Radicals in Melanin Polymers and the Human Melanoma Malignum Cells. In: **Melanin**. Londres: IntechOpen, 2017. cap. 5. P. 80-103.

POPESCU, C.; GUMMER, C. DSC of human hair: a tool for claim support or incorrect data analysis? **International Journal of Cosmetic Science**, v. 38, n. 5, p. 433–439, 2016.

POPESCU, C.; HÖCKER, H. Hair - the most sophisticated biological composite material. **Chemical Society Reviews**, v. 36, n. 8, p. 1282, 2007.

POZEBON, D.; DRESSLER, V. L.; CURTIUS, A. J. Análise de cabelo: uma revisão dos procedimentos para a determinação de elementos traço e aplicações. **Quimica Nova**, v. 22, n. 6, p. 838-846, 1999.

7. REFERÊNCIAS

REID, T. **How Heat Damages Human Hair**. Disponível em: <https://www.voanews.com/a/how-heat-damages-human-hair/2993575.html>. Acesso em: 11 nov. 2017.

ROBBINS, C.R. Chemical and Physical Behavior of Human Hair, Third Edition, Springer- Verlaq, 1994

ROBBINS, C. R. **Chemical and Physical Behavior of Human Hair**. 4. ed. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2012. 724 p.

ROCHA, L. DE M.; MOREIRA, L. M. DE A. Diagnóstico laboratorial do albinismo oculocutâneo. **Jornal Brasileiro de Patologia e Medicina Laboratorial**, v. 43, n. 1, p. 25–30, 2007.

RUTHERFURD, S.; RICHARDSON, R.; MOUGHAN, P. The stability of tryptophan, 5-methyl-tryptophan and a-methyltryptophan during NaOH hydrolysis of selected foods. **Food Chemistry**, v. 188, p. 377–383, 2015.

SÁ DIAS, T. C. **Avaliação *in vitro* do efeito de diferentes processos de alisamento químico/térmico na fibra capilar**.2015.229 f. Tese (Doutorado em Fármacos e Medicamentos), Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

SCHUCH, A. P.; GARCIA, C. C. M.; MAKITA, K.; MENCK, C. F. M. DNA damage as a biological sensor for environmental sunlight. **Photochemical & Photobiological Sciences**, v. 12, n. 8, p. 1259, 2013.

SEBETIĆ, K.; SJEROBABSKI, M. I.; CAVKA, V.; BILJAN, D.; KROLO, I. UV damage of the hair. **Collegium Antropologicum**, v. 32, n. 2, p. 163–5, 2008.

SIMPSON, W.; CRAWSHAW, G. **Wool: Science and Technology** Cambridge Woodhead Publishing, 2002. Disponível em: http://books.google.ie/books/about/Wool.html?id=_70kahAhonYC&pgis=1

TADDEI, P. A.; BOGA, C. B.; MICHELETTI, G.;BALLARIN, B. Vibrational study on the interactions between yak keratin fibres and glyoxylic acid, **Journal of Raman Spectroscopy**, v. 46, p. 100–108, 2015.

THIBAUT, S.; BARBARAT, P.; LEROY, F.; BERNARD, B. A. Human hair keratin net-work and curvature.**International Journal of Dermatology**,v.46, n.1, p.7–10, 2007.

TOMES, C.; JONES, J. T.; CARR, C.M.;JONES, D. Three-dimensional imaging and analysis of the surface of hair fibres using scanning electron microscopy. **International Journal of Cosmetic Science**, v. 29, n. 4, p. 293–299, 2007.

TORRES, B. B. et al. **Bioquímica da Beleza Universidade de São Paulo**, 2005. 105p. Disponível em: <http://www.iq.usp.br/bayardo/bioqbeleza/bioqbeleza.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2017

7. REFERÊNCIAS

VELASCO, M. V. R.; DIAS, T. C. S.; FREITAS, A. Z., JUNIOR, N. D. V.; PINTO, C. A. S. .O.; KANEKO, T. M.; BABY, A. R.Hair fiber characteristics and methods to evaluate hair physical and mechanical properties. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 45, n. 1, p. 153–162, 2009.

WAGNER, R. DE C. C. **A estrutura da medula e sua influência nas propriedades mecânicas e de cor do cabelo**. 2006. 95 f. Tese (Doutorado em Ciências), Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

YUST, M. M.; PEDROCHE, J.; GIRON-CALLE, J.; VIOQUE, J.; MILLAN, F., ALAIZ, M. Determination of tryptophan by high-performance liquid chromatography of alkaline hydrolysates with spectrophotometric detection. **Food Chemistry**, v. 85, n. 2, p. 317–320, 2004.

Anexos

Anexo A – Informações para os Membros de Bancas Julgadoras de Mestrado/Doutorado

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Faculdade de Ciências Farmacêuticas
Secretaria de Pós-Graduação

Informações para os Membros de Bancas Julgadoras de Mestrado/Doutorado

1. O candidato fará uma apresentação oral do seu trabalho, com duração máxima de trinta minutos.

2. Os membros da banca farão a arguição oral. Cada examinador disporá, no máximo, de trinta minutos para arguir o candidato, exclusivamente sobre o tema do trabalho apresentado, e o candidato disporá de trinta minutos para sua resposta.

2.1. Com a devida anuência das partes (examinador e candidato), é facultada a arguição na forma de diálogo em até sessenta minutos por examinador.

3. A sessão de defesa será aberta ao público.

4. Terminada a arguição por todos os membros da banca, a mesma se reunirá reservadamente e expressará na ata (relatório de defesa) a aprovação ou reprovação do candidato, baseando-se no trabalho escrito e na arguição.

4.1. Caso algum membro da banca reprove o candidato, a Comissão Julgadora deverá emitir um parecer a ser escrito em campo exclusivamente indicado na ata.

4.2. Será considerado aprovado o aluno que obtiver aprovação por unanimidade ou pela maioria da banca.

5. Dúvidas poderão ser esclarecidas junto à Secretaria de Pós-Graduação: pgfarma@usp.br, (11) 3091 3621.

São Paulo, 05 de maio de 2017.

Prof. Dr. João Roberto Oliveira do Nascimento
Presidente da CPG/FCF/USP

Av. Prof. Lineu Prestes, 580, Bloco 13 A - Cidade Universitária - CEP 05508-900 - São Paulo - SP
Fone: (11) 3091 3621 - Fax (11) 3091 3141 – e-mail: pgfarma@usp.br

ANEXO B – PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA

USP - FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS DA UNIVERSIDADE DE SÃO

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Avaliação das Propriedades das Fibras Capilares Tratadas com Alisantes e Tinturas

Pesquisador: Maria Valéria Robles Velasco
Área Temática:
Versão: 2
CAAE: 91710318.6.0000.0067
Instituição Proponente: Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo
Patrocinador Principal: MINISTERIO DA CIENCIA, TECNOLOGIA E INOVACAO
Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.997.724

Apresentação do Projeto:
Trata-se da versão 2 do projeto analisado em reunião deste CEP em 03 de setembro de 2018.
Apresentação:
Os produtos para alisamento das fibras capilares são amplamente utilizados no Brasil principalmente, pelo público feminino. Porém, estes procedimentos podem causar danos ao cabelo do usuário e, também, para o profissional que está atuando. Existem inúmeros tratamentos capilares como tinturas, descolorantes, alisantes, secadores e piastra, mas o uso desses podem modificar algumas propriedades da haste capilar como: penteabilidade, resistência à tração, fricção, cor, brilho e conteúdo proteico. Desta forma o estudo sobre esses possíveis danos e modificações torna-se relevante e orientativo. Com o objetivo de avaliar as mudanças nas hastes capilares tratadas com tinturas e ou descoloração, alisantes, expostas ao calor (dano térmico) e a radiação UV, de diferentes tipos de cabelos, foram utilizadas diferentes metodologias para avaliar as propriedades como: penteabilidade, resistência, fricção, quantificação de triptofano, perda proteica equivalente em albumina, analise colorimétrica e análise por imagem (MEV) a fim de determinar as mudanças nas hastes capilares e os possíveis danos causados.

Endereço: Av. Prof. Lineu Prestes, 580, Bloco 13A, sala 112
Bairro: Butantã **CEP:** 05.508-000
UF: SP **Município:** SAO PAULO
Telefone: (11)3091-3622 **Fax:** (11)3031-8986 **E-mail:** cepfcf@usp.br

ANEXO B – PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA

Parecer Anterior	P_2869132.pdf	12:06:07	GOSHIYAMA	Aceito
Outros	declaracao_mechas.pdf	17/09/2018 12:03:55	ALESSANDRA MARI GOSHIYAMA	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto.pdf	18/06/2018 18:28:35	ALESSANDRA MARI GOSHIYAMA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.pdf	18/06/2018 16:42:45	ALESSANDRA MARI GOSHIYAMA	Aceito
Declaração de Pesquisadores	declaracao_alessandra.pdf	18/06/2018 16:42:06	ALESSANDRA MARI GOSHIYAMA	Aceito
Declaração de Pesquisadores	declaracao_mariavaleria.pdf	18/06/2018 16:41:46	ALESSANDRA MARI GOSHIYAMA	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	declaracao_anuencia.pdf	18/06/2018 16:39:30	ALESSANDRA MARI GOSHIYAMA	Aceito
Folha de Rosto	folha_de_rosto.pdf	18/06/2018 16:38:24	ALESSANDRA MARI GOSHIYAMA	Aceito

Situação do Parecer:
Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:
Não

SAO PAULO, 03 de Novembro de 2018

Assinado por:
Cristina Northfleet de Albuquerque
(Coordenador(a))

ANEXO C – FICHA DO ALUNO

Janus - Sistema Administrativo da Pós-Graduação

Universidade de São Paulo
Faculdade de Ciências Farmacêuticas
FICHA DO ALUNO

9139 - 7949175/1 - Alessandra Mari Goshiyama

Email:	alessandra.mari@usp.br
Data de Nascimento:	27/07/1992
Cédula de Identidade:	RG - 48.510.527-5 - SP
Local de Nascimento:	Estado do Rio Grande do Sul
Nacionalidade:	Brasileira
Graduação:	Farmacêutica-Bioquímica - Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto - Universidade de São Paulo - São Paulo - Brasil - 2016

Curso:	Mestrado
Programa:	Fármaco e Medicamentos
Área:	Produção e Controle Farmacêuticos
Data de Matrícula:	08/02/2017
Início da Contagem de Prazo:	08/02/2017
Data Limite para o Depósito:	08/08/2019
Orientador:	Prof(a). Dr(a). Maria Valeria Robles Velasco - 08/02/2017 até o presente. Email: mvrobles@usp.br
Proficiência em Línguas:	Inglês, Aprovado em 02/02/2017
Data de Aprovação no Exame de Qualificação:	Aprovado em 22/02/2018
Data do Depósito do Trabalho:	
Título do Trabalho:	
Data Máxima para Aprovação da Banca:	
Data de Aprovação da Banca:	
Data Máxima para Defesa:	
Data da Defesa:	
Resultado da Defesa:	

Aluno matriculado no Regimento da Pós-Graduação USP (Resolução nº 6542 em vigor de 20/04/2013 até 28/03/2018).
Última ocorrência: Matrícula de Acompanhamento em 16/07/2018
Impresso em: 23/01/2019 10:29:31

ANEXO C – FICHA DO ALUNO

Janus - Sistema Administrativo da Pós-Graduação

Universidade de São Paulo
Faculdade de Ciências Farmacêuticas
FICHA DO ALUNO

9139 - 7949175/1 - Alessandra Mari Goshiyama

Sigla	Nome da Disciplina	Início	Término	Carga Horária	Cred.	Freq.	Conc.	Exc.	Situação
FBF5704-6/5	Análise Espectrométrica de Fármacos	06/03/2017	18/06/2017	150	10	90	A	N	Concluída
FBF5777-3/8	Tópicos Gerais de Fármaco e Medicamentos I	09/03/2017	22/06/2017	45	3	93	A	N	Concluída
FBF5779-3/1	Preparo de Artigos Científicos na Área de Farmácia	10/03/2017	19/05/2017	90	0	-	-	N	Matrícula cancelada
FBF5805-2/4	Delineamento de Experimentos e Ferramentas Estatísticas Aplicadas às Ciências Farmacêuticas	03/08/2017	11/10/2017	90	6	100	A	N	Concluída
FBF5751-8/1	Introdução aos Métodos Termoanalíticos	29/08/2017	09/11/2017	150	10	100	A	N	Concluída
FBF5830-1/1	Formulações Cosméticas e Dermatológicas: Aspectos Clínicos	09/10/2017	12/11/2017	75	5	80	A	N	Concluída
PGF5205-3/10	Microscopia de Força Atômica e Tunelamento (Instituto de Física - Universidade de São Paulo)	05/03/2018	22/06/2018	150	0	-	-	N	Matrícula cancelada

	Créditos mínimos exigidos		Créditos obtidos
	Para exame de qualificação	Para depósito da dissertação	
Disciplinas:	0	25	34
Estágios:			
Total:	0	25	34

Créditos Atribuídos à Dissertação: 71

Conceito a partir de 02/01/1997:
A - Excelente, com direito a crédito; B - Bom, com direito a crédito; C - Regular, com direito a crédito; R - Reprovado; T - Transferência.
Um(1) crédito equivale a 15 horas de atividade programada.

Última ocorrência: Matrícula de Acompanhamento em 16/07/2018
Impresso em: 23/01/2019 10:29:31