# AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DE TRATAMENTOS QUÍMICOS NOS CABELOS UTILIZANDO MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA[1]

## *EVALUATION OF THE EFFECTS OF CHEMICAL TREATMENTS ON HAIR USING SCANNING ELECTRON MICROSCOPY*[1]

Giovanna Ferreira dos S. Silva[2]; Renata Thamaris Bispo de Souza[3]; Prof.ª Es. Monica Real Bispo Medeiros (Orientadora)[4]

## RESUMO

**Introdução:** O cabelo humano, além de sua função estética, possui papéis essenciais como proteção térmica, sensorial e contra agressões externas. Sua estrutura é composta por três camadas principais: cutícula, córtex e medula, sendo a queratina o principal componente. No Brasil, há grande diversidade de tipos capilares - lisos, ondulados e cacheados -, muitos dos quais são alterados por tratamentos químicos. Esses procedimentos afetam diretamente a estrutura dos fios, tornando necessária a escolha de produtos específicos e eficazes. Este estudo visa caracterizar, por meio da microscopia eletrônica de varredura (MEV), a morfologia dos fios capilares naturais, avaliando elementos como a espessura da cutícula, presença de escamas e organização das fibras de queratina. **Objetivo:** Contribuir para os estudos científicos sobre a morfologia dos fios de cabelo humano lisos, ondulados e cacheados. **Materiais e métodos:** Utilizou dez amostras submetidas à descoloração, lavagem com shampoo e condicionador, e pré-oiling. **Resultados**: Os fios de cabelos foram comparados de acordo com o tratamento químico aplicado, através das imagens obtidas pelo MEV. **Conclusão:** O MEV demonstrou ser uma ferramenta eficaz para a visualização detalhada das alterações estruturais nos fios de cabelo submetidos a tratamentos químicos. As observações indicam que estes tratamentos podem comprometer a integridade da fibra capilar

**Palavras-chave:** Morfologia capilar. Microscopia de varredura eletrônica. Tricologia.

---

[1]Artigo apresentado como requisito parcial do Trabalho de Graduação, no Curso Superior de Tecnologia em Cosméticos, da Faculdade de Tecnologia de Diadema Luigi Papaiz.

[2] Graduanda(s) do Curso de Tecnologia em Cosméticos, da Faculdade de Tecnologia de Diadema Luigi Papaiz. (giovanna.silvia@fatec.sp.gov.br)

[3] Graduanda(s) do Curso de Tecnologia em Cosméticos, da Faculdade de Tecnologia de Diadema Luigi Papaiz. (renata.souza26@fatec.sp.gov.br)

[4]Prof. Especialista. Docente da Faculdade de Tecnologia de Diadema Luigi Papaiz. Contato (monica.medeiros@fatec.sp.gov.br).

***ABSTRACT***

***Introduction:*** *Human hair, in addition to its aesthetic role, serves essential functions such as thermal insulation, sensory reception, and protection against external aggressions. Its structure consists of three main layers: cuticle, cortex, and medulla, with keratin being the primary component. In Brazil, there is a wide variety of hair types—straight, wavy, and curly—many of which are altered by chemical treatments. These procedures directly affect the hair structure, making it necessary to use specific and effective products. This study aims to characterize, through scanning electron microscopy (SEM), the morphology of natural hair strands, evaluating aspects such as cuticle thickness, scale presence, and keratin fiber organization.* ***The objective:*** *is to contribute to scientific studies on the morphology of straight, wavy, and curly human hair strands.* ***Materials and Methods:*** *Ten samples were used, subjected to bleaching, traditional washing with shampoo and conditioner, and pre-oiling.* ***Results:*** *Hair fibers were compared according to the chemical treatment applied, using images obtained through Scanning Electron Microscopy (SEM).* ***Conclusions:*** *SEM proved to be an effective tool for detailed visualization of structural changes in hair fibers subjected to chemical treatments. Observations indicate that such treatments may compromise the integrity of the hair fiber.*

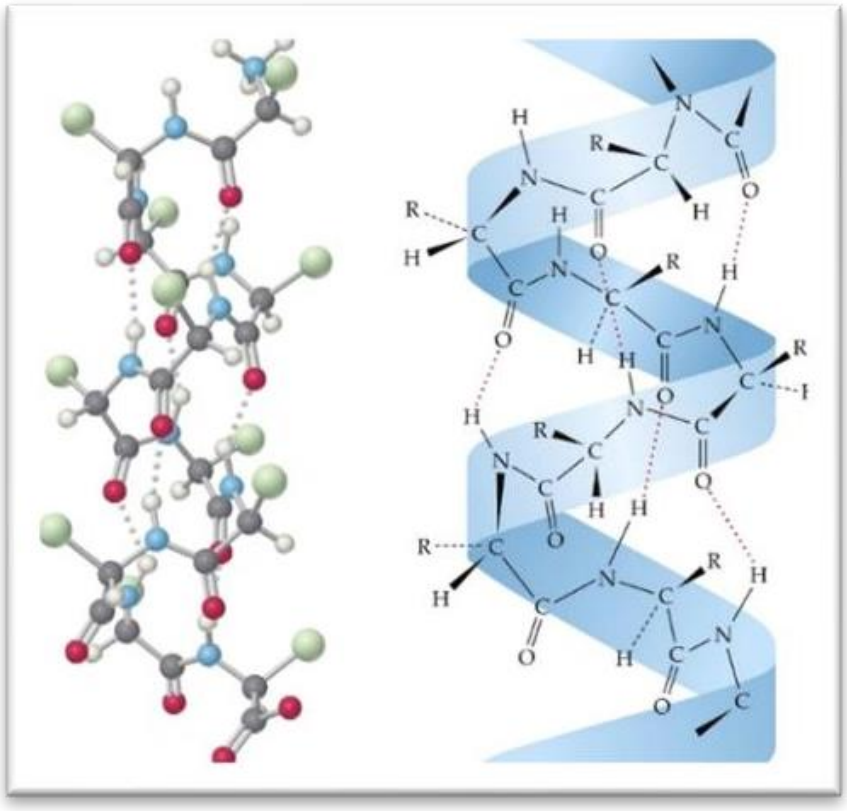
***Keywords****: Hair morphology, Scanning electron microscopy, Trichology.*

## 1 INTRODUÇÃO

“Nossos ancestrais primitivos dependiam do cabelo para aquecimento e proteção, e embora o cabelo não seja mais necessário para a sobrevivência, ainda tem um enorme impacto em nossa psicologia”, segundo Halal (2012, p. 56). Atualmente, além da estética, o cabelo possui várias funções, receptor sensorial, indicativo de doenças, isolante térmico, proteção contra radiação UV e abrasão mecânica. (Sociedade Brasileira de Dermatologia, s.d.).

O cabelo se desenvolve no folículo piloso, localizado na camada intermediária da pele, a derme. Nessa região, são fornecidos os nutrientes e oxigênio necessários para seu crescimento. O cabelo é formado por diversos compostos químicos, como o carbono, hidrogênio, nitrogênio, enxofre, oxigênio e alguns metais. Esses elementos combinam-se para formar aminoácidos, que se ligam em longas cadeias, constituindo os filamentos proteicos, como a queratina (Figura 1), que representa entre 85% e 95% da massa total do cabelo (Pinheiro SA et al. 2013).

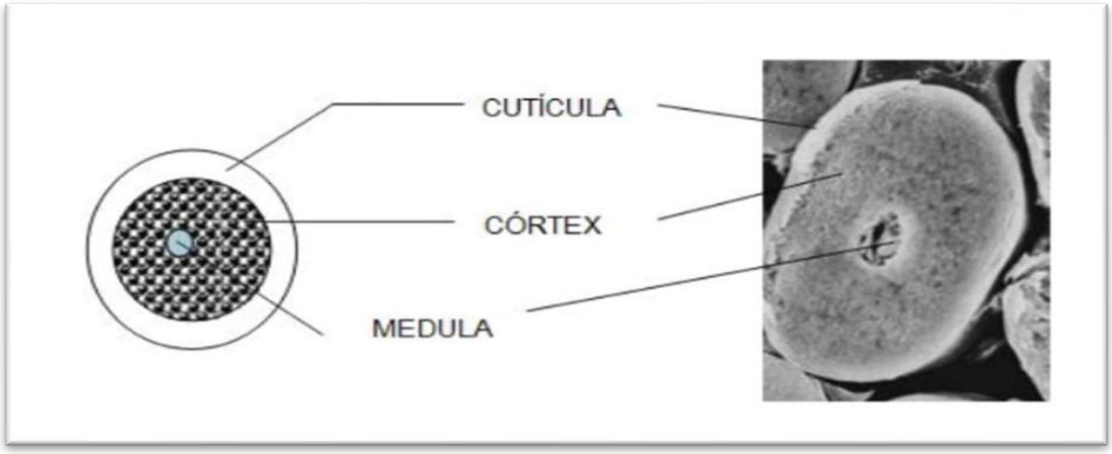
*Figura 01 - Estrutura química da queratina*



Fonte: RODRIGUES, João. Queratina – molécula da semana. **FCiências**, 2020.

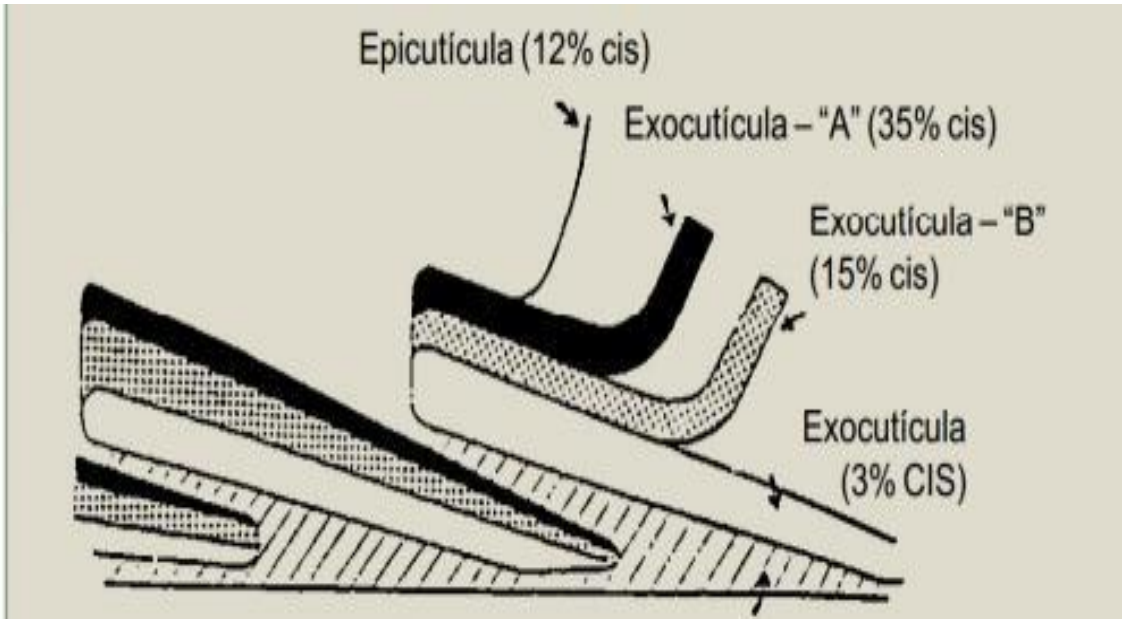
Segundo PINHEIRO SA et al. (2013), o fio de cabelo é formado por três camadas principais (FIGURA 2): (I) a **cutícula**, sendo a camada mais externa do fio e consequentemente a que mais sofre dano. É formada por células amorfas (epicutícula, exocutícula e endocutícula) sobrepostas, tipo escamas, e transparentes (FIGURA 3). Ela atua como uma barreira de proteção do córtex e da medula, impedindo a entrada de agentes externos. A aplicação de produtos com o pH ácido e temperaturas elevadas fazem com que a barreira se abra, permitindo a passagem de produtos químicos, método muito utilizado pelas indústrias cosméticas para colorir e relaxar os cabelos. (II) O **córtex** é a região mais espessa do fio, onde estão dispostas as células de queratina com formato retangular que se conectam hermeticamente, sendo o responsável pela força, flexibilidade, elasticidade e a coloração do cabelo; (III) e a **medula** é a parte mais interna formada por uma série de células grandes e ocas que formam uma estrutura esponjosa, não estando presente em todos os tipos de cabelo.

*Figura 02 – Estrutura dos componentes do fio de cabelo*




Fonte: DOS SANTOS, J.D. Caracterização de fios de cabelo antes e após tratamentos químicos e físicos por espectroscopias Raman e no infravermelho e microscopia eletrônica. **Universidade Federal de Juiz de Fora**, 2017.

*Figura 03 – Estrutura fisiológica do fio de cabelo*




Fonte: PINHEIRO SA *et al.* (adaptado). Fisiologia dos cabelos. **Cosmetics & Toiletries (Brasil)**, v. 25, p. 38, mai./jun. 2013.

No Brasil, há uma grande variedade de cabelos, sendo eles lisos, ondulados,

cacheados, todos eles considerando seu estado original de crescimento (Sociedade Brasileira de Dermatologia, 2016). Além desses, muitas pessoas modificam sua estrutura através de produtos químicos, como colorações, relaxamentos e/ou tinturas. Tantos os cabelos naturais, quanto os quimicamente tratados estão sujeitos a danos externos físicos e químicos, criando-se a demanda por parte dos consumidores em adquirir produtos específicos e de alta performance para sua tipologia e necessidade.

Neste estudo, propomos uma análise aprofundada da morfologia de fios de cabelo humano (lisos, ondulados e cacheados). Utilizando a técnica de microscopia eletrônica de varredura (MEV), que é capaz de fornecer imagens de alta resolução para caracterização de materiais em escalas micro e manométricas, pretendemos visualizar e analisar em detalhe as características e a organização interna dos fios de cabelo, como a espessura da cutícula, a presença de escamas e a organização das fibras de queratina no córtex. Com base nas imagens obtidas, buscaremos correlacionar as diferenças morfológicas observadas com as propriedades físicas e químicas de cada tipo de cabelo, como a resistência, a elasticidade, a porosidade e a hidratação. A motivação para o estudo desse tema reside na crescente demanda por inovações de produtos cosméticos capilares. Na literatura, é possível observar a defasagem de artigos científicos que abordem as diferenças estruturais do fio de cabelo em ninhos inerentes. Nesse contexto, a compreensão profunda da morfologia se revela como um pilar fundamental para o desenvolvimento de produtos eficazes e adequados às necessidades específicas, já que a partir da caracterização, os desenvolvedores poderão escolher matérias primas e tecnologias que supram essa carência. Ao longo dessa pesquisa, será possível demonstrar que a microscopia de varredura eletrônica, além de ser uma ferramenta analítica qualitativa, é um intermédio para a inovação de produtos.

# 2 OBJETIVO

## 2.1 OBJETIVOS ESPECIFÍCOS

Analisar através da microscopia eletrônica de varredura os efeitos dos tratamentos químicos em cada tipo de cabelo – liso, ondulado e cacheado.

Correlacionar as características morfológicas com as propriedades físicas e químicas dos cabelos.

## 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização desse experimento foi necessário a utilização dos seguintes materiais e reagentes, conforme demonstrado na Tabela 01 e seus subsequentes.

*Tabela 01 - Reagentes*

| **REAGENTES** | **FUNÇÃO COSMÉTICA** |
|---|---|
| Lauril Éter Sulfato De Sódio 27% | Surfactante |
| Água Destilada | Veículo |
| Álcool Cetoesterarílico 30/70 | Emulsionante |
| Cloreto de Cetrimônio 50% | Tensoativo Catiônico |
| Ácido Etilenodiamino Tetra-Acético (EDTA) ≥ 98 | Quelante |
| Mistura De Metil Isotiazolinona | Conservante |
| Glicerina ≥99 | Umectante |
| Óleo de Coco Extra Virgem Copra | Emoliente |
| Água Oxigenada 40 vol. MÁRCIA | Descolorante |
| Pó Descolorante MÁRCIA | Despigmentante |
| Hidroxitolueno Butilado (BHT) | Antioxidante |
| Xampu Comercial – Palmolive Shampoo Neutro Limpeza Balanceada | Detergência |
| Leave-in - AMEND Luxe Creations Extreme Repair | Proteção da fibra capilar |

Fonte: Autores (2025).

## 3.1 MATERIAIS

As vidrarias que foram utilizadas são: Béquer (50, 100 e 250 mL); Espátula metálica; Espátula De Silicone; Pipeta de Pasteur; Baqueta de Vidro; Frasco de Vidro; Papel Alumínio; e Termômetro.

Os instrumentos que foram utilizados são: Balança analítica eletrônica digital 210G – Quimis; Chapa aquecedora 10cm de diâmetro - Fisatom Placa; Secador de Cabelo Taiff Tourmaline 2100w e Estufa de Esterilização e Secagem Solidsteel.

Os materiais utilizados foram de doadores com cabelos virgens, sendo eles: liso, cacheado, ondulado e branco.

O Microscópio Eletrônico de Varredura (MVE) utilizado foi o modelo MEV Phenom XL G2 Desktop SEM da marca ThermoFisher Scientific, que possui resolução de até 10 nanômetros e opera em temperaturas até 30ºC, com baixo vácuo de 60 pascal, o detector padrão é o de elétrons retrodispersos (BSD) de quatro segmentos. Este equipamento representou a técnica mais moderna disponível para a captação de dados dessa natureza, garantindo alta veracidade nas medições.

## 3.2 MÉTODOS

Para realização dessa pesquisa, inicialmente foi realizado o levantamento bibliográfico de estudos, livros, artigos científicos, revistas e outras fontes relevantes relacionadas à morfologia capilar, tricologia, microscopia de varredura eletrônica e caracterização capilar.

Após isso, dividimos os experimentos em quatro partes principais: obtenção das amostras; preparação das amostras; aplicação dos processos físico-químicos; e caracterização das amostras.

### 3.2.1 OBTENÇÃO DAS AMOSTRAS

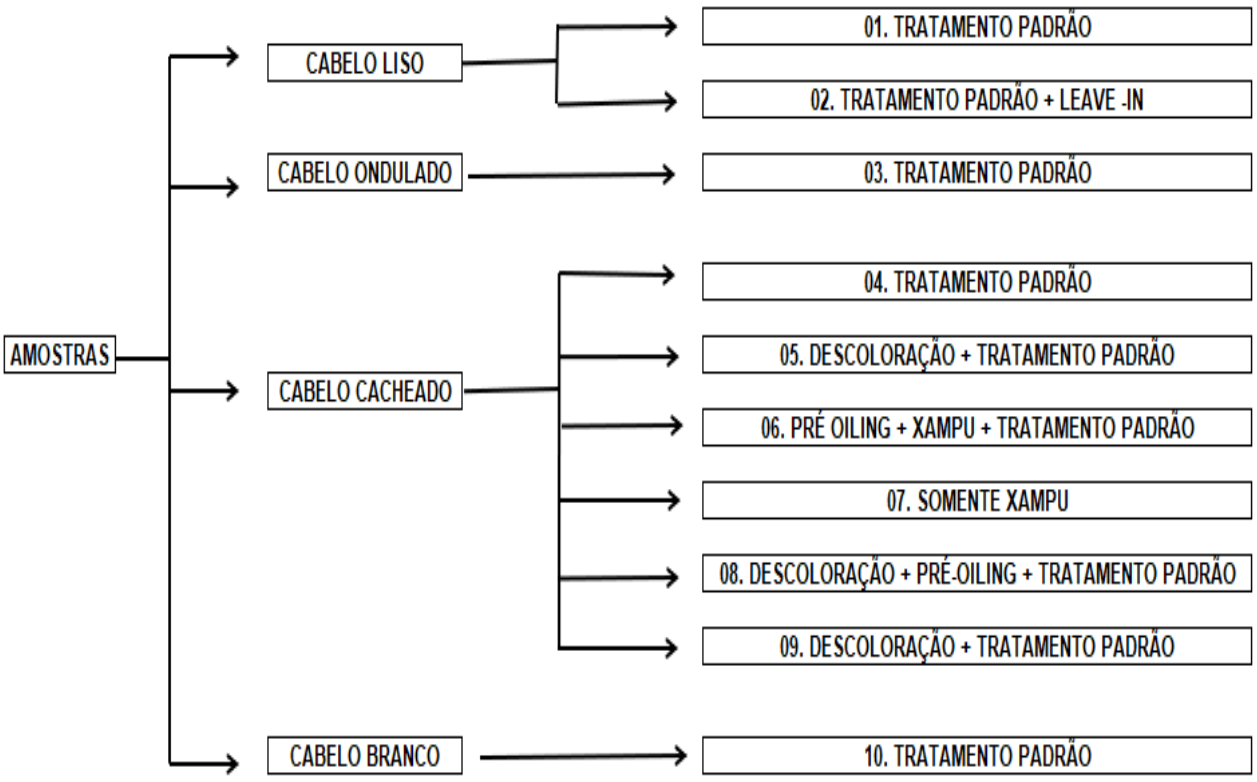
Foi efetuada uma busca de amostras de cabelos virgens (sem tratamento químico), provenientes de doadores que possuíam o perfil liso, ondulado e

cacheado.

### 3.2.1.1 PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS

Para a realização deste experimento, foram preparadas dez mechas de cabelo, cada uma com massa aproximada de 5 g. Cada amostra foi devidamente identificada e categorizada conforme descrito no fluxograma 01, que apresenta o código de identificação, o tipo de cabelo e o tratamento correspondente.

*Fluxograma 01 – Identificação das amostras de cabelo*




Fonte: Autores (2025).

### 3.2.1.2 PADRONIZAÇÃO DAS AMOSTRAS

Todas as amostras de cabelo passaram por um rigoroso processo de limpeza e padronização essenciais para garantir a precisão da análise

subsequente. Inicialmente, as amostras foram submetidas a um tratamento primário de limpeza, a fim de remover contaminantes que poderiam interferir na análise. Este tratamento envolveu a imersão das amostras em 1,0 mL de uma solução de 10% de Lauril Éter Sulfato de Sódio (LESS) por 1 minuto. Após a imersão, as amostras foram enxaguadas em água corrente para garantir a remoção total dos resíduos. Em seguida, as amostras foram secas à temperatura ambiente por um período de 24 horas, permitindo que secassem de maneira uniforme. O Lauril Éter Sulfato de Sódio, um tensoativo amplamente utilizado, foi empregado devido à sua capacidade de remover impurezas e resíduos oleosos.

### 3.2.2 PREPARAÇÃO DO CONDICIONADOR

Para realizar o tratamento padrão foi necessário a preparação de 100 mL de condicionador com 2,0% de óleo de coco, utilizou-se a seguinte formulação:

*Tabela 02 – Formulação do Condicionador*

| **COMPOSIÇÃO DO CONDICIONADOR COM 2% ÓLEO DE COCO** | | | |
|---|---|---|---|
| **FASE** | **INGREDIENTES** | **FORMULAÇÃO CENTESIMAL (%)** | **CLASSE COSMÉTICA** |
| B | Álcool cetoestearílico | 6,00 | Emulsificante |
| B | Cloreto de Cetrimônio 50% | 5,00 | Tensoativo Catiônico |
| A | EDTA | 0,15 | Quelante |
| B | Óleo de Coco Extra Virgem Copra | 2,00 | Emoliente |
| C | BHT | 0,10 | Conservante |
| A | Glicerina | 0,50 | Umectante |
| C | Mistura de Metil Isotiazolinona | 0,10 | Conservante |
| A/C | Água destilada | 86,15 | Veículo |

Fonte: Autores (2025).

A pesagem das matérias-primas foi realizada com o auxílio de uma

balança analítica de alta precisão. Em seguida, as fases A e B foram aquecidas separadamente até 60°C ou até completa dissolução dos componentes, utilizando uma chapa de aquecimento e um termômetro para monitoramento constante da temperatura. Quando ambas as fases atingiram a mesma temperatura, a Fase B foi adicionada à Fase A, com agitação intermitente, até que a mistura estivesse completamente homogênea.

Após o processo de mistura, a temperatura foi reduzida a 40°C ou inferior. Foi então adicionada a Fase C, e o pH da formulação foi medido, registrando-se o valor de 6,0.

Para avaliar a estabilidade do produto, a formulação foi mantida em estufa a 54°C por 3 meses. Durante esse período, as variáveis como cor, odor, aparência e pH foram monitoradas, permanecendo estáveis ao longo do tempo.

### 3.2.3 APLICAÇÃO DOS PROCESSOS FÍSICO-QUÍMICOS

Nesta etapa, as amostras foram separadas de acordo com o tipo de tratamento ao qual seriam submetidas. Os tratamentos aplicados foram os seguintes: tratamento padrão, lavagem apenas com xampu comercial (palmolive neutro limpeza balanceada), descoloração, pré-oiling, e aplicação de leave- in. Essa divisão permitiu a comparação dos efeitos de cada procedimento sobre as características das fibras capilares.

#### 3.2.3.1 TRATAMENTO PADRÃO

O tratamento padrão envolve a aplicação de 1,0 g de xampu comercial para cabelos normais por 1 minuto, sendo as amostras 1,2, 3, 4, 5, 7, 8, 9 e 10, então, enxaguadas em água corrente. Posteriormente, foi aplicado 1,0 g de condicionador contendo 2,0% de óleo de coco por 1 minuto, com as amostras sendo enxaguadas novamente para remover qualquer excesso de produto. As amostras ficaram em repouso nas mesmas condições mencionadas anteriormente para garantir que qualquer efeito residual do tratamento se estabilizasse.

#### 3.2.3.2 XAMPU COMERCIAL

A amostra 07 após o processo de padronização, foi submersa em 1,0 g de xampu para cabelos normais durante 1 minuto e logo foi enxaguada em água corrente. Sendo colocada em repouso durante 24 horas em temperatura ambiente.

#### 3.2.3.3 DESCOLORAÇÃO

Utilizando um recipiente de plástico colocou-se uma parte de pó descolorante e a duas partes de água oxigenada 40 volumes até formar uma mistura homogênea. Com o auxílio de um pincel foi espalhada essa mistura sob as mechas 05, 08 e 09 que estavam dispostas sobre folhas de papel alumínio. Em seguida, foram expostas ao jato de um secador com o ar quente, com o objetivo de acelerar a reação de oxidação durante 30 minutos.

Após o tempo de ação, as mechas foram lavadas em água corrente até completa retirada do produto e foram deixadas para secar durante 24 horas em temperatura ambiente.

#### 3.2.3.4 PRÉ-OILING

As mechas 06 e 08, antes de serem submetidas ao tratamento padrão, passaram por um processo pré-tratamento com óleo de coco. Para isso, aplicou-se 1,0 g de óleo de coco extra virgem ao longo de todo o comprimento da amostra durante um minuto.

#### 3.2.3.5 LEAVE-IN

Após a amostra 02 ser submetida ao tratamento padrão, foi aplicada uma quantidade de 1,0 g de leave-in ao longo de todo o comprimento da mecha, com o objetivo de auxiliar na reposição de massa capilar. Em seguida, a amostra foi deixada para secar à temperatura ambiente por um período de 24 horas.

### 3.2.4 CARACTERIZAÇÃO DAS AMOSTRAS

Para assegurar que as amostras estivessem completamente secas antes da análise microscópica, elas foram acondicionadas em uma estufa a 40°C. Esta etapa foi crucial para remover toda a umidade residual que pudesse interferir na observação das estruturas microscópicas dos fios de cabelo. Finalmente, as amostras foram cortadas em fragmentos de 2,5 cm, tamanho ideal para a análise por microscopia eletrônica de varredura (MEV), permitindo uma avaliação detalhada da morfologia superficial e da ultraestrutura dos fios de cabelo.

As amostras foram adicionadas em um suporte metálico, utilizando fita condutora de carbono para garantir uma boa conexão elétrica. As amostras foram revestidas com uma fina camada de metal, a fim de torná-las condutoras e evitar o acúmulo de carga. O detector de elétrons retro espalhados foram utilizados para obter imagens de alta resolução. Foram adquiridas imagens em diferentes aumentos e ângulos, permitindo uma análise detalhada das características das amostras.

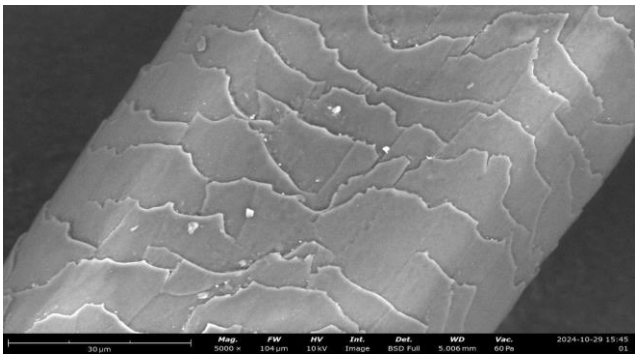
O estudo foi conduzido em parceria com o laboratório da empresa Nova Analítica, localizado em Diadema, São Paulo, no dia 29/10/2024. A pesquisa foi realizada em conformidade com os protocolos éticos estabelecidos pela instituição, com a autorização dos voluntários que forneceram as amostras de cabelo.

## 4 RESULTADOS

Para identificar a morfologia superficial e a ultraestrutura do fio de cabelo foi utilizada a microscopia eletrônica de varredura (MEV). Produtos químicos e tratamentos térmicos podem danificar o cabelo, tornando-o fragilizado e mais propensos a quebras, o que prejudica a saúde capilar.

As fotomicrografias de MEV (Figuras 04 a 13) mostram diferentes tipos de cabelo sem procedimentos e quando submetem à algum tratamento, constam com o valor de cada escala de aproximação (Mag), e o tamanho em µm, todas as imagens foram feitas em baixo vácuo com 60 pascal para não danificar as amostras.

*Figura 04 – Microscopia eletrônica de varredura dos fios de cabelo liso sem tratamento químico.*

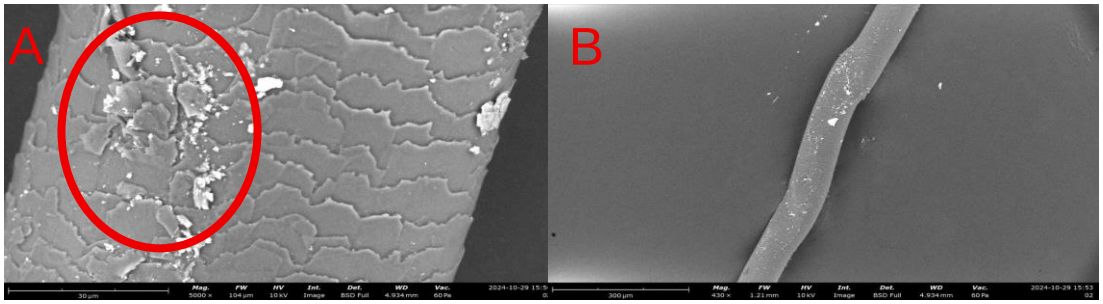


Fonte: Autores (2025).

A figura 04 apresentada com ampliação de 5000x, corresponde à superfície cuticular de um fio de cabelo liso que foi submetido a um tratamento padrão. Observa- se cutículas relativamente íntegras, com escamas sobrepostas de forma regular e bem aderidas à haste do cabelo.

A estrutura das escamas apresenta contornos definidos e uniformes, sem evidências marcantes de delaminação ou desorganização. Uma orientação paralela das escamas indica uma boa compactação cuticular, característica comum de fios lisos saudáveis. Essa morfologia favorece a reflexão da luz e está associada ao brilho natural e à suavidade ao toque, que são típicos desse tipo de cabelo. A ausência de fissuras, escamas rompidas ou lesões na cutícula, sugere que o fio analisado não passou por processos agressivos recentes, como alisamentos químicos, descoloração ou exposição intensa ao calor. A topografia superficial contínua e bem definida é compatível com um estado de conservação satisfatório da fibra capilar

*Figura 05 – Microscopia eletrônica de varredura dos fios de cabelo ondulado.*



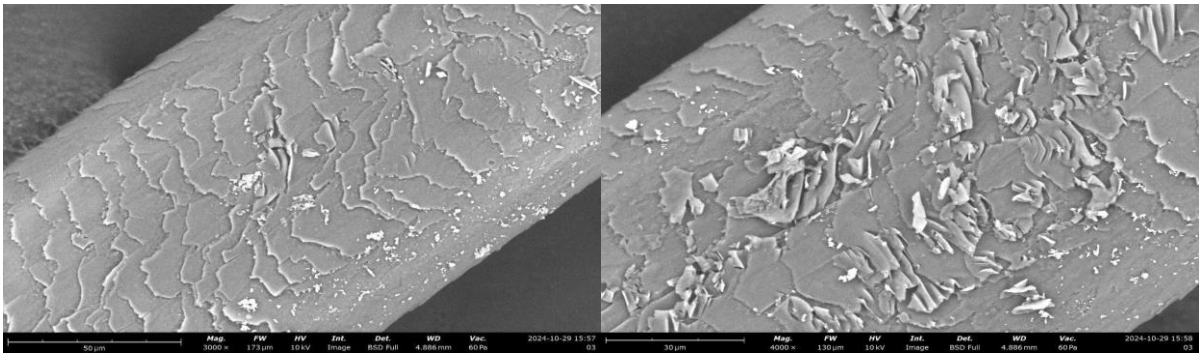

Fonte: Autores (2025).

A figura 05 apresentada com ampliação de 5000x, corresponde na superfície cuticular de um fio de cabelo ondulado que foi submetido a tratamento padrão.

Na figura A, as escamas permanecem relativamente íntegras, com disposição sobreposta típica de fios ondulados saudáveis Porém, observa-se um certo grau de levantamento das escamas cuticulares em algumas regiões, principalmente nas adjacentes aos pontos de acúmulo de resíduos. Isso pode indicar início de desorganização cuticular ou efeito mecânico provocado pelos depósitos aderidos.

O contorno das escamas é bem definido e não há indícios evidentes de fissuras profundas ou lesões, sugerindo que, apesar da presença dos resíduos, a integridade estrutural da fibra ainda está preservada, caracterizando um cabelo saudável.

*Figura 06– Microscopia eletrônica de varredura dos fios de cabelo cacheado.*

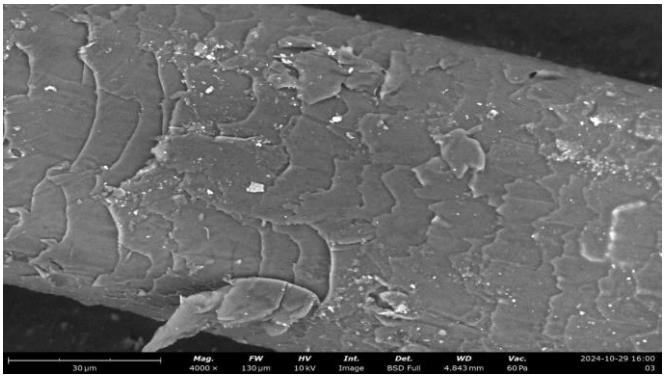


Fonte: Autores (2025).

A figura 06 obtida com ampliação de 4000x e 3000x, A e B, respectivamente, corresponde a uma superfície cuticular de um cabelo cacheado que foi submetido a tratamento padrão.

As cutículas estão relativamente integras, com boa sobreposição e formato de escamas típico desse tipo de fio. As cuticulas apresentam um leve desgaste e irregularidade nas bordas, sugerindo ressecamento ou agressão de agentes mecânicos, como chapinha e secador etc e não apresenta fissuras ou lesões graves, o fio está moderadamente danificado, com características naturais de um cabelo cacheado.

*Figura 07 – Microscopia eletrônica de varredura dos fios de cabelo cacheado descolorido.*

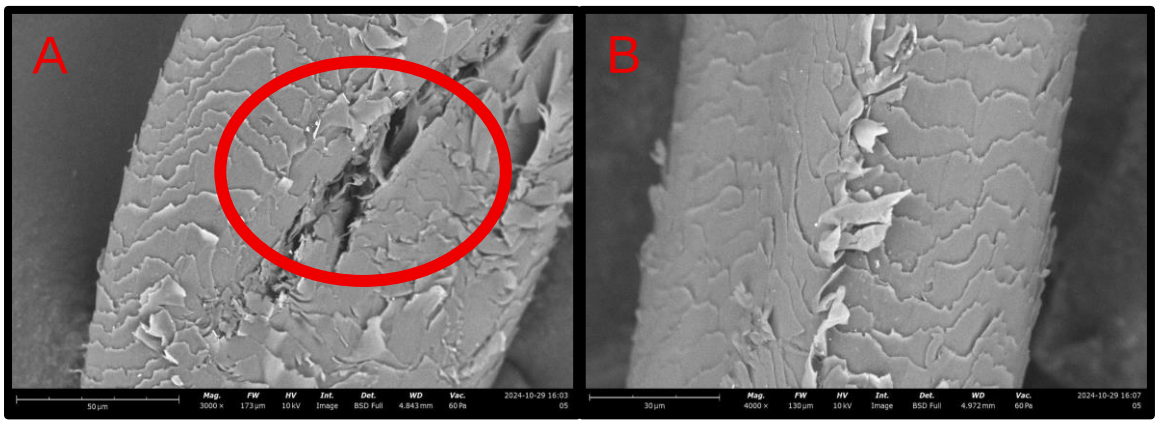


Fonte: Autores (2025).

A figura 07 mostra um fio de cabelo cacheado, ampliado em 4000x, que passou pelo processo de descoloração. Observa-se cutículas severamente danificadas, com as bordas levantadas, fragmentadas e em processo de delaminação e apresenta vários resíduos aderidos na superfície, indicando acúmulo de produto ou restos de queratina.

A textura irregular indica uma degradação intensa da superfície do fio. A estrutura interna foi comprometida, tornando-o mais poroso, frágil e suscetível a quebra.

*Figura 08- Microscopia eletrônica de varredura dos fios de cabelo cacheado com tratamento pré-oiling.*



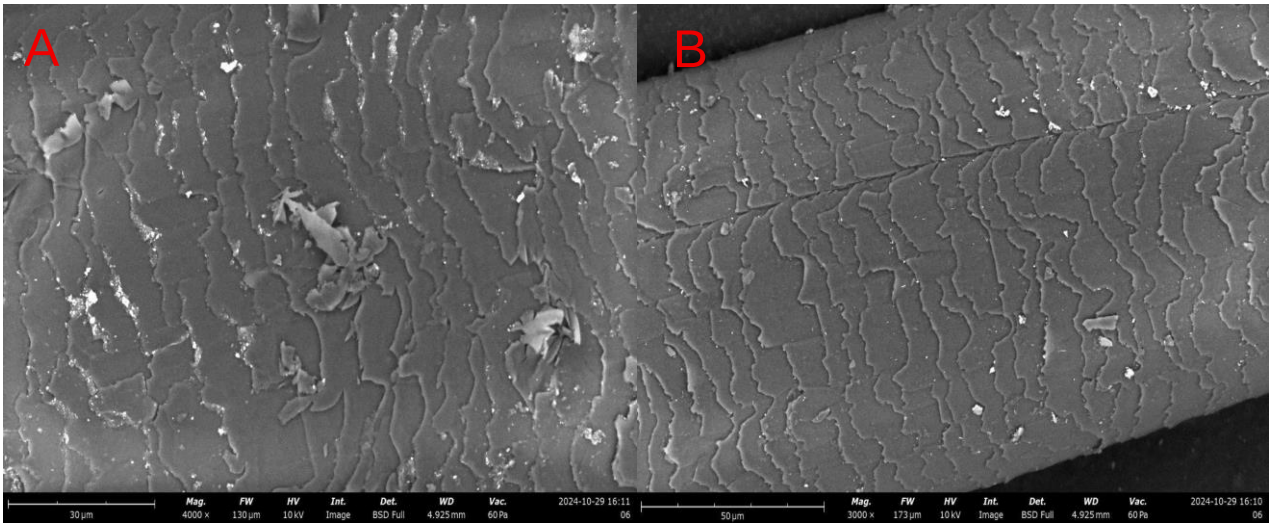

Fonte: Autores (2025).

A figura 08 mostra um fio de cabelo cacheado que passou por tratamento pré-

oiling, ampliado em 3000x e 4000x, A e B, respectivamente. É possível observer na imagem A que as escamas cuticulares estão levantadas, desalinhadas e em alguns pontos quebradas, indicando provável danificação por agentes mecânicos ou químicos e degradação severa da cutícula.

Os cabelos cacheados geralmente têm mais pontos de curvatura dos que os outros fios analisados, dessa forma, a cutícula pode sofrer mais tensão. Existe uma distribuição irregular da oleosidade natural e a exposição a tratamentos térmicos ou químicos pode causar ainda mais danos no fio. O uso de óleo, nesse caso teve algum efeito positivo, mas não foi o suficiente para impedir os danos causados.

*Figura 09 – Microscopia eletrônica de varredura dos fios de cabelo cacheado lavado com xampu.*

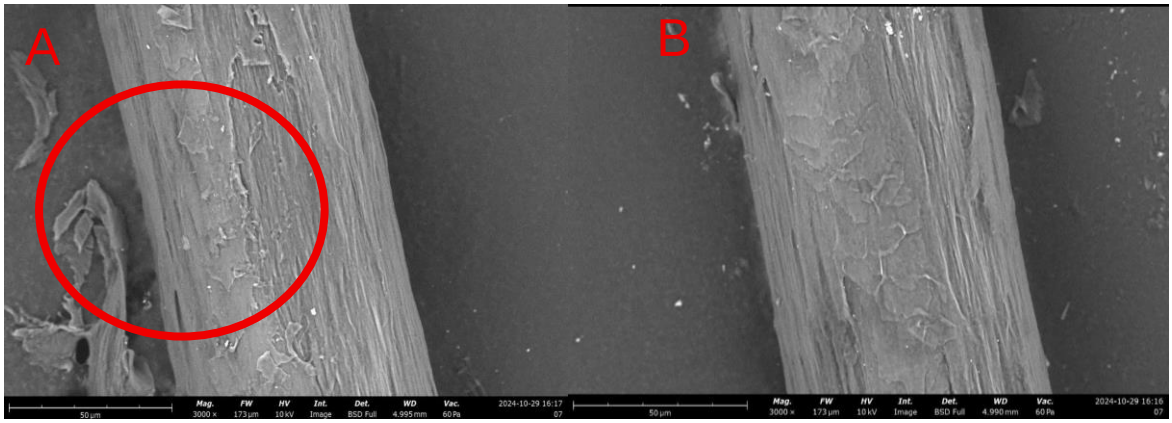



Fonte: Autores (2025).

A figura 09 apresenta um fio de cabelo cacheado, ampliado em 3000x e 4000x, A e B respectivamente, submetido a lavagem apenas com xampu. Apresenta escamas bem sobrepostas e com formato de escamas típicos desse fio de cabelo.

É possível observar fragmentos dispersos de queratina envolta do fio, mas nada significativo para causar um dano. A estrutura do fio parece saudável.

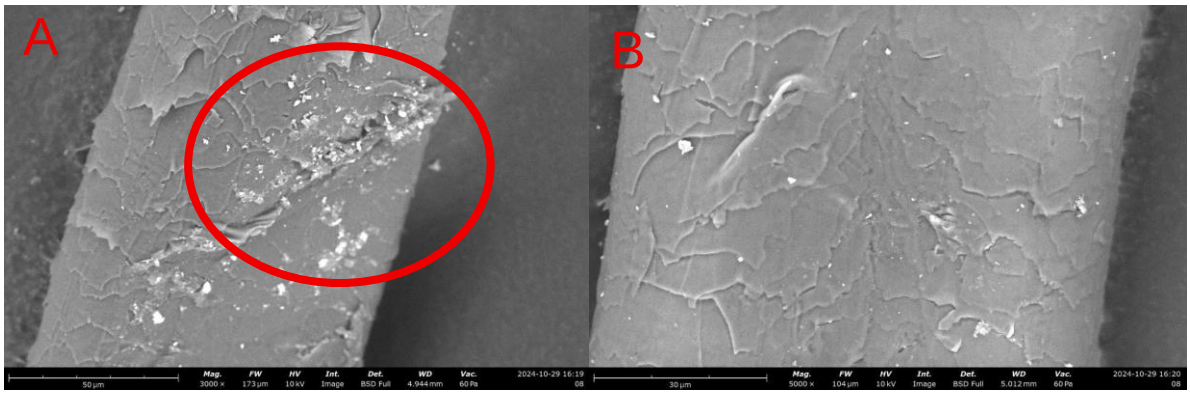
*Figura 10 – Microscopia eletrônica de varredura dos fios de cabelo cacheado descolorido com tratamento pré-oiling.*




Fonte: Autores (2025).

A figura 10 apresenta um cabelo cacheado, ampliado em 3000x (ambas as imagens), após sofrer agressão química (descoloração) e tratamento pré-oiling. Observa-se na imagem A grande lesão das escamas cuticulares, além de partes estarem quebradas e fora da estrutura do fio, conforme destacado na imagem.

*Figura 11- Microscopia eletrônica de varredura dos fios de cabelo cacheado descolorido com tratamento padrão.*

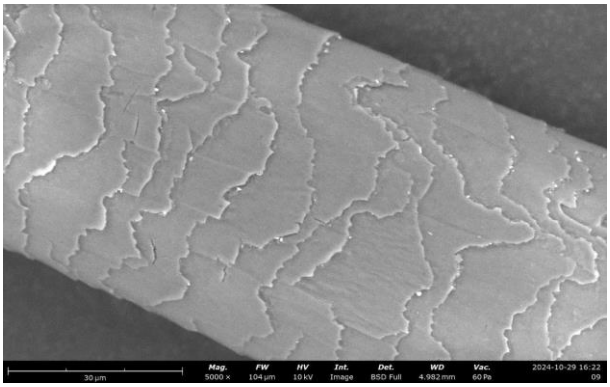



Fonte: Autores (2025).

A figura 11 apresenta um cabelo cacheado, ampliado em 3000x e 5000x, A e B, respectivamente, após ser submetido a agressão química (descoloração) e tratamento padrão. Observa-se melhora nas escamas cuticulares, o fio está

mais alinhado é possível visualizar as sobreposições, ainda há danos, mas menos visíveis em comparação à figura 10.

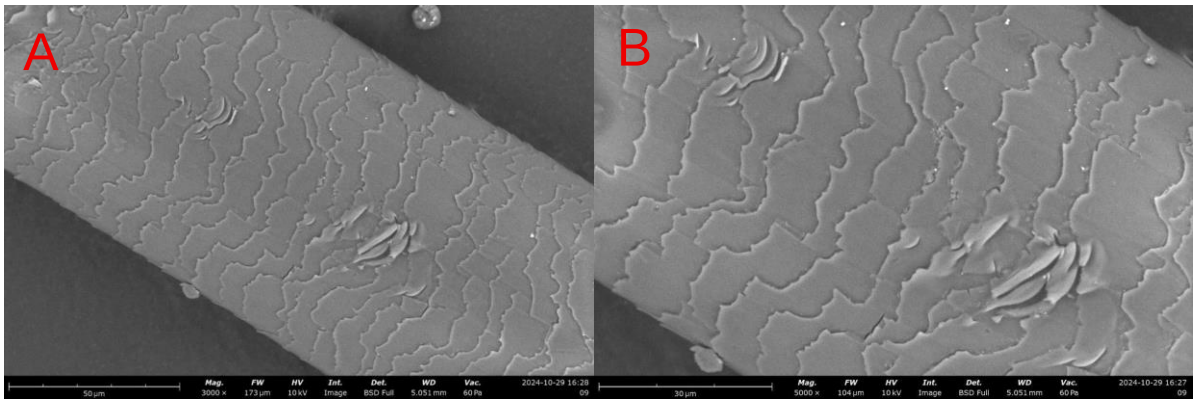
*Figura 12 - Microscopia eletrônica de varredura dos fios de cabelo liso branco.*



Fonte: Autores (2025).

A figura 12 apresenta um fio de cabelo liso branco, ampliado 5000x, submetido a tratamento padrão. Observa-se uma estrutura bem alinhada, com as escamas sobrepostas e bordas regulares. Características de um cabelo saudável.

*Figura 13– Microscopia eletrônica de varredura dos fios de cabelo liso com aplicação de leave-in.*




Fonte: Autores (2025).

A figura 13 apresenta um fio de cabelo liso, ampliado 5000x (ambas as imagens), submetido a tratamento padrão e uso de leavin. Observa-se uma estrutura bem alinhada, com as escamas sobrepostas e bordas regulares. Apresenta alguns

danos moderados e fragmentos de queratina.

## 5 DISCUSSÃO

A análise morfológica da fibra capilar humana por meio da Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) permitiu uma avaliação detalhada das alterações estruturais nos fios de cabelo submetidos a diferentes condições físico-químicas. A fibra capilar, composta majoritariamente por queratina, apresenta uma arquitetura complexa composta por cutícula, córtex e medula. Tais estruturas são diretamente afetadas por fatores externos, como tratamentos químicos, térmicos e mecânicos.

As imagens obtidas revelaram que fios de cabelo virgens (sem tratamento químico) — independentemente do tipo (liso, ondulado ou cacheado) — apresentaram cutículas bem sobrepostas, escamas alinhadas e superfície regular. Essa morfologia está associada à integridade da barreira cuticular, refletindo boa saúde capilar. No entanto, variações entre os tipos capilares foram notadas. Cabelos cacheados, por exemplo, demonstraram maior suscetibilidade ao levantamento das escamas e à irregularidade de bordas, possivelmente devido à maior curvatura natural dos fios e distribuição desigual da oleosidade ao longo da haste.

Com a aplicação de diferentes tratamentos, como descoloração, lavagem com xampu neutro, aplicação de leave-in e pré-oiling com óleo de coco, foram observadas alterações importantes. A descoloração foi o procedimento que causou os maiores danos à cutícula, resultando em escamas levantadas, fragmentadas e delaminadas, além de evidências de resíduos de produtos aderidos à superfície do fio. Essa degradação compromete não apenas a proteção natural da fibra, mas também aumenta sua porosidade, facilitando a perda de água e nutrientes.

O tratamento com óleo de coco aplicado previamente ao procedimento químico demonstrou efeitos mitigadores moderados. Ainda que não tenha impedido completamente os danos, foi possível observar menor grau de desorganização estrutural em comparação ao mesmo procedimento sem pré-tratamento. Isso sugere que o pré-oiling pode exercer uma função protetora parcial sobre a fibra capilar, atuando como uma barreira física temporária.

A aplicação de leave-in também apresentou resultado positivo, melhorando a organização das escamas cuticulares em cabelos previamente descoloridos.

Embora os danos não tenham sido totalmente revertidos, houve uma recuperação parcial da aparência superficial do fio, o que pode ser visualmente relevante para o consumidor.

## 6 CONCLUSÃO

O estudo investigou a morfologia superficial de cabelos lisos, ondulados e cacheados através da Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) para entender as diferenças estruturais e os efeitos de tratamentos químicos. A análise detalhada das cutículas revelou que cabelos lisos mantêm uma sobreposição uniforme após tratamento padrão, enquanto ondulados e cacheados são mais propensos a desorganização cuticular, especialmente após descoloração, mesmo com pré-tratamento com óleo de coco. O leave-in ofereceu proteção parcial, mas não minimizou completamente os danos químicos.

O MEV comprovou sua eficácia ao identificar detalhes cuticulares invisíveis a olho nu, como fissuras e descolamento de escamas. A pesquisa contribui para a compreensão da estrutura capilar frente a agressões químicas, sendo relevante para o desenvolvimento de cosméticos mais eficazes. Contudo, limitações como a amostra reduzida e a ausência de análises quantitativas são reconhecidas. Estudos futuros devem ampliar a amostragem, variar as condições e integrar outras técnicas para aprofundar o conhecimento e fomentar tecnologias capilares baseadas em evidências.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, por me conceder saúde, força e sabedoria ao longo desta jornada acadêmica. Sem Sua presença constante em minha vida, este trabalho não teria sido possível.

Aos meus pais, meu mais sincero agradecimento pelo amor incondicional, apoio em todos os momentos e incentivo contínuo. Vocês sempre foram minha base e inspiração.

À nossa orientadora, Mônica Bispo, agradeço imensamente pela dedicação, paciência e orientação durante todo o desenvolvimento deste trabalho. Seu conhecimento e apoio foram fundamentais para a realização deste projeto.

À empresa **Nova Analítica**, deixo meu agradecimento especial por ter aberto

as portas e proporcionado a oportunidade de aprendizado e desenvolvimento prático. A colaboração e receptividade da equipe foram essenciais para o sucesso deste trabalho.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para essa conquista, minha profunda gratidão.

**REFERÊNCIAS**

Cengage. HALAL, John. Tricologia e a química cosmética capilar – tradução da quinta edição norte americana - São Paulo – 2012- p. 56-85.

Chu Fanny; Anex Deon, S. Jonas A. Daniel e Hart Bradley R. 2020. Automated analysis of scanning electron microscopic images for assessment of hair surface damage. R. Soc. Open Sci. 7191438. Disponível em: http://doi.org/10.1098/rsos.191438. Acesso em: 21 out. 2024.

LONGO, V. et al**, Charge density alterations in human hair fibers: an investigation using elestrostatic force microscopy,** Internacional Journal of Chemistry Science, v. 27, p.1-7, 2005.

LOUSSOUARN, G., GARCEL, A., LOZANO, I., COLLAUDIN, C., PORTER, C., PANHARD, S., SAINT-LEGER, D., LA METTRIE, R. **Worldwide diversity of hair curliness: a new method. Internacional Journal of Dermatology,** v. 46, s.1, p.2-6, 2007.

Mauricio, Larissa Paula Alves. Caracterização Da Integridade Estrutural Da Fibra Capilar Tratada Com Diferentes Produtos Químicos. 2019. Disponível Em: Https://Repositorio.Ufrn.Br/Bitstream/123456789/27531/1/Caracteriza%C3%A7%C3%A3ointegridadeestrutural_Maur%C3%Adcio_2019.Pdf. Acesso Em: 22 Out. 2024.

**Microscopia Eletrônica de Varredura**. Grupo de Reologia PUC - Rio. Disponíve em:https://greo.mec.puc-rio.br/servicos/microscopiaeletronicadevarredura/. Acesso em: 21 out. 2024.

PINHEIRO, Adriano s; TERCI, Diogo; PICON, Francini; ALBARICI, Viviane. **Fisiologia dos Cabelos**. 2013. Disponível em:

https://www.cosmeticsonline.com.br/artigo/49. Acesso em: 20 out.2024.

SÁ DIAS, Tania Cristina de. **Avaliação in vitro do efeito de diferentes processos de alisamento químico/térmico na fibra capilar**. 2015. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015. Disponível em: http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/9/9139/tde-07122016-111738/. Acesso em: 26 out. 2024.

Santos, P; Colenci, A; Silva, A; Silva, T; Longo, E; Longo, V.. Mapeamento da Degradação da Fibra Capilar mediante o uso de formaldeído e outras intervenções químicas, Centro de Desenvolvimento de Materiais Funcionais, Departamento de Química – Universidade Federal de Sã Carlos, UFSCar, São Carlos – SP, s.d.

Sociedade Brasileira de Dermatologia. **Conheça os cabelos**. Disponível em: https://www.sbd.org.br/cuidados/conheca-os-cabelos/. Acesso em: 21 out. 2024.

Sociedade Brasileira de Dermatologia. **Tipos de cabelos**. 2016. Disponível em: https://www.sbd.org.br/cuidados/tipos-de-cabelos/. Acesso em: 21 out. 2024.

WOJCIECHOWSKA, E.; WLOCHOWICZ, A.; WESELUCHA-BIREZYNSKA, A., **Application of Fourier – transform infrared and Raman spectroscopy to study degradation of the wool fiber keratin,** Journal of Molecular Structure. v. 5, p. 307-308, 1999.