



Fundação Educacional do Município de Assis
IMESA - Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis

JOÃO VITOR DE OLIVEIRA ZIMMERMAN

**EXTRAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE QUERATINA DO CABELO PARA
OBTENÇÃO DE BIOPLÁSTICOS**

ASSIS/SP

2017



Fundação Educacional do Município de Assis
IMESA - Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis

JOÃO VITOR DE OLIVEIRA ZIMMERMAN

**EXTRAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE QUERATINA DO CABELO PARA
OBTENÇÃO DE BIOPLÁSTICOS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Bacharel e Licenciatura em Química Industrial do Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis – IMESA e a Fundação Educacional do Município de Assis – FEMA, como requisito parcial à obtenção do Certificado de Conclusão de curso.

Orientando: João Vitor de Oliveira Zimmerman
Orientador: Me. Alexandre Vinicius Guedes Mazalli

ASSIS/SP

2017

FICHA CATALOGRÁFICA

ZIMMERMAN, João Vitor de Oliveira.

Extração e quantificação de queratina para obtenção de bioplásticos / João Vitor de Oliveira Zimmerman. Fundação Educacional do Município de Assis –FEMA – Assis, 217.

44 páginas.

Orientador: Me. Alexandre Vinicius Guedes Mazalli.

Trabalho de Conclusão de Curso – Instituto Municipal do Município de Assis – IMESA.

1. Cabelo. 2. Queratina. 3. Biofilme.

CDD: 660
Biblioteca da FEMA

EXTRAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE QUERATINA DO CABELO PARA OBTENÇÃO DE BIOPLÁSTICOS

JOÃO VITOR DE OLIVEIRA ZIMMERMAN

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis, como requisito do Curso de Graduação, avaliado pela seguinte comissão examinadora:

Orientador: Me. Alexandre Vinicius Guedes Mazalli

Examinador: Dra. Mary Leiva de Faria

Assis/SP
2017

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família e amigos,
em especial a meu avô Olécio.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ser minha estrutura nas horas frágeis e me proporcionar momentos maravilhosos, que jamais esquecerei. A meus pais Elaine e Valdir, e minha namorada Bruna que sempre me apoiaram e incentivaram, à minha avó que me ajudou muito durante meus estudos e a todos meus familiares que de alguma forma me ajudaram. A meus amigos e colegas de sala, em especial Franciele e Luana, que desde o início foram companheiras de estudo.

Agradeço a Fundação Educacional do Município de Assis, pelo devido suporte para realização deste trabalho, em especial ao Fernando do laboratório e os profissionais do CEPECI pela ajuda fornecida.

Agradeço a UNESP de Assis, em especial o laboratório fitolab de pós-graduação do professor Dr. Regildo Márcio Gonçalves da Silva, que com seus alunos Anderson e Amanda, contribuíram para realização deste trabalho.

Por fim, agradeço a todos os professores do curso, em especial a meu orientador e amigo, Me. Alexandre Mazalli, pelas orientações e conselhos, pela paciência e simplicidade, que de alguma forma levarei para sempre.

“As pessoas que vencem nesse mundo são aquelas que procuram as circunstâncias de que precisam e, quando não as encontram, as criam.”

Bernard Shaw

RESUMO

Desde os tempos mais antigos o cabelo é um elemento essencial da personalidade humana. Não apresenta importância vital, porém protege nossa cabeça do frio e dos raios ultravioletas, além de ter uma importante função social, pois é um importante item para aceitação em grupos sociais. O cabelo é composto por proteínas, água, lipídios e minerais, possuindo como maior constituinte a queratina, que é uma proteína fibrosa, e que apresenta características de insolubilidade em água, flexibilidade e alta resistência mecânica, principalmente devido à presença da cisteína, um aminoácido capaz de fazer fortes ligações dissulfeto, devido a presença do elemento enxofre na molécula. As mesmas características naturais da queratina são desejadas em materiais sintéticos como os plásticos e biofilmes, estes por sua vez tem a produção crescendo a cada ano, apesar do preço ainda ser elevado quando comparado com os polímeros obtidos a partir do petróleo, o consumo elevado destes materiais tem preocupado os ambientalistas, devido ao tempo de decomposição desses materiais. Assim, este trabalho teve por objetivo a extração de queratina do cabelo utilizando solução de Tris-HCl (pH 8,5), tioureia, ureia, e 2-mercaptoetanol, através de 20mg da amostra em 5 mL de solução extratora durante 2,5 h á 50°C com posterior filtragem utilizando peneira de 100 mesh. O filtrado então foi utilizado para quantificação de queratina pelo método de Bradford, com leitura em espectrofotômetro a 595 nm e determinação da concentração de proteína total por curva analítica de albumina de soro bovino (BSA) e elaboração de biofilmes. Os filmes foram obtidos pelo método de casting, onde 10 mL de solução de queratina foram preparadas com a adição de quantias variáveis de 0,00 a 0,30 g de glicerol/g de queratina (com variações de 0,10), posteriormente aquecidas em estufa de ar forçado à 40°C por 3 horas para evaporação de compostos voláteis presentes na solução extratora, seguidas de aquecimento à 120°C por 1 hora. Os valores médios extraídos das amostras foram de 479,76 ug de proteína/ mg de cabelo nas amostras ou de 9,60 mg de proteína/ mL de solução, sendo estes valores bons aos comparados na literatura. Com os resultados apresentados é possível concluir que a extração de queratina de uma maneira mais simples, sem utilização da diálise foi atingida, conseguindo valores próximos a 46% do total de proteína no cabelo. Porém, para obtenção dos biofilmes, torna-se necessária a aplicação de métodos mais elaborados como a diálise, que concentra a queratina e elimina o 2-mercaptoetanol e outros compostos utilizados na extração da proteína, tornando possível assim à elaboração dos biofilmes.

Palavras-chave: Cabelo; Queratina, Biofilme.

ABSTRACT

Since the earliest times the hair is an essential element of the human personality. It is not vitally important, but it protects our head from cold and ultraviolet rays, as well as having an important social function, since it is an important item for acceptance in social groups. Hair is composed of proteins, water, lipids and minerals, having keratin, which is a fibrous protein, and has water insolubility, flexibility and high mechanical resistance, mainly due to the presence of cysteine, an amino acid capable of making strong disulfide bonds, due to the presence of the sulfur element in the molecule. The same natural characteristics of keratin are desired in synthetic materials such as plastics and biofilms, these in turn have the production growing every year, although the price is still high when compared to polymers obtained from petroleum, the high consumption of these materials has worried environmentalists, due to the time of decomposition of these materials. The aim of this study was to extract keratin from the hair using Tris-HCl (pH 8.5), thiourea, urea, and 2-mercaptoethanol solution through 20mg of the sample in 5 mL of extractive solution for 2.5 h at 50 ° C with subsequent filtration using a 100 mesh screen. The filtrate was then used for quantification of keratin by the Bradford method, with a spectrophotometer reading at 595 nm and determination of the total protein concentration by analytical curve of bovine serum albumin (BSA) and preparation of biofilms. The films were obtained by the casting method, where 10 mL of keratin solution were prepared with the addition of varying amounts of 0.00 to 0.30 g of glycerol / g of keratin (with variations of 0.10), subsequently heated in a forced air oven at 40 ° C for 3 hours for the evaporation of volatile compounds present in the extractive solution, followed by heating at 120 ° C for 1 hour. The mean values extracted from the samples were 479.76 μg of protein / mg of hair in the samples or 9.60 mg of protein / mL of solution, and these values were good compared to the literature. With the results presented, it is possible to conclude that the extraction of keratin in a simpler way without the use of dialysis was achieved, reaching values close to 46% of the total protein in the hair. However, in order to obtain biofilms, it is necessary to apply more elaborate methods such as dialysis, which concentrates the keratin and eliminates the 2-mercaptoethanol and other compounds used in the extraction of the protein, thus making possible the preparation of biofilms.

Keywords: Hair, Keratin, biopolymer.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Estrutura da fibra capilar.....	15
Figura 2: Cutícula do cabelo.....	16
Figura 3: Complexo da membrana celular (CMC)	17
Figura 4: Fibras do córtex e seus constituintes.....	18
Figura 5. Medula	18
Figura 6. Representação da ligação peptídica.....	19
Figura 7. Formação do monômero da melanina	21
Figura 8. (a) Estrutura do monômero da Feomelanina. (b) Estrutura do monômero da Eumelanina.	21
Figura 9. Fragmento de queratina tipo I [Homo sapiens]/[Ovis aries]/[Rattus norvegicus].....	22
Figura 10. Cisteína e Cistina.....	23
Figura 11. Representação das secções transversais dos diferentes tipos de cabelo.	23
Figura 12. Formação do biureto. (In: www.fcfar.unesp.br)	28
Figura 13. Representação da interação entre o íon cúprico e as cadeias proteicas.....	28
Figura 14. Cabelos coletados	30
Figura 15. Amostras em banho maria.....	30
Figura 16. Amostras com o reagente de Bradford prontas para leitura.....	31
Figura 17. Curva analítica de BSA	32
Figura 18. Resultados da extração de queratina em mL de proteína/mL de solução	33
Figura 19. Resultados da extração de queratina em ug de proteína/mg de cabelo	33
Figura 20. Representação da ligação dissulfeto.	35
Figura 21. (A) Filme cristalizado com adição de 0,2g de plastificante. (B) Filme com adição de 0,3g de plastificante.	35
Figura 22. (A) Filme com adição de 0,1g de glicerol em formação. (B) Filme obtido em placa.	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Características raciais dos cabelos.....	24
Tabela 2: Comparação dos resultados com a literatura.....	34

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. O CABELO	14
3. ESTRUTURA DO CABELO	15
3.1. CUTÍCULA	15
3.2. COMPLEXO DA MEMBRANA CELULAR (CMC)	16
3.3. CÓRTEX.....	17
3.4. MEDULA.....	18
4. COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO CABELO	19
4.1. PROTEÍNAS	19
4.2. LIPÍDIOS.....	19
4.3. ÁGUA E ELEMENTOS TRAÇOS	20
4.4. PIGMENTOS	20
5. QUERATINA	22
6. BIOFILMES	25
7. TESTE RÁPIDO PARA IDENTIFICAÇÃO DE PROTEÍNAS	27
7.1. PARTE EXPERIMENTAL	27
7.1.2. Métodos	28
8. MATERIAIS E MÉTODOS	29
8.1. MATERIAIS	29
8.2. REAGENTES.....	29
8.3. MÉTODOS.....	29
8.3.1. Amostras	29
8.3.2. Extração da queratina	30
8.3.3. Quantificação da queratina	31
8.3.4. Elaboração dos filmes	31
9. RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
9.1. QUANTIFICAÇÃO	32
9.2. ELABORAÇÃO DOS FILMES	34
10. CONCLUSÃO	38
REFERÊNCIAS	39

1. INTRODUÇÃO

Desde os tempos mais antigos os cabelos são elementos fundamentais da personalidade humana. Eles representam um meio de expressão e podem revelar até mesmo aquilo que às vezes queremos esconder, como a nossa idade por exemplo. O cabelo humano é composto aproximadamente de 65-95% proteína (principalmente queratina), 15-35% água, e 1-9% lipídios e o conteúdo mineral é 0,25-0,95% (HARKEY, 1993).

A queratina é uma proteína fibrosa, que apresenta propriedades de resistência e/ou flexibilidade as estruturas nas quais estão presentes. Todas as proteínas fibrosas são insolúveis em água. Esta propriedade é devido à elevada concentração de aminoácidos hidrofóbicos tanto na superfície quanto no interior da proteína (NELSON; COX. 2002). As proteínas organizam as cadeias de polipeptídios fortemente associadas entre si em estruturas paralelas, formando uma matriz contínua após a secagem. Devido as características da queratina de resistência e flexibilidade, também funções estruturais e mecânicas, surge a possibilidade de transformá-las em materiais com essas características, como plásticos ou filmes (MOORE et al, 2006).

Os plásticos convencionais são produzidos principalmente a partir do petróleo, porém estes demoram muito para se decompor, causando grande impacto ambiental. Assim com a necessidade de redução dos mesmos, surgiram os bioplásticos, que se decompõem com maior facilidade, e ainda reutilizam outros dejetos que seriam problema para o meio ambiente (OLIVEIRA, 2014).

Os filmes biodegradáveis proporcionam vantagens ecológicas sob as embalagens poliméricas convencionais, devido a sua facilidade em se decompor. Filmes à base de proteínas têm sido usados como protetores de medicamentos na indústria farmacêutica como cápsulas de gelatina, revestimento de salsichas e aplicações em embalagens descartáveis (MOORE et al, 2006).

Com os conhecimentos obtidos ao longo do tempo sabe-se que o cabelo após ser cortado não se decompõe e que não existe uma destinação correta para eles, o que pode causar futuramente um problema ambiental, portanto, o presente trabalho tem como objetivo extrair de maneira simples a queratina do cabelo e produzir um biofilme a partir dessa queratina.

2. O CABELO

Não sabe-se ao certo a origem do homem, se foi criado por Deus, ou se de acordo com o Darwinismo evoluímos e nos adaptamos a partir dos nossos descendentes primatas, mas fato é que seja qual for a origem, os cabelos sempre estiveram presentes na humanidade. Este desempenha funções importantes na vida social, como na estética humana e na diferenciação pessoal, de acordo com as colorações, cortes e penteados. Os cabelos são da maior importância para povos de diferentes regiões e épocas estando associado à sedução, à religião, à virilidade, sabedoria e até humilhação (SOUZA, 2009).

O cabelo no couro cabeludo, apesar de não desempenhar uma função vital, possui várias funções como: proteger a cabeça da perda de calor, de traumatismos e ainda das agressões do sol (MARIEB & HOEHN, 2007)

Desde a antiguidade os cabelos representam um item fundamental da personalidade humana, da beleza, da sedução e, às vezes, até símbolo do poder e da força. Ainda hoje, permanece um profundo valor simbólico, como resistência e preservação de cultura (SANTOS; CONCEIÇÃO; BRITO, 2012).

A importância social do cabelo está associada aos grupos sociais no qual o indivíduo se encaixa ou é aceito e, muitas vezes, o cabelo é fundamental para essa integração, como por exemplo, os artistas do Hard Rock não possuem uma vestimenta e um visual muito bem definido, mas tatuagens e cabelos cumpridos são traços característicos, que são adotados também pelos fãs. Exemplos claros de bandas de hard rock internacionais são Guns n'Roses, Van Halen e Bon Jovi (GRANDE, 2006).

3. ESTRUTURA DO CABELO

A fibra capilar apresenta-se estruturalmente dividida em cutícula, córtex, complexo da membrana celular e eventualmente medula, pois esta pode estar ausente em pacientes idosos, a estrutura pode ser observada na figura 1.

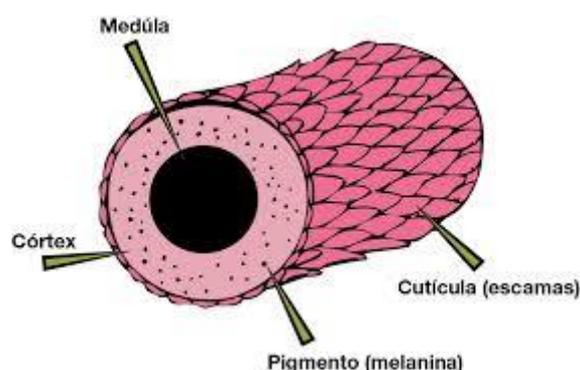


Figura 1: Estrutura da fibra capilar: (In: AGUIAR, cabeleirafeminina.blogspot.com.br, 2013).

3.1. CUTÍCULA

A cutícula (figura 2) é constituída por material proteico e amorfo, é a parte mais externa do cabelo que se constitui de células mortas achatadas sobrepostas, tais células são denominadas escamas e formam de cinco a dez camadas, cada uma com 350-450 nm de espessura. Cada célula é revestida por uma membrana externa denominada epicutícula, rica em ácidos graxos e cistina (aminoácido que compõem a queratina e possui grande quantidade de enxofre). A estrutura celular da cutícula é composta por três grandes camadas:

- Camada-A externa que é um componente do alto teor de cistina (~ 30%) e localizada no aspecto externo de cada célula, é altamente reticulada, o que proporciona a esta camada considerável resistência mecânica e resiliência química.
- A exocutícula é uma fina camada de material que é conhecida como camada interna que é imediatamente adjacente à camada A, possuindo uma quantidade menor de cistina, mas ainda é sendo considerado um bom teor de cistina (~ 15%).

- A endocutícula interna, que possui a menor concentração em cistina (~ 3%) podendo até ser desprovida (ABRAHAM et al, 2009; BHUSHAN, 2010).

A cutícula tem a função de proteger as células do córtex, pelas propriedades superficiais (brilho e atrito) além de regular a entrada e saída de água (CUELHO; BONILHA; CANTO; 2013).

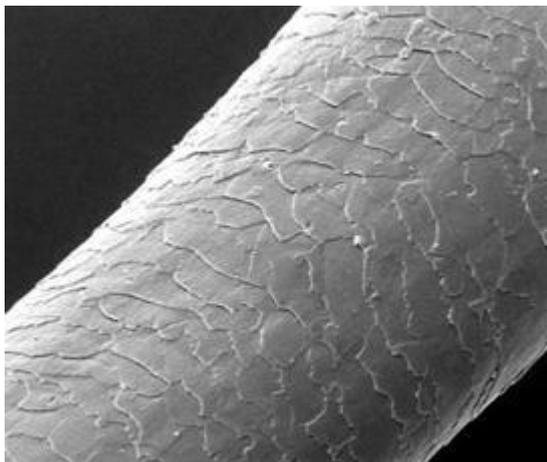


Figura 2: Cutícula do cabelo: (In: <<https://naturalmentebonita.bioextratus.com.br>>, 2014).

3.2. COMPLEXO DA MEMBRANA CELULAR (CMC)

O complexo da membrana celular (figura 3) separa cada célula cuticular das adjacentes e também está possivelmente envolvido com as propriedades mecânicas da fibra, constituídas por duas camadas membranosas lipoprotéicas, os lipídeos estruturais do complexo da membrana celular, associados a uma matriz proteínácea, dos quais não somente asseguram a conexão entre os componentes do cabelo como também formam uma barreira contra certos processamentos químicos e físicos (WAGNER, 2006).

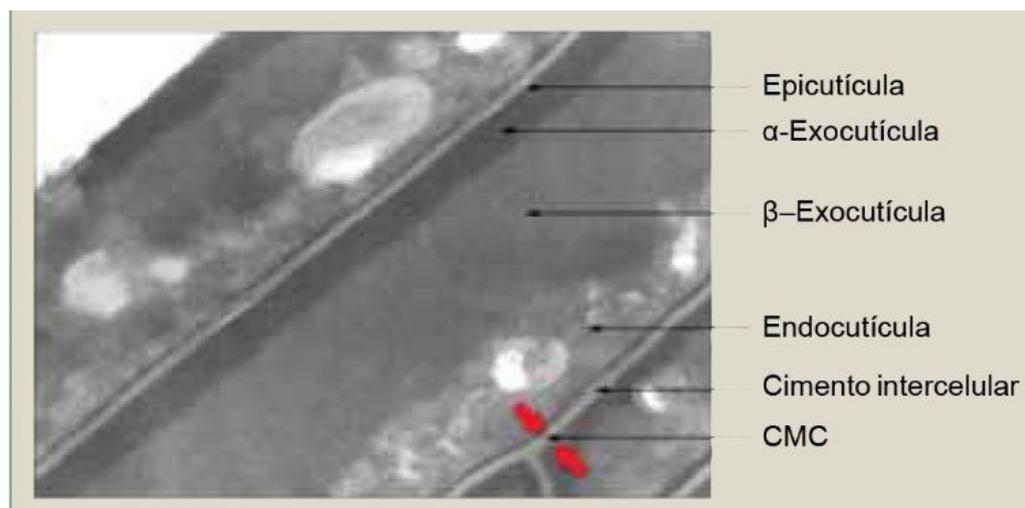


Figura 3: Complexo da membrana celular (CMC): (In: PINHEIRO et al, 2011).

3.3. CÓRTEX

De acordo com Wagner (2006) o córtex é o principal constituinte em massa da fibra capilar (cerca de 88 %) e é responsável pelas propriedades mecânicas da fibra. É formado, essencialmente, por queratina cristalina inserida em uma matriz de queratina amorfa. Geralmente, as células corticais do cabelo contêm os grânulos de melanina dispersos, responsáveis pela coloração do cabelo e os remanescentes nucleares (derivados da extinção do núcleo celular no processo de fibrilação da célula epitelial, que dá origem às estruturas capilares).

Cada fibra se apresenta como uma macrofibrila, que se dispõe na forma espiral (um feixe de “cabos torcidos”), são os maiores constituintes do córtex, é nessa parte do fio que são encontrados também os pigmentos de melanina.

As macrofibrilas contêm as microfibrilas, que, por sua vez, contêm as protofibrilas. Estas últimas são compostas por cadeias polipeptídicas em formato de α -hélice composta por quatro cadeias polipeptídicas. A estrutura é mantida por ligações intermoleculares. Estas ligações são variadas: como as pontes de hidrogênio, as ligações iônicas e pontes dissulfeto. Tais ligações químicas quando rompidas, em caráter permanente ou temporário, possibilitam a mudança na forma física do pelo (CARVALHO et al, 2005; WAGNER, 2006; ABRAHAM et al, 2009). As estruturas formadoras da fibra capilar podem ser observadas na figura 4.

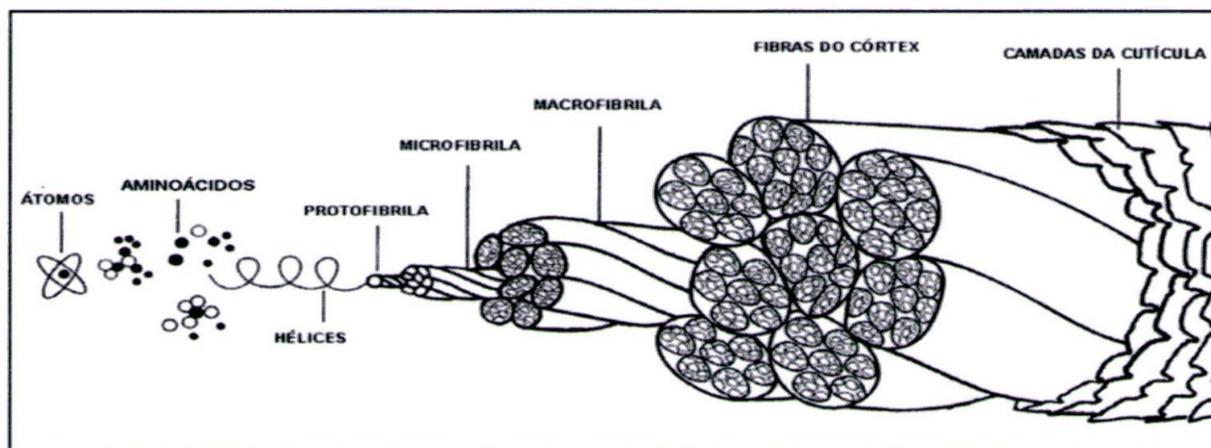


Figura 4: Fibras do córtex e seus constituintes: (In: COUTO, <<http://elisoncouto.blogspot.com.br>>, 2010).

3.4. MEDULA

No centro da haste, está a medula (figura 5). A sua função tem sido estudada, porém esta região não tem participação conhecida em processos estéticos. Sabe-se, que, em pacientes idosos, as células da medula aparecem mais desidratadas ou com espaços cheios de ar, que substituem o local da medula (ABRAHAM et al, 2009).

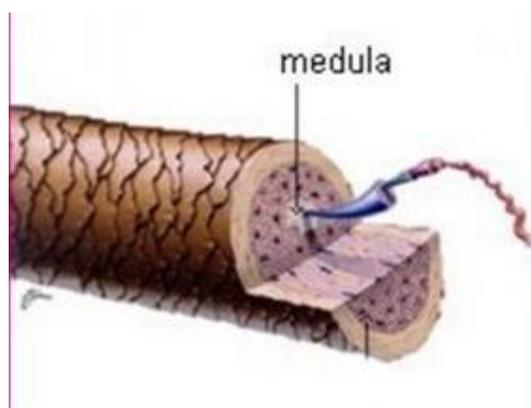


Figura 5. Medula: (In: CINTRA FASHION HAIR, 2012).

4. COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO CABELO

O cabelo é composto quimicamente por: Carbono - 45%; Hidrogênio - 6%; Oxigênio - 27%; Nitrogênio - 15%; Enxofre - 5% e 2% de outros elementos como cobre, ferro, iodo, zinco dispostos na forma de proteína, mais especificamente a queratina, lipídios e água (SOUZA & SIMOES, 2008; MELLO, 2010).

4.1. PROTEÍNAS

As proteínas são macromoléculas de alto peso molecular formadas da condensação de aminoácidos, unidos através de ligação peptídica (figura 6). A principal proteína encontrada no cabelo é queratina que apresenta cerca de 18 aminoácidos, principalmente a cisteína que é rica em enxofre, formando as fortes pontes dissulfeto, essas ligações proporcionam força, durabilidade e resistência a haste capilar (MELLO, 2010).

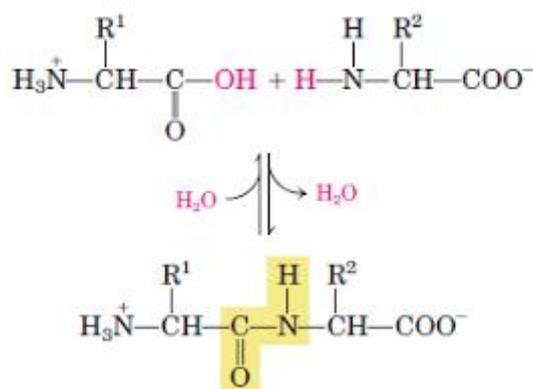


Figura 6. Representação da ligação peptídica unindo a extremidade carboxila-terminal de um aminoácido com uma extremidade amino-inicial de outro aminoácido: (In: COX; NELSON, 2002, p. 97).

4.2. LIPÍDIOS

Os lipídios representam cerca de 3% da composição do cabelo. Eles são produzidos no bulbo capilar e formados a partir de ácidos graxos, esteroides e ceramida. Podem ser encontrados essencialmente no cimento intercelular do córtex e na cutícula. Tem a função de gerar impermeabilidade, garantindo a coesão da fibra capilar. A mistura de lipídios

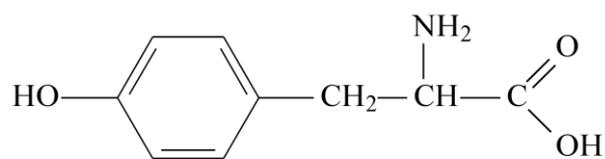
produzidos pela glândula sebácea forma um filme na superfície da pele e lubrifica o fio de cabelo, preservando o seu brilho e flexibilidade (CARVALHO et al, 2005).

4.3. ÁGUA E ELEMENTOS TRAÇOS

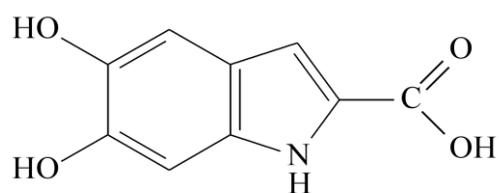
A água constitui, em condições normais 12 a 15% da composição do cabelo. As proteínas têm afinidade pela água e é essencial para a própria estabilização. A absorção de água afeta as propriedades físicas do cabelo e causa uma alteração na arquitetura do cabelo. Alguns dos outros elementos são provenientes do ambiente e estão presentes em pequenas quantidades, possibilitando que o cabelo sirva de indicador de poluição do ambiente. Outros elementos vêm diretamente do organismo. Como a raiz do cabelo possui uma boa irrigação sanguínea, substâncias trazidas pelo sangue podem ser incorporadas no cabelo durante sua formação, também permitindo que o cabelo sirva de indicador do uso de drogas por exemplo (CARVALHO et al, 2005; MELLO, 2010; MOELLER, FEY, SACHS, 1993).

4.4. PIGMENTOS

A cor do cabelo é determinada por um pigmento chamado melanina, um polímero de alto peso molecular, insolúvel em água, que apresenta baixa reatividade química e só pode ser alterada por processos com alta concentração de álcalis ou de oxidação. A melanina além de dar cor também protege a cabeça dos raios solares (POZEBON, DRESSLER, CURTIUS, 1999). A melanina é formada a partir da oxidação da tirosina e a coloração do cabelo depende da quantidade de dois tipos de melanina (figura 7): a feomelanina (figura 8a) que é encontrada em cabelos louros e ruivos e a eumelanina (figura 8b) que fornece coloração marrom e preto (BOLDUC & SHAPIRO, 2001).



tirosina



monômero da melanina

Figura 7. Formação do monômero da melanina: (In: MARAN, 2009).

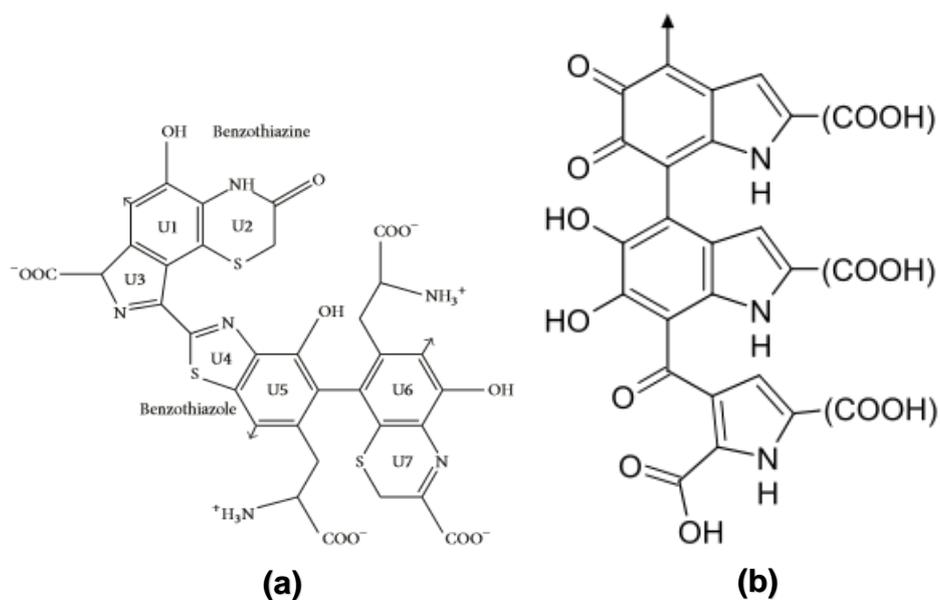


Figura 8. (a) Estrutura do monômero da Feomelanina. (b) Estrutura do monômero da Eumelanina: (In: SOLANO, 2014).

5. QUERATINA

De acordo com Harkey (1993) o cabelo humano é composto por variações de 65-95% proteína, 15-35% de água, e 1-9% de lipídios e conteúdo mineral de 0,25-0,95%, sendo composto de estruturas cilíndricas ou veios constituídos de células firmemente compactadas, contendo uma família de proteínas ricas em enxofre chamada queratina (da palavra grega, *keras* que significa chifre).

Queratinas são proteínas estruturais fibrosas e insolúveis em água que se encontram em tecidos epidérmicos sendo encontradas em animais: nas penas, lã, escamas, pelos, cascos e unhas e em humanos: nos pelos, cabelos, unhas e pele. (MOTHÉ et al, 2014).

O fragmento de queratina I pode ser observado na figura 9, esse fragmento corresponde a queratina que é encontrada em humanos, ovinos e ratos, está possui fórmula molecular $C_{47}H_{77}N_{13}O_{15}$ e apresenta peso molecular 1064,209 g/mol (NATIONAL CENTER OF BIOTECHNOLOGY INFORMATION, 2017).

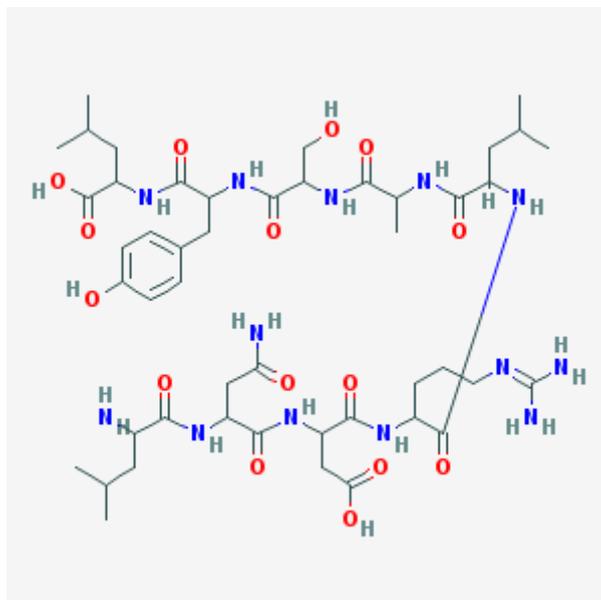


Figura 9. Fragmento de queratina tipo I [*Homo sapiens*]/[*Ovis aries*]/[*Rattus norvegicus*]: (In: <<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov>>).

O enxofre é o elemento mais característico de uma queratina, pois está presente em quantidade muito superior comparado a outras moléculas orgânicas. Ele se encontra presente na forma de cisteína e cistina (Figura 10), responsável pela formação das pontes dissulfídicas, que tornam a estrutura mais compacta devido a força deste tipo de ligação, auxiliadas por pontes de hidrogênio geram uma maior estabilidade estrutural da proteína (WINTER, 2011).

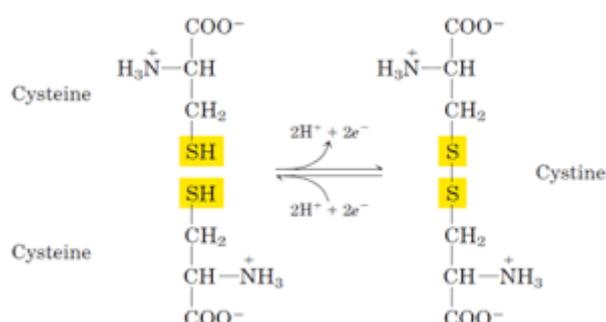


Figura 10. Cisteína e Cistina: (In: FERNANDES, 2012)

As queratinas podem ser classificadas em “hard” (rígidas) ou “soft” (flexíveis). Esta classificação é baseada na quantidade de cisteína e cistina que estão presentes em maiores quantidades nas rígidas e em menores quantidades as flexíveis, sendo o cabelo composto pelas queratinas rígidas. (GALVÃO, 2011 apud PARRY, 1998; SCHROOYEN et al., 2000).

Os tipos de cabelos podem ser divididos em três grandes grupos: caucasianos, orientais e afro-americanos (figura 11). A distinção se dá pela diferença na elipticidade do formato do cabelo (NAKANO, 2006). As características das diferentes raças estão representadas na tabela 1.



Figura 11. Representação das secções transversais dos diferentes tipos de cabelo - O contorno em preto representa a queratinização da camada cuticular (In: NAKANO, 2006).

Características	Raça		
	Asiático	Caucasiana	Aficano
Espessura	Grosso	Fino	Grosso
Curvatura	Liso a ondulado	Liso a ondulado	Ondulado a enovelado
Forma	Redondo a levente oval	Redondo a levemente oval	Levemente oval a elíptico
Cor	Castanho escuro a preto amarronzado	Loiro a castanho escuro	Castanho escuro a preto
Média de diâmetro (microns)	95	70	90

Tabela 1. Características raciais dos cabelos: (In: NAKANO,2006 apud SWIFT, 1997, p. 4).

A queratina, é resistente ao ataque de muitas enzimas proteolíticas. A integridade desta proteína é devido às ligações (ou pontes) dissulfeto nas moléculas de cistina. Devido a isso o cabelo e o esqueleto perduram por muito tempo mesmo após a morte. A destruição pode ocorrer devido a fenômenos físicos ou dano microbiano: *Streptomyces* spp. catalisa a decomposição (CHEMELLO, 2006).

Devido as queratinas terem essencialmente funções mecânicas e estruturais muitas aplicações são relacionadas a materiais em que possuam boa resistência mecânica, como filmes plásticos. Pensando na dificuldade de decomposição e que o cabelo é uma matéria prima renovável, extremamente abundante, pois não é reaproveitado pós corte, a queratina extraída pode ser empregada a produtos cosméticos ou a elaboração de biofilmes. Devido à grande disponibilidade, a dificuldade de se decompor, e o descarte em lixo comum, isso pode trazer alguns danos a natureza, portanto o trabalho é uma alternativa para um futuro problema ambiental.

6. BIOFILMES

Filmes biodegradáveis são adquiridos a partir de materiais biológicos, sua função é agir como barreira a elementos externos, proteger os produtos embalados de danos físicos e biológicos, além de impedir a volatilização de compostos e a perda ou o ganho de umidade, aumentando a vida útil do produto (ZAVAREZE et al, 2012).

O mercado dos biopolímeros, em 2002 era da ordem de 60.000 toneladas, com preço de comercialização de US\$ 4/kg. Este mercado tem taxa de crescimento acima de 20% ao ano e custos de produção decrescente para cerca de US\$ 2/kg. O maior obstáculo para a inserção no mercado é o preço de venda do produto, apontando-se um preço teto de cerca de US\$ 2/kg, ou seja, cerca de até 50% superior aos preços de comercialização das resinas sintéticas mais comuns (polietileno - PE e polietileno tereftalato - PET) (BORSCHIVER; ALMEIDA; ROITMAN, 2008).

Apesar dessas dificuldades, em 2008 este segmento movimentou US\$ 25.6 bilhões mundialmente, tendo a seguinte distribuição: 43% nos USA, 33% na Europa, 3% na Ásia (Pacífico), 2% no Brasil e 19% no restante do mundo. Em 2012, atingiu a cifra de US\$ 44 bilhões, as previsões são de que até o fim de 2017 atinja o total de 88,4 bilhões de dólares (PIRES; BIERHALZ; MORAES, 2015).

De acordo com MARTELLI (2005) apud OBEY et al (1989) polímeros biodegradáveis são polímeros naturais ou sintéticos que após o descarte sofrem degradação pela ação específica de um ou mais componentes do meio ambiente, fungos e bactérias, tornando-os solúveis em água.

Durante muito tempo, não foi dada a devida atenção aos problemas ambientais do descarte das embalagens de plástico convencional, que tinham o destino usual do lixo doméstico, conseqüentemente os aterros sanitários. Percebeu-se que, os plásticos em geral, permanecem muito tempo no ambiente e ainda conservam suas propriedades físicas por milhares de anos (JURAS, 2013).

O desenvolvimento de materiais biodegradáveis tem como finalidade produtos que apresentem um tempo de degradação não muito distante dos materiais naturais e cujos resíduos sejam compatíveis com o meio ambiente (MENDES, 2009).

São muitos os biofilmes produzidos, dentre eles pode-se ressaltar o trabalho de Oliveira (2014), que desenvolveu biofilmes a base de amido de mandioca e de milho, utilizando o

glicerol como plastificante, constatando um melhor resultado com o amido de mandioca. Já Franco, Faria e Bilck (2015) elaboraram um biofilme com diferentes concentrações de amido, fibra de cana-de-açúcar, e sorbato de potássio como conservante, para utilização em massa de pastel, concluindo que filmes com mais de 10% de fibras, se tornam quebradiços, porém com valores abaixo de 10% tornam-se higroscópicos.

Correia e Filho (2009) elaboraram biofilmes a partir da zeína, a proteína do milho, ácido graxo oleico e plastificante, resultando em um biofilme transparente e pouco hidrofílico. Martelli (2005) obteve filmes a partir de queratina extraída de penas de frango, e constatou que esses filmes podem ser obtidos com diferentes características, dependendo dos aditivos fornecidos em sua preparação. E Reichl, Borelli e Geerling (2011), obtiveram filmes de queratina extraída de cabelo humano, este biofilme foi submetido ao processo de cura (utilização de altas temperaturas), para formar ligações dissulfeto estáveis, este biopolímero foi aplicado na reconstrução das células ocular.

Fujii (2012) explana que os filmes de queratina são formados através da solubilização das proteínas formando uma solução de proteína pouca degradada, que a queratina do cabelo contém filamentos intermediários com diâmetro de cerca de 10 nm e a formação da película protéica é devida às propriedades dessas proteínas, tais como auto-montagem, autoagregação, interação poliácido-polibase e atividades de reticulação, demonstradas em seus estudos.

7. TESTE DE BIURETO EM ALIMENTOS: UMA ALTERNATIVA PARA O ENSINO DE PROTEÍNAS

Um dos grandes desafios para todos os professores, inclusive os de química, tem sido transpor, de forma adequada, os conteúdos escolares propostos. A contextualização no ensino e a utilização de atividades relacionadas ao cotidiano tem potencial para provocar a adesão tão esperada e necessária dos alunos (PAZINATO; BRAIZANTE, 2014).

Segundo os PCNs (Parâmetros Curriculares Nacionais) (1997): “Se a escola pretende estar em consonância com as demandas atuais da sociedade, é necessário que trate de questões que interferem na vida dos alunos e com as quais se veem confrontados no seu dia-a-dia”.

Além disso o PCNEM (Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio) (2000) ressalta: “A experimentação permite ainda ao aluno a tomada de dados significativos, com as quais possa verificar ou propor hipóteses explicativas e, preferencialmente, fazer previsões sobre outras experiências não realizadas. “

Seguindo as orientações de tratar de assuntos do cotidiano e utilizar da experimentação como ferramenta para o ensino de química, além da interdisciplinaridade, sugere-se a atividade do teste de biureto em alimentos, que baseia-se em uma técnica simples capaz de identificar a presença de proteínas em soluções.

7.1. PARTE EXPERIMENTAL

7.1.1. Materiais e Reagentes

- Alimentos (Industrializados ou naturais);
- Pipeta de pasteur ou conta gotas;
- Hidróxido de sódio;
- Sulfato de cobre 0,5%;
- Água destilada;

7.1.2. MÉTODO

Seguindo a metodologia de Almeida et al (2013) a primeira etapa consiste em pedir para que os alunos tragam de suas casas uma porção de algum alimento que eles desejam saber se tem proteína. E posteriormente realizar o teste, que é bem simples e pode até ser feito na própria sala, deve-se colocar uma pequena porção dos alimentos analisados e cerca de 3 ml de água destilada. Posteriormente, cinco gotas de hidróxido de sódio e cinco e gotas de sulfato de cobre a 0,5%. O resultado positivo indica cor violeta e o negativo coloração azul.

A reação do biureto detecta a presença de ligações peptídicas. O biureto (Figura 12) é uma pequena molécula que apresenta uma ligação peptídica, este tipo de reação também acontece com peptídeos que contenham no mínimo duas ligações peptídicas e com proteínas em geral, portanto quando soluções alcalinas que contenham proteínas se encontram em presença de sulfato de cobre (CuSO_4) (Figura 13), apresentam coloração violeta. Esse fenômeno deve-se à formação de um complexo entre o íon Cu^{2+} e os átomos de nitrogênio presentes na molécula da proteína (ALMEIDA et al, 2013).

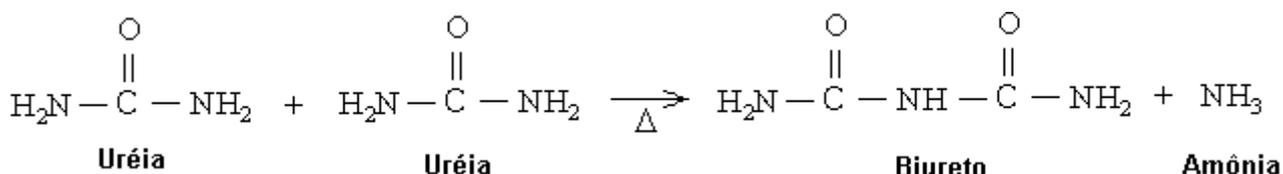


Figura 12. Formação do biureto. (In: www.fcfar.unesp.br)

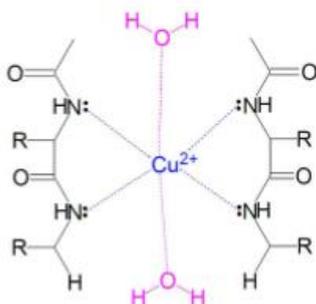


Figura 13. Representação da interação entre o íon cúprico e as cadeias proteicas: (In: ALMEIDA et al, 2013, p. 38)

8. MATERIAIS E MÉTODOS

8.1. MATERIAIS

- Bécker;
- Tubo de ensaio;
- Potenciômetro;
- Balão Volumétrico;
- Banho Maria;
- Agitador magnético com aquecimento;
- Malha de nylon 200 mesh;

8.2. REAGENTES

- Reagente Bradford;
- Glicerol;
- Solução tampão (Tris-HCl pH 8,5 25 mM, tiourea 2.6 M, uréia 5 M, e 2-mercaptoetanol 5%).

8.3. MÉTODOS

8.3.1. Amostras

As amostras de cabelos foram coletadas no mesmo dia, na cidade de Assis – São Paulo, em um salão comercial, sendo estes selecionados, antes de caírem ao chão, com a ajuda de uma lona colocada abaixo da cadeira do cliente (masculino). Os cabelos podem ser observados na figura 14.



Figura 14. Cabelos coletados

8.3.2. Extração da queratina

Para a extração de queratina utilizou-se uma solução de Tris-HCl- tris(hidroximetil) aminometano hidrocloreídrico - (pH 8,5), tiourea, ureia, e 2-mercaptoetanol. As amostras de cabelo íntegros foram preparadas com três lavagens, utilizando água destilada, em seguida pesou-se 20mg da amostra, sendo imersas em 5 mL de solução extratora durante 2,5 h á 50°C (Figura 15). Posteriormente foram filtradas através de uma peneira de 100 mesh. O filtrado então foi utilizado para quantificação e elaboração dos filmes. As extrações foram realizadas em triplicata.

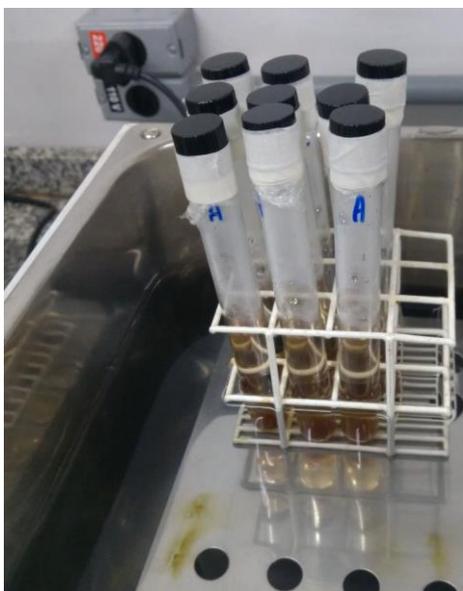


Figura 15. Amostras em banho maria.

8.3.3. Quantificação da queratina

A quantificação de queratina foi determinada pelo método de Bradford, que consiste na adição do reagente de Bradford nas amostras. Após cinco minutos, faz-se a leitura em espectrofotômetro a 595 nm. A determinação da concentração foi feita por curva analítica de albumina de soro bovino (BSA) como padrão de proteína total, com variações de 0,03 a 1 mg/mL. As amostras submetidas a leitura podem ser observadas na figura 16.



Figura 16. Amostras com o reagente de Bradford prontas para leitura.

8.3.4. Elaboração dos filmes

Os filmes foram obtidos pelo método de casting (consiste no derramamento da solução filmogênica sobre determinada superfície com posterior secagem). Para o preparo da solução filmogênica, 10 mL de solução de queratina foram preparadas com a adição de quantias variáveis de 0,00 a 0,30 g de glicerol/g de queratina (com variações de 0,10). Todas as soluções foram mantidas sob uma breve agitação mecânica, para promover a homogeneização na mistura, levadas a estufa de ar forçado à 40°C por 3 horas para evaporação de compostos voláteis presentes na solução extratora, seguindo metodologias adaptadas de Moore et al (2006) e Fujii (2012), seguidas de aquecimento à 120°C por 1 hora.

9. RESULTADOS E DISCUSSÃO

9.1. QUANTIFICAÇÃO

A quantificação pelo método de Bradford, com curva elaborada utilizando albumina bovina padrão (BSA) (Figura 17) determinou a quantidade de proteínas totais presentes na solução, descrevendo a equação da reta e apresentando o coeficiente de determinação (R^2). Os resultados das extrações em mg de proteína por mg de solução estão demonstrados na figura 18. Os resultados obtidos foram convertidos para ug de proteína por mg de cabelo (figura 19) que comparado ao trabalho de Han et al (2007), que extraiu queratina de cabelo utilizando três diferentes métodos, o que obteve melhor resultado serviu de base para realização deste trabalho, que utilizou a metodologia adaptada sem dialisar a solução.

Os valores de queratina obtidos, em média 479,76 ug de proteínas/mg de cabelo (aproximadamente 46%), foram superiores aos dos obtidos por Han et al (2007), que obtiveram em média 247,2 ug de proteína/mg de cabelo, ou seja, aproximadamente 23,5%.

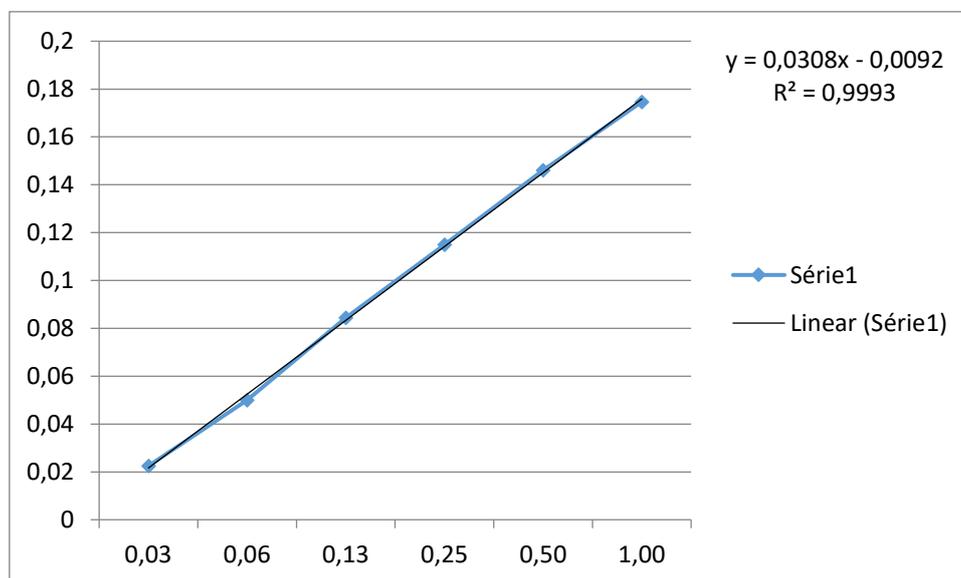


Figura 17. Curva analítica de BSA

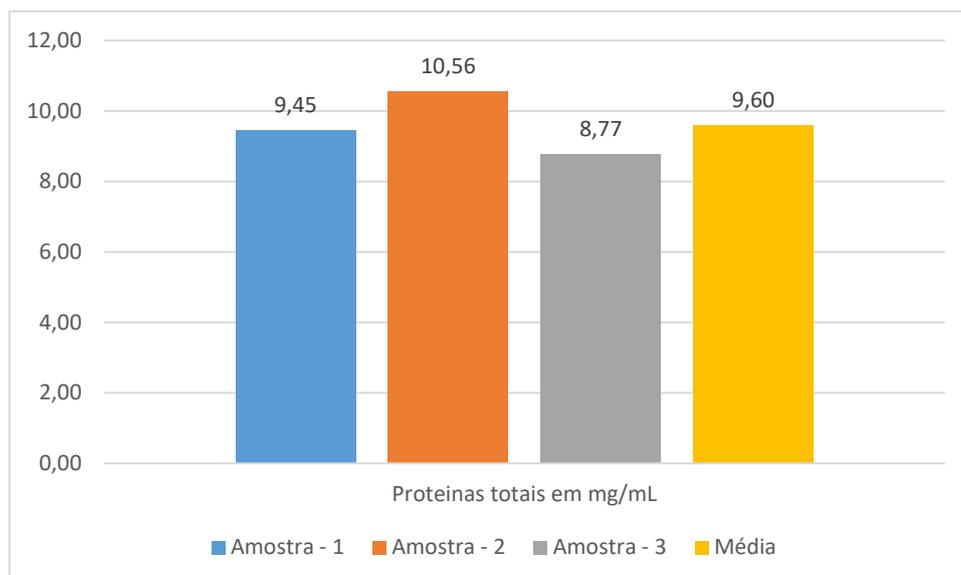


Figura 18. Resultados da extração de queratina em mL de proteína/mL de solução

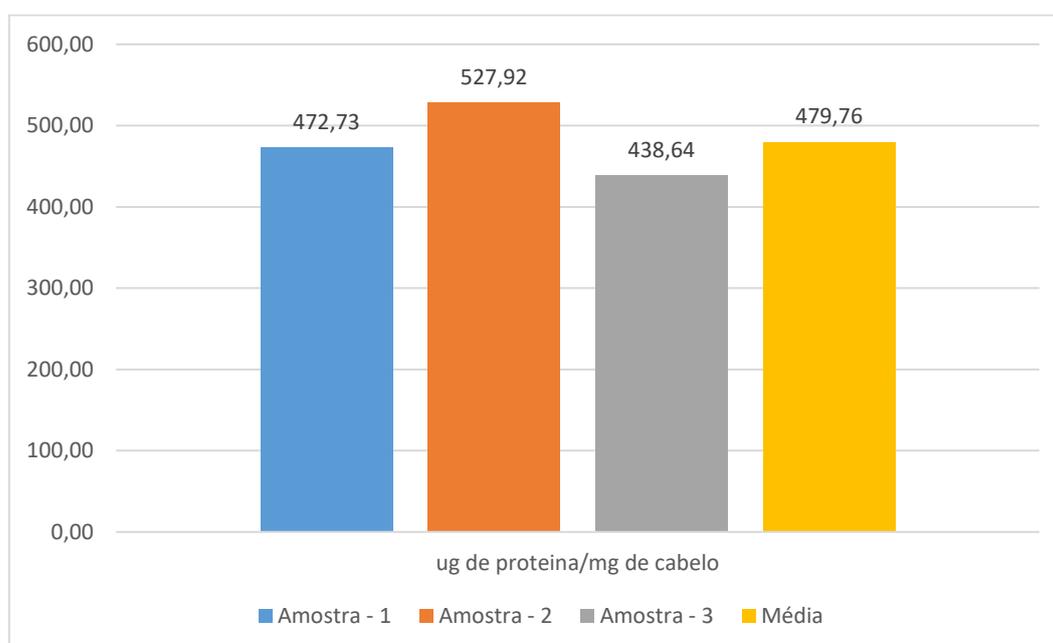


Figura 19. Resultados da extração de queratina em ug de proteína/mg de cabelo

Quando comparado ao trabalho de Reichl, Borelli e Geerling (2011), a quantidade extraída é menor, uma vez que o valor obtido pelos autores foi de 32,7 mg/mL e os valores obtidos neste trabalho foi de 9,60 mg/mL. A extração feita foi seguindo a mesma metodologia, porém após a extração as amostras dos autores foram dialisadas, o que contribuiu para o isolamento da queratina e remoção do 2-mercaptoetanol resultando em uma concentração de proteína maior ao fim do processo. Em outro trabalho Reichl (2009), com a mesma

metodologia, extraiu em média 30,6 mg/mL. Já no trabalho de Reichl e Muller-Goymann (2011), empregando a mesma metodologia, seguida de diálise a quantidade de queratina obtida foi de 13 mg/mL, um resultado bem próximo ao obtido neste um resultado bem próximo ao obtido neste trabalho em que a diálise não foi realizada. Assim, a metodologia de extração empregada neste trabalho pode ser considerada boa, uma vez que, apesar de não empregar diálise, resultou em uma extração de aproximadamente 46% da queratina presente no cabelo. As comparações dos resultados de extração obtidos com a literatura estão demonstrados na tabela 2.

Concentração	Média das análises	HAN et. al (2007)	Reichl (2009)	Reichl e Muller-Goymann. (2011)	Reichl, Borelli e Geerling (2011)
ug de proteína/mg de cabelo	479,76 (46%)	247,2 (23,5%)	-	-	-
mg de proteína/mL de solução	9,60 (9,1%)	-	30,6 (29%)	13,0 (12,4%)	32,7 (31%)

Tabela 2. Comparação dos resultados com a literatura.

9.2. ELABORAÇÃO DOS FILMES

Após homogeneizados com quantias variáveis de 0,00 a 0,30 g de glicerol/g de queratina, (com variações de 0,10), os extratos foram derramados em placas de petri e levados a estufa de ar forçado à 40°C por 3 horas para evaporação de compostos voláteis presentes na solução extratora, seguindo metodologias adaptadas de Moore et al (2006) e Fujii (2012), para purificar a amostra e ajudar na formação do biofilme.

Em seguida, o filme foi submetido a um processo de cura, utilização da temperatura em 120°C durante uma hora para estabilização das pontes dissulfeto (Figura 20), tornando o estado físico do polímero único, como descrito por Fujii (2012). Visto que de acordo com Hernandez e Santos (2012) há um comportamento térmico estável da queratina de penas de frango, em que o processo de decomposição não começa antes de 200 °C, isto permite

estabelecer uma grande faixa de temperatura para sua utilização e possível formação de filmes.



Figura 20. Representação da ligação dissulfeto (ALLUMÉ COSMÉTICOS, 2017).

As variações na concentração de plastificante (0,2 e 0,3g) apresentaram influência na elaboração dos filmes, uma vez que os filmes elaborados com essas quantidades de plastificantes apresentaram conformações parecidas, ficando com aspecto de cristalização, como observado na Figura 21A. Ainda, o excesso de plastificante, tornou o polímero extremamente viscoso, impossibilitando a secagem, como na Figura 21B.

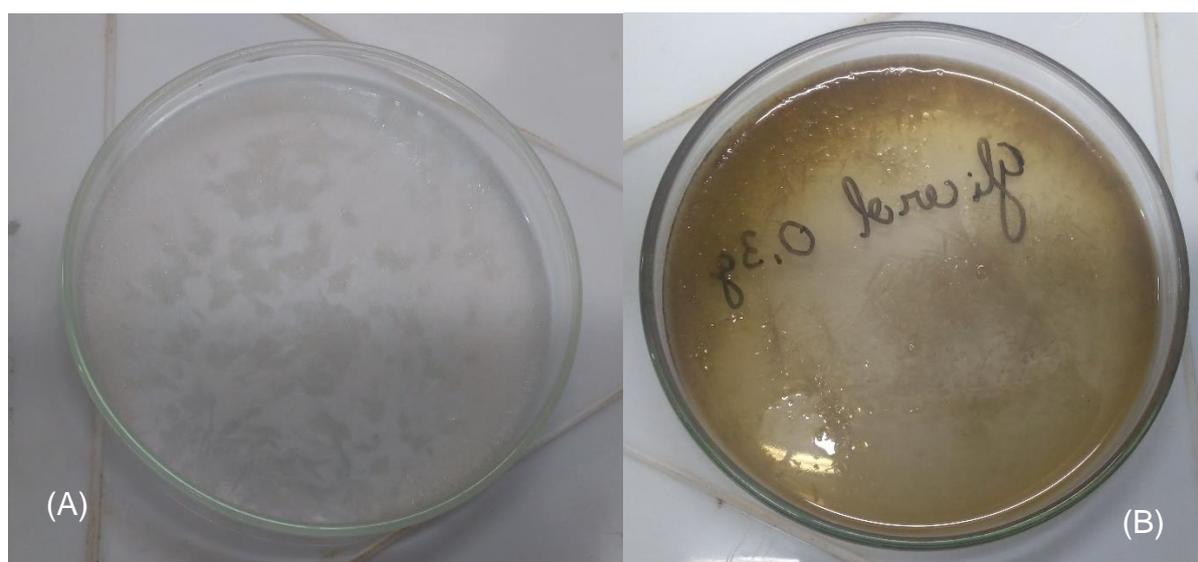


Figura 21. (A) Filme cristalizado com adição de 0,2g de plastificante. (B) Filme com adição de 0,3g de plastificante.

Apesar da polimerização ter ocorrido, como mostra a figura 22A, onde o polímero está se formando e a figura 22B que mostra o polímero formado. Como reportados em outros trabalhos, como Moore et al (2006) e Luisiana et al. (2011), que elaboraram filmes de queratina extraídas de penas de frango e cabelo respectivamente, estes biofilmes de queratina são possíveis de se obter e de moldar, porém após vários testes com variações de plastificantes não foi possível chegar a uma concentração polimérica ótima, pois os filmes se apresentaram sólidos e quebradiços, com uma solução viscosa (provavelmente plastificante) na parte externa. O filme que apresentou melhor resultado, apesar de quebradiço, foi o de concentração 0,1g de glicerol/ g de queratina que correspondeu à mais de 1% de glicerol na mistura, confirmando os estudos de Fujii (2012), que concluiu que um uso excessivo de glicerol conduz a uma película úmida, sendo a concentração ótima de 1% de plastificante.



Figura 22. (A) Filme com adição de 0,1g de glicerol em formação. (B) Filme obtido em placa.

Portanto os filmes com concentração 0,2 e 0,3 de glicerol apresentaram-se úmidos e sem formação de filmes, devido ao excesso de glicerol e consequente diluição da queratina em solução. O filme com concentração 0,1g de plastificante apresentou melhor polimerização, apesar de quebradiço, possivelmente pela baixa concentração de queratina na solução (9,6 mg/mL de solução), maior concentração dos demais compostos utilizados na extração e ainda a baixa precisão na pesagem do plastificante, pela baixa quantidade de queratina, mostrando que ainda serão necessários novos testes de concentração e uma melhor purificação ou isolamento da queratina após a extração, visto que os melhores biofilmes

elaborados na literatura, foram adquiridos através de soluções com concentrações superiores a 30 mg/mL.

10. CONCLUSÃO

Com os resultados apresentados é possível concluir que a extração de queratina de uma maneira mais simples, sem utilização da diálise foi atingida, conseguindo valores próximos a 46% do total de proteína no cabelo. Porém, para obtenção dos biofilmes, torna-se necessária a aplicação de métodos mais elaborados como a diálise, que concentra a queratina e elimina o 2-mercaptoetanol e outros compostos utilizados na extração da proteína, tornando possível assim à elaboração dos biofilmes.

REFERÊNCIAS

ABRAHAM, Leonardo Spagnol; MOREIRA, Andreia Mateus; MOURA, Larissa Hanauer de; REIS, Maria Fernanda; DIAS, Gavazzoni. Tratamentos estéticos e cuidados dos cabelos: uma visão médica (parte 1). **Surgical & Cosmetic Dermatology**. Vol. 1. n°1. p. 130-136, 2009.

AGUIAR, Shawani. **A estrutura da fibra capilar**. Disponível em: < <http://cabeleirafeminina.blogspot.com.br/2013/09/ola-pessoal-neste-primeiro-post-irei.html>>. Acesso em: 26 de maio de 2017.

ALMEIDA, Vanessa Vivian de; CANESIN, Edmilson Antônio; SUZUKI, Rúbia Michele; PALIOTO, Graciana Freitas. Análise Qualitativa de Proteínas em Alimentos Por Meio de Reação de Complexação do Íon Cúprico. 2012. **Química Nova na Escola**, vol 35, N° 1, fevereiro de 2013, p. 34-40.

ALLUMÉ COSMÉTICOS. **Aprenda um pouco mais sobre o cabelo**. Disponível em: < <http://www.allume.com.br/web/tecnicas>>, Acesso em: 15 de Novembro de 2017.

BHUSHAN, Bharat. **Human Hair, Skin, and Hair Care Products**. 9ª ed. Cincinnati, Ohio. 2010.

BIOEXTRATUS. **Reposição de queratina no cabelo**. Disponível em: < <https://naturalmentebonita.bioextratus.com.br/3572/>>. Acesso em: 12 de Agosto de 2017.

BOLDUC, C. SHAPIRO, J.; **Hair care products: waving, straightening, conditioning, and coloring**. 19ª ed: Clinics in dermatologic. 2001.

BORSCHIVER, Suzana; ALMEIDA, Luiz F. M.; ROITMAN, Tamar. Monitoramento Tecnológico e Mercadológico de Biopolímeros. **Rev. Polímeros: Ciência e Tecnologia**, vol. 18, nº 3, maio de 2008, p. 256-261.

CARVALHO, Adriana; EGÍDIO, Camila Moura; NAKAYA, Helder; SALOTTI, Jacqueline; FONTANARI, Juliana Cristina; CARDOZO, Karina Helena Moraes, SAKABE, Noburo Jo; ASPRINO, Paula Fontes; BAYARDO, B. Torres. **Bioquímica da beleza**, 1ª ed. São Paulo: Depto. De Bioquímica, USP. 2005.

CHEMELLO, Emiliano. Aspectos científicos da mumificação. **Rev. Química Virtual**, vol 1, nº1, novembro de 2006. p. 1-26.

CINTRA FASHION HAIR. **Aprendendo um pouco mais sobre o cabelo**. Disponível em: <<http://cintrafashionhair.com/aprendendo-um-pouco-mais-de-cabelo/>>. Acesso em: 12 de Agosto de 2017.

CORRÊA, Beatriz Mariani; FILHO, José Francisco Lopes. **Elaboração e caracterização de biofilmes à base de zeína**. 2009. In: VIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA. Uberlândia, Brasil. Uberlândia, Minas Gerais: VIII CBEQ.

COUTO, Elison. **Conhecendo seu cabelo**. Disponível em: <http://elisoncouto.blogspot.com.br/2010_04_20_archive.html>. Acesso em: 12 de Agosto de 2017.

CUELHO, Camila Helena Ferreira; BONILHA, Iuri de França; CANTO, Gizele Scotti do. Avaliação da degradação proteica da fibra capilar por ação de xampus. **Rev. Saúde (Santa Maria)**, v.39, n.2, outubro de 2013, p.109-120.

FERNANDES, Raulzito. 2012. **Resumo proteínas**. Disponível em: <<http://biocienciascpo.blogspot.com.br/2012/11/resumo-proteinas.html>>, Acesso em: 15 de Novembro de 2017.

FRANCO, Paula Consoli Ireno, FARIA, Mary Leiva, BILCK, Ana Paula. **Preparo e caracterização de filmes biodegradáveis reforçados com fibras de cana-de-açúcar**. 2015. 12 pág. Projeto de Iniciação Científica. Fundação Educacional do Município de Assis. São Paulo. Assis. 2015.

FUJII, Toshihiro. Hair keratin film as a substitute device for human hair. **Journal of Biological Macromolecular**, vol. 12. Nº1, 2012. Pág. 3-15.

GALVÃO, Alcione Olinto. **Desenvolvimento e análise de material compósito a base de penas de frango (fibras de queratina – KF) e matriz de poliéster insaturado**. 2011. 83 pág. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte – Departamento de engenharia mecânica – Programa de pós-graduação em engenharia mecânica. Rio Grande do Norte. Natal. 2011.

GRANDE, Vinícius de Lima. **O impacto do rock no comportamento do jovem**. 2006. 218 pág. Dissertação de mestrado. Faculdade de ciências e letras. UNESP - campus de Araraquara - programa de pós-graduação em sociologia. São Paulo. Araraquara. 2006.

HAN, Mi-Ok; CHUN, Jae-An; LEE, Woo-Yup; LEE, Jin-Woo; CHUNG, Chung Han. 2007. A simple improved method for protein extraction from human head hairs. **Journal of cosmetic science**, vol 58, março de 2007, p. 527-534.

HARKEY, M.R. Anatomy and physiology of hair. **Rev. Forensic Science International**, vol. 63, 1993. p. 9-18.

HERNANDEZ, Ana Laura Martínez; SANTOS, Carlos Velasco. **Keratin: Structure, properties and applications**. Capítulo 7: Keratin fibers from chicken feathers: structure and advances polymer composites. Editora: Nova Science Publishers. 2012.

JURAS, Ilidia da Ascensão Garrido Martins. **Plásticos biodegradáveis**. 2013. Consultora Legislativa da Área - XI Meio Ambiente e Direito Ambiental, Organização Territorial, Desenvolvimento Urbano e Regional. Brasília. 2013.

MARAN, Alan. **Aminoácidos e proteínas**. 2009. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAf6H4AH/banco-dados-qui-ii-amino-cidos-prote-nas?part=6#>>. Acesso em: 15 de Novembro de 2017.

MARIEB, Elaine N. HOEHN, Katja. **Human Anatomy & Physiology**. San Francisco: Learning Solutions, 2007.

MARTELLI, Silvia Maria. **Obtenção e caracterização de filmes de queratina de penas de frango**. 2005. 85 páginas. Dissertação de mestrado - Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de pós-graduação em engenharia de alimentos. Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

MELLO, Mariana dos Santos. **A evolução dos tratamentos capilares para ondulações e alisamentos permanentes**. 2010. 38 pág. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Depto. de produção e controle de medicamentos. Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2010.

MENDES, Fernanda Miranda. **Produção e caracterização de bioplástico a partir do amido da batata**. 2009. 198 pág. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo. Instituto de química. São Paulo. São Carlos, 2009.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Parâmetros curriculares nacionais (ensino médio). Parte III - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias.** Secretaria de Educação Fundamental. – Brasília: 58p, 2000.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Parâmetros curriculares nacionais: introdução aos parâmetros curriculares nacionais.** Secretaria de Educação Fundamental. – Brasília: 126p, 1997.

MOELLER, M.R.; FEYA, P., SACHS H. Hair analysis as evidence in forensic cases. 1993. **Rev. Forensic Science International**, vol 63, 1993, p. 43-53.

MOORE G.R.P., MARTELLI S.M., ANDREO P.D., GANDOLFO C.A., MACHADO R.F.A., BOLZAN A., LAURINDO J.B. Obtenção de Biofilmes a partir de Queratina de Penas de Frango. **Revista Ciência e tecnologia de alimentos**, v. 26, n. 2, março de 2006, p. 421-427.

MOTHÉ, Cheila G.; VIANA, Larissa M.; GUTIERREZ, Tomás S.; MOTHÉ, Michelle G. **Avaliação do processo de extração de bioqueratina por análise térmica.** 2014. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ANÁLISE TÉRMICA E CALORIMETRIA, IX. 2014. Serra Negra. Brasil. Serra Negra, São Paulo: IX ABRATEC.

NATIONAL CENTER OF BIOTECHNOLOGY INFORMATION. **Type I hair keratin fragment [Homo sapiens]/[Ovis aries]/[Rattus norvegicus].** Disponível em: <<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/71464397>>, Acesso em: 21 de Outubro de 2017.

NAKANO, Adelino Kaoru. **Comparação de danos induzidos em cabelos de três etnias por diferentes tratamentos.** 2006. 63 pág. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Química. São Paulo, Campinas. 2006.

NELSON, David L. COX, Michael M. **Lehninger Princípios de Bioquímica**, 3ª Edição. Traduzido por: Arnaldo Antonio Simões, Wilson Roberto Navega Lodi. 3. ed. São Paulo: SARVIER, 2002.

OLIVEIRA, Jessica Caroline Toledo. **Obtenção e Caracterização de Filmes Biodegradáveis pelo Método de Casting utilizando diferentes fontes de amido e glicerol como elemento plastificante.** 2014. 19 pág. Trabalho de conclusão de curso. Fundação Educacional do município de Assis. São Paulo. Assis. 2014.

PAZINATO, Maurícus Selvero; BRAIBANTE, Mara Elisa Fortes. Oficina Temática Composição Química dos Alimentos: Uma Possibilidade para o Ensino de Química. **Química Nova na Escola**, Vol. 36, nº 4, 2014, p. 289-296.

PINHEIRO, Adriano; TERCI, Diogo; PICON, Francine; ALBARICI, Viviane. **Fisiologia dos cabelos.** Disponível em: <<http://www.cosmeticsonline.com.br/2011/materia/12>>. Acesso em: 12 de Agosto de 2017.

PIRES, Ana Luiza R; BIERHALZ, Andréa C. K; MORAES, Ângela M. Biomateriais: tipos, aplicações e mercado. **Quim. Nova**, Vol. 38, Nº 7, 2015, p. 957-971.

POZEBON, Dirce; DRESSLER, Valderi L.; CURTIUS, Adilson J. Análise de cabelo: uma revisão dos procedimentos para a determinação de elementos traço e aplicações. **Química Nova**, vol. 22, nº6, fevereiro de 1999, p. 838-846.

REICHL, Stephan. Films based on human hair keratin as substrates for cell culture and tissue engineering. **Journal of Biomaterials**, vol. 30, nº 1, 2009, p. 6854–6866.

REICHL, Stephan Lusiana; MULLER-GOYMANN, Christel C; Keratin film made of human hair as a nail plate model for studying drug permeation. **European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics**, vol 78, nº1, 2011, p. 432-440.

REICHL, Stephan; BORELLI, Maria; GEERLING, Gerd. Keratin films for ocular surface reconstruction. **Journal of Biomaterials**, vol. 32, nº 1, 2011, p. 3376- 3386.

SANTOS, Ana Lucia da Ressureição; CONCEIÇÃO, Milena Barbosa; BRITO, Dyane. **Cabelo, Cabeleira, Cabeluda, Descabelada: A importância do cabelo na construção da identidade da raça negra.** In: III ENCONTRO BAIANO DE ESTUDOS EM CULTURA. 2012, Salvador, Brasil. Salvador: III EBE CULT.

SOLANO, Francisco. Melanins: Skin Pigments and Much More—Types, Structural Models, Biological Functions, and Formation Routes. **New Journal of Science**, vol 1, Nº 1, 2014, p. 1-29.

SOUZA, Edna Maria de; SIMÕES, Andréa Maria Brandão Mendes. A Utilização de Formol em Alisantes Capilares. In: Congresso Associação Norte-Nordeste, 2008. Natal, Brasil. **Resumo.** Natal: ANNQ.

SOUZA, Élita Luzia de; **Estética do cabelo e comportamento psicossocial: Um estudo comparativo entre México, Chile e Brasil**. 2009. 41 pág. Tese de mestrado. Universidade do vale do Itajaí (UNIVALI). Santa Catarina, Balneário Camburiú. 2009.

WAGNER, Rita de Cássia Comis. **A estrutura da medula e sua influência nas propriedades mecânicas e de cor do cabelo**. 2006. 84 páginas. Tese de doutorado. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Química - Departamento de Físico-Química. São Paulo, Campinas. 2006.

WINTER, Cristina. **Avaliação analítica de proteínas e gorduras para detecção de constituintes residuais da pele em efluentes**. 2011. 38 páginas. Trabalho de conclusão do curso de engenharia química. UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Departamento de engenharia química. Rio Grade do Sul, Porto Alegre. 2011.

ZAVAREZE, Elessandra da Rosa; HALAL, Shanise Lisie Mello el; TELLES, Annie Campello; PRENTICE-HERNÁNDEZ, Carlos. Filmes biodegradáveis à base de proteínas miofibrilares de pescado. **Brazilian Journal of Food Technology**, vol. 4, nº1, dezembro de 2012, p. 53-57.