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

Análise da ação condicionadora de substâncias
cosméticas adicionadas em alisante capilar
à base de tioglicolato de amônio

Tania Cristina de Sá Dias

Dissertação para obtenção do grau de
MESTRE

Orientador:
Prof.^a. Dr.^a Maria Valéria Robles Velasco

São Paulo
2004

18021

DEDALUS - Acervo - CQ

30100007140

Ficha Catalográfica

Elaborada pela Divisão de Biblioteca e
Documentação do Conjunto das Químicas da USP.

S224a Sá Dias, Tania Cristina de
Análise da ação condicionadora de substâncias cosméticas
adicionadas em alisante capilar à base de tioglicolato de
amônio / Tania Cristina de Sá Dias. -- São Paulo, 2004.
106p.

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

1. Cosmetologia 2. Cabelo : Tratamento químico : Cosméticos
I. T. II. Velasco, Maria Valéria Robles, orientador.

668.5 CDD

Tania Cristina de Sá Dias

Análise da ação condicionadora de substâncias
cosméticas adicionadas em alisante capilar
à base de tioglicolato de amônio

Comissão Julgadora
da
Dissertação para obtenção do grau de Mestre

Prof^a. Dr.^a Maria Valéria Robles Velasco
Orientador/presidente

Prof. Dr. Adalberto Pessoa Junior
1º examinador

Prof^a. Dr.^a Maria Jose Vieira Fonseca
2º examinador

São Paulo, 05 de Outubro de 2004.

BIBLIOTECA
Faculdade de Ciências Farmacêuticas
Universidade de São Paulo

**Agradeço a Deus – a quem tudo devo
e aos meus mentores espirituais pela
inspiração e pela tenacidade que me
fizeram ir adiante, mesmo nos momentos
mais difíceis.**

Dedico este trabalho à :

Minha mãe Maria Hermida, amiga de todas as horas, que sempre apóia, ilumina e demonstra seu incondicional amor por nós.

Meu pai Durval, com quem aprendi que na vida temos que conquistar com esforço próprio o que desejamos.

Minha avó Purinha, que me ensinou o valor da perseverança e o poder dos sonhos.

Minha tia Edna, abnegada companheira em todos os momentos.

Minha irmã Cláudia Regina, por compartilhar comigo cada etapa vencida.

Meus sobrinhos, Maria Isabel, Maria Beatriz e Paulo Henrique que com suas brincadeiras e sorrisos fazem a vida valer a pena.

**Um especial agradecimento,
a minha orientadora Prof. Dra Maria Valéria Robles Velasco,
que com toda dedicação, paciência e flexibilidade propiciou
meu aprimoramento científico, vencendo junto comigo todas as
etapas deste estudo com otimismo e compreensão.
Muito obrigado por sua amizade.
Que Deus continue a lhe iluminar sempre.**

Agradecimentos

À Dow Corning do Brasil, em particular a Maria Luisa Fulgueira, pelo apoio que permitiu a viabilidade deste estudo.

Aos estagiários André B. Rolim, Ana Paula Darini, Juliana L. Shitara e Cláudia T. Osaki que com toda dedicação ajudaram na realização deste estudo. Vocês foram fundamentais para o meu êxito.

Aos colegas de empresa, Sueli, Camilla, Fernanda e Álvaro, pelo auxílio inestimável na realização dos testes e por suas valiosas sugestões.

Ao Prof. Adalberto Pessoa Júnior pelas sugestões que contribuíram para o enriquecimento deste trabalho.

À Prof^a, Mitsuko Taba Ohara, por suas observações no exame de qualificação, que me ajudaram a aprimorar este estudo.

A Prof^a. Telma Mary Sakuda, por sua ajuda, compreensão e profissionalismo.

Aos Prof(s). Vladi Olga Consiglieri e Marina Amélia S. Santos e Prof. Pedro K. Kiyohara e a Simone Toledo, por disporem de seu tempo para me auxiliar nos testes e dúvidas.

À Claudinéia, por todo o apoio no laboratório da USP e pelos bons momentos que compartilhamos nos estudos.

À Carla pela ajuda e simpatia sempre presentes.

À Elisabete S. Paiva, Elaine Ychico e Jorge de Lima , pela atenção, paciência e apoio que sempre demonstraram.

À bibliotecária Leila Bonadio, que pacientemente efetuou a revisão das referências bibliográficas.

As empresas Dow Corning do Brasil, Croda do Brasil , Beraca e Chemyunion, pelas amostras e materiais técnicos cedidos, que enriqueceram este estudo.

E a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho, meus sinceros agradecimentos, e a certeza que os momentos vividos nessa etapa da minha vida serão inesquecíveis graças a vocês.

RESUMO

O alisamento químico é o método mais empregado para melhorar a penteabilidade e a estilização de cabelos afro-étnicos. O cabelo é composto basicamente de três partes: cutícula, córtex e medula. O principal constituinte é uma proteína, a queratina. O tratamento com agente alcalino, redutor e/ou oxidante, provoca modificações nessa estrutura, ocasionando danos que podem ocorrer na camada superficial (cutícula) ou em toda a fibra, atingindo inclusive o córtex e modificando as propriedades físico-químicas do cabelo, pois o torna mais quebradiço, frágil, sem brilho, áspero e com mais dificuldade para ser penteado e desembaraçado. O emprego de agentes condicionadores auxilia na melhora dos atributos físicos e sensoriais do cabelo tornando-o mais resistente e facilitando o manuseio.

Neste estudo foi preparado um creme-base alisante com tioglicolato de amônio acrescido de agentes condicionadores pré-escolhidos e adicionados no momento do uso. A formulação-base foi submetida ao estudo de estabilidade física por dois meses. Foram realizados testes de: quantificação da perda de proteína equivalente em albumina, empregando-se o método de Lowry modificado por Peterson; penteabilidade e tração de ruptura. Os resultados indicaram que a adição de óleo de jojoba e de silicões, como Lauril PEG/PPG-18/18 meticona e Ciclopentasiloxano (e) PEG-12 polímero de dimeticona reticulado, melhoram os atributos físico-químicos e sensoriais das mechas de cabelo afro-étnico, sendo indicado como agentes condicionadores que poderão ser acrescidos à formulação do creme-base alisante.

SUMMARY

Chemical hair relaxing is the most common used method to improve combability and styling on afro-ethnic hair. The hair is basically composed of three parts: cuticle, cortex and medulla. The main basic element is a protein, the keratin. The treatment with an alkaline reducing agent and/or an oxidant agent causes modifications in this structure, and related damages that can occur in the superficial layer (cuticle) through all the fiber, reaching the cortex and modifying the physical-chemical properties of the hair. In that case, the hair becomes more fragile, it has no shine, gets rough and it is very difficult to comb and to detangle it. Conditioning agents can improve the physical and sensorial attributes of the hair, thus allowing it to become more resistant and making it easier to take care of.

In this study a hair straightener cream-base with ammonium thioglycolate was prepared and the selected conditioning agents added at the moment of the use. The straightener cream-base was submitted to the physical stability study for two months. The tests had been carried through: quantification of protein loss of albumine equivalent, using the Lowry method modified by Peterson; the combability and rupture traction.

The results have indicated that the addition of Jojoba oil and silicones as Lauryl PEG/PPG-18/18 methicone; and Cyclopentasiloxane (and) PEG-12 dimethicone crosspolymer, improve the physical-chemical and sensorial attributes of the afro-ethnic hair tresses, being indicated as conditioning agents that could be added in a hair straighteners cream formulation to help its care.

SÍMBOLOS e SIGLAS

18-MEA	Ácido 18- metil-eicosanóico
µg	Microgramas
a	Área
A	Absorbância
Am+/- σ	Absorbância média ± desvio-padrão
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
BA	Base alisante
Beraoil V1000®	Óleo de jojoba
C. cystine®	Água (e) hidroxipropil cistina polisiloxano
CBA	Creme-base alisante
CMC	Complexo da membrana celular
cP	Centipoise
CTC	Cobre-tartarato-carbonato
CTFA	<i>The Cosmetic Toiletry and Fragrance Association</i>
D	Diâmetro
DC	<i>Dow Corning</i>
DC 5200®	Lauril PEG/PPG-18/18 meticona
DC 9011®	Ciclopentasiloxano (e) PEG-12 polímero de dimeticone reticulado
DEF	Efeito direcional
DP	Desvio-padrão
E	Exponencial base 10
F	Força
IC	Coeficiente angular
K	Queratina
Kg	Quilograma
Kink hair	Cabelo tipo afro-étnico
LSS	Lauril Sulfato de Sódio
M	Média
ma	Massa
MEV	Microscopia Eletrônica de Varredura
MFA	Microscopia de Força Atômica
mL	Mililitros
N	Newton
PDMS	Polidimetilsiloxano
PEG	Polietilenoglicol
PPG	Polipropilenoglicol
Produto A	Alisante comercial A
Produto B	Alisante comercial B
r	Raio
SDS	Dodecilssulfato de sódio
SEM	<i>Scanning electron micrograph</i>
SLS	Lauril sulfato de sódio
shaker	Agitador rotativo

ST
T
p/v

Sem tratamento
Tração
Peso/volume

SUMÁRIO

1- INTRODUÇÃO	1
2- REVISÃO DA LITERATURA	3
2.1 - Cabelo	3
2.2 - Anatomia e fisiologia do cabelo	4
2.2.1 - Estrutura do cabelo	7
2.2.2 - Cutícula	7
2.2.1.1 - Microestrutura da cutícula	9
2.2.1.2 - Danos na cutícula	12
2.2.3 - Cortex	14
2.2.4 - Medula	15
2.2.5 - Folículo Piloso	15
2.2.6 - Fases de crescimento dos cabelos	16
2.3 - Propriedades Mecânicas do Cabelo	17
2.3.1.1- Resistência ao estiramento	18
2.3.1.2 - Elasticidade do cabelo	20
2.3.1.3 - Poder Hidrofílico	20
2.4 - Propriedades Superficiais do cabelo	21
2.4.1- Porosidade da superfície do cabelo	22
2.4.2 - Adsorção	22
2.4.3 - Fricção	22
2.4.4 - Carga estática	23
2.4.5 - Ponto isolétrico	24
2.4.6 - Brilho	24
2.4.7 - Penteabilidade	25
2.5 - Alguns métodos para a avaliação de produtos capilares	26
2.5.1 - Microscopia eletrônica de varredura	26
2.5.2 - Microscopia de força atômica	27

2.5.3 - Ensaaios mecânicos	27
2.5.4 - Sensores piezoeletricos	28
2.5.5 - Goniômetros	29
2.5.6 - Testes subjetivos	28
2.6 - Diferenças raciais no formato dos fios de cabelo	29
2.6.1 - Cabelo tipo afro-étnico	30
2.7 - Alisamento/relaxamento	33
2.7.1 - Histórico	33
2.7.2 - Alisantes: Propriedades físicas e químicas dos cabelos	36
2.8 - Tipos de Alisantes	36
2.8.1- Método de penteado a quente	36
2.8.2 - Alisantes químicos	36
2.8.2.1 - Tipos de alisamento químico	37
2.8.2.2 - Alisantes com agentes redutores	37
2.8.2.3 - Alisantes com hidróxidos	38
2.8.2.4 -2.8.3 - Processo de alisamento químico	40
2.8.3 - Alisantes sem hidróxidos	41
2.8.4 - Relação entre o alisante e o tipo de cabelo	42
2.8.5 - Aplicação do alisante	43
– 2.9 - Agentes condicionadores	44
2.9.1- Aminoácidos	45
2.9.1.1 - Água (e) cistina bis PG propil silanetriol	46
2.9.2 - Óleo de Jojoba	46
2.9.3 - Silicones	47
2.9.3.1 - Lauril PEG/PPG – 18/18 meticona	48
2.9.3.2 - Ciclopentasiloxano (e) PEG-12 polimero de dimeticone reticulado	48
3 - OBJETIVOS	50
4 - MATERIAIS E MÉTODOS	51
4.1 - Material	51

4.1.1- Solventes e reagentes	51
4.1.2- Substância química de referência	51
4.1.3- Matérias primas	51
4.1.3.1 – Grau farmacêutico	51
4.1.4 - Produtos Comerciais	52
4.1.5 - Equipamentos	52
4.1.6 - Outros materiais	53
4.2- Métodos	53
4.2.1 - Desenvolvimento das formulações	53
4.2.1.1- Formulações preliminares	53
4.2.1.2 - Adição do agente condicionador ao creme-base alisante	56
4.2.2 - Testes de estabilidade	56
4.2.2.1- Condições do teste	57
4.2.2.2 - Variáveis analisadas no creme-alisante base	57
4.2.3 - Tratamento das mechas de cabelo	58
4.2.3.1- Fracionamento e lavagem das mechas de cabelo	58
4.2.3.2 - Protocolo de aplicação do creme alisante capilar nas mechas de cabelo	59
4.3 - Ensaio da perda de aminoácidos pelo método de Lowry modificado por Peterson	60
4.3.1- Validação de metodologia analítica	61
4.3.1.1 - Linearidade e curva de calibração	61
4.3.1.2 - Limite de quantificação	61
4.3.1.3 - Limite de detecção	61
4.3.1.4 - Pesquisas de interferentes	62
4.3.1.5 - Precisão	62
4.3.1.6 - Exatidão	62
4.3.2 - Procedimento analítico	63
4.3.2.1 - Preparação dos reagentes estoque	63
4.3.2.2- Determinação do teor de proteína por g de cabelo	65

4.3.2.3 - Determinação do conteúdo de proteína extraída	65
4.4 - Resistência à penteabilidade	67
4.5 - Tração de ruptura	69
5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	70
5.1- Estabilidade	72
5.1.1- Viscosidade	72
5.1.2 - pH	73
5.1.3 - Aspecto	75
5.2 - Validação da metodologia analítica	75
5.2.1- Curva de calibração	75
5.2.2 - Limite de quantificação	77
5.2.3 - Limite de detecção	79
5.2.4 - Pesquisa de interferentes	82
5.2.5 - Precisão	82
5.2.6 - Exatidão	83
5.2.7 - Quantificação de proteína equivalente em albumina das mechas de cabelos afro-étnicos	84
5.2.8 - Penteabilidade	88
5.2.9- Tração de Ruptura	92
6 - CONCLUSÃO	95
7- REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS	96

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é conhecido por sua diversidade de raças, particularmente de afro-descendentes. Cerca de 60% da população brasileira tem cabelo afro ou muito encaracolado. Esse fato pode explicar o aumento considerável do mercado de alisantes, produtos para ondulação, e a preferência por outros que além das funções básicas, apresentam outras propriedades, como condicionamento intensivo (ASHCAR, 2004).

O cabelo é uma fibra natural constituída de queratina, proteína que contém alto teor de enxofre proveniente do aminoácido cistina. A fibra capilar é formada basicamente por cutícula, córtex e medula.

A cutícula – parte externa – é a principal barreira à penetração de agentes químicos e enzimáticos no interior do fio e é também a responsável pelas propriedades superficiais do cabelo. A medula não tem função fisiológica conhecida, enquanto o córtex forma o interior do fio e compõe cerca de 70% da massa da fibra capilar. Nele ocorrem as transformações químicas que resultam em alisamento, ondulação definitiva e tintura, dentre outras (FEUGHELMAN,1997; VELASCO DE PAOLA et. Al.,1999; OBUKOWHO & BIRMAN,1996; HARRIS, 1979; KOLAR & MILLER, 1972; KAPLIN et al, 1982).

O cabelo excessivamente encaracolado, quando comparado ao naturalmente liso, apresenta algumas variações importantes, como: diferenças de diâmetro em vários pontos do fio; elipticidade do fio; baixa tendência de o couro cabeludo ser hidratado, por isso o cabelo é mais seco, uma vez que a distribuição natural de sebo, ao longo do fio, é irregular.

Esse tipo de cabelo pode ser alisado, empregando-se os métodos térmico e químico. O alisamento ou lantionização é um processo químico no qual o cabelo, excessivamente encaracolado, é alisado de forma irreversível. Os produtos utilizados geralmente são formulados sob a forma cosmética de emulsão com valor de pH elevado (9,0-12,0) (OBUKOWHO & BIRMAN, 1996; ROBBINS, 1994; SYED, 1997).

Nos alisantes capilares de uso doméstico, disponíveis no mercado, um dos componentes ativos mais utilizados é tioglicolato de amônio, escolhido para este estudo. Quando incorporado em emulsão, o valor de pH varia entre 9,0 a 9,5, e esse valor elevado promove intumescimento no cabelo, provocando abertura da cutícula e permitindo que o agente alcalinizante penetre na fibra capilar até a endocutícula. O resultado desse processo é o alisamento. Para finalizar a reação, usa-se agente neutralizante (peróxido de hidrogênio), que fecha as escamas da cutícula e fixa a nova forma das fibras dos fios de cabelo. Como atuam com valores de pH elevados, esses alisantes causam consideráveis danos aos cabelos, deixando-o secos e quebradiços (OBUKOWHO & BIRMAN, 1996; ROBBINS, 1994).

A incorporação de substâncias condicionadoras, com reconhecida ação protetora, em formulações de alisantes poderia atenuar os danos causados nos fios pelo processo de alisamento. Tais substâncias possuem grande afinidade pela queratina e conferem ao cabelo características favoráveis, como: elasticidade, suavidade, volume, brilho e maciez, pela significativa aderência das escamas da cutícula, pelo controle do movimento (maleabilidade) e pela facilidade de penteado, pois diminuem a eletricidade estática dos fios.

A avaliação desses efeitos sobre os cabelos pode ser efetuada por inúmeros métodos, como: microscopia óptica e eletrônica, medida de resistência mecânica do fio e doseamento do teor de proteínas. Nesses testes utilizam-se amostras de cabelo afro-étnicos padronizadas, às quais se aplica a formulação de alisante com e sem substâncias condicionadoras.

Para este estudo foram utilizados, como agentes condicionadores, dois tipos de silicone, um aminoácido e um óleo vegetal – matérias-primas tradicionalmente empregadas em formulações de produtos para o cuidado e proteção dos cabelos, por suas propriedades de formação de filme e emoliência (HOSHOWSHI, 1997; ROBBINS, 1994).

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 CABELO

As fibras capilares formam a maior parte do revestimento exterior da maioria dos animais. Nos humanos, os cabelos representam uma estrutura que há muito perdeu a significância funcional durante a evolução da espécie.

O valor do cabelo, entretanto, não pode ser subestimado do ponto de vista social e emocional, uma vez que a aparência do cabelo é importante na aparência das pessoas e na percepção que os demais têm delas.

O fio de cabelo possui estrutura cilíndrica, muito bem organizada, formada por células inertes, a maioria queratinizada, dispostas segundo uma orientação muito precisa e predeterminada. O cabelo forma uma rígida estrutura no nível molecular, capaz de oferecer ao fio tanto flexibilidade como resistência mecânica.

Quando o fio emerge, torna-se matéria morta, só está vivo enquanto estiver inserido no couro cabeludo (no folículo piloso); mas a fibra continua aumentando de comprimento, à velocidade aproximada de 1,0 cm/mês (GRAY, 2003 ; CADE, 1995).

O cabelo humano tem, aproximadamente, 65-95% do peso em proteínas e mais de 32% de água, lipídeos pigmentos e outros elementos. Quimicamente, cerca de 80% do cabelo humano é constituído por uma proteína denominada queratina (KAPLIN et al, 1982), cujo alto teor de enxofre – proveniente do aminoácido cistina – é a característica que a distingue das outras proteínas.

A fibra capilar é um complexo laminado de diferentes estruturas que oferece ao cabelo: força, flexibilidade, durabilidade e funcionalidade.

Os fios apresentam diferenças estruturais marcantes, de acordo com o grupo étnico, ainda que no mesmo grupo. Suas propriedades estão relacionadas às características das fibras e aos atributos cosméticos.

Entre as primeiras estão: resistência, elasticidade, diâmetro, curvatura, cor e forma de secção transversal. Embora dependam das características dos fios e da integridade dos componentes morfológicos, as

propriedades cosméticas contemplam: brilho, penteabilidade, volume, maleabilidade, retenção do estilo e capacidade de esvoaçamento (“fly away”).

O cabelo tem uma natureza genética particular. Podemos manipulá-lo e utilizar nele produtos que simulem diferenças nas características sensoriais de toque; efeitos, contudo, temporários (TUCCI, 1998; JUEZ & GIMIER, 1983; GRAY, 2003).

2.2 ANATOMIA E FISIOLOGIA DO CABELO

O principal fator a considerar no cabelo humano é a grande quantidade da proteína queratina com alto conteúdo do aminoácido cistina, que pode ser reduzido e posteriormente re-oxidado sob a forma de ligação dissulfídica. Essa é a base para o processo de ondulação permanente. A cistina é muito estável, motivo pelo qual o cabelo humano pode ser encontrado relativamente intacto, mesmo muitos anos após a morte do indivíduo.

A **Figura 1** mostra o esquema das reações que ocorrem no cabelo.

Figura 1. Esquema mostrando as reações de conversão de cisteína em cistina que ocorrem no cabelo (MOSS, 2003).

As proteínas, como a queratina, organizam-se na forma de duas hélices enroladas, combinadas com outras para formar uma microfibrila, como podemos observar na **Figura 2**.

Figura 2. As proteínas do cabelo entrelaçadas formando hélice (SWIFT, 1997).

As proteínas com estrutura de α -hélice estão enroladas umas nas outras no lado esquerdo, como duas cordas esticadas (enroladas entre si, onduladas) Quando o cabelo é esticado, essa ondulação confere-lhe certa elasticidade. As proteínas que estão enroladas no cabelo contêm longos filamentos de microfibrilas desconhecidas, as quais se unem para formar estruturas maiores, a fim de produzir as células do córtex. Essa estrutura encadeada oferece à fibra capilar mais força e elasticidade (WILKINSON & MOORE, 1990; ROBBINS, 1994; TUCCI, 1998).

A estrutura geral do aminoácido consiste de um único átomo de carbono – unido a um grupo carboxila ($-\text{COOH}$), um grupo amino ($-\text{NH}_2$), um átomo de hidrogênio e um radical lateral R, como vemos na **Figura 3**.

Figura 3. Estrutura genérica do aminoácido encontrados nas proteínas. Com exceção da natureza do grupo R, esta estrutura é comum para todos os α -aminoácidos. (LEHNINGER, 1993)

Os aminoácidos podem formar estruturas poliméricas externas condensadas pela formação de ligações amida entre o grupo ácido de um aminoácido e o grupo amino de outro. O tipo de estrutura assim formada é denominada de polipetídeo. As proteínas são cadeias de polímeros que consistem de mais de 20 diferentes unidades de aminoácidos. O carácter químico de cada um é determinado pela natureza da cadeia lateral das proteínas dependendo da proporção dos diferentes aminoácidos (WILKINSON & MOORE, 1990).

Na **Figura 4** observamos a síntese das proteínas envolvendo a eliminação de água entre os aminoácidos adjacentes.

Figura 4. Síntese de proteínas (SWIFT, 1997).

2.2.1 Estrutura do cabelo

A fibra capilar é composta de três estruturas principais: cutícula, córtex e medula, como apresentado na **Figura 5**.

Figura 5. Estrutura da fibra capilar (WILKINSON & MOORE, 1990).

2.2.2 Cutícula

A cutícula cobre o fio do cabelo do couro cabeludo até as pontas, em camadas sobrepostas. Podemos fazer uma analogia da cutícula com a forma assumida por vários copinhos plásticos sobrepostos, como se verifica na **Figura 6**.

Figura 6. Diagrama esquemático, ilustrando forma e dimensões da cutícula num cabelo caucasiano (SWIFT, 1999).

A cutícula é o componente mais importante do cabelo humano, porque pode ser afetada, mais ou menos intensamente, pelos tratamentos cosméticos. Ela não só determina o brilho, mas também é o local onde se depositam sujidades, sebo e microrganismos, entre outros, removidos na lavagem com xampu. Na cutícula, também são depositados produtos cosméticos, como condicionadores, lacas, mousses e géis. As tinturas, alisantes e produtos para ondulação também se difundem através da cutícula para propagar seu efeito através do fio do cabelo.

Existem aproximadamente de 8 a 11 camadas de cutícula sobrepostas na direção longitudinal do fio, dependendo do tipo de cabelo, condições e comprimento. Cada camada é formada por uma única célula. Cada célula da cutícula possui forma retangular e sobrepõe outra, de tal modo que somente 1/6 delas fica exposto na superfície do cabelo (WILKINSON & MOORE, 1990; ROBBINS & CRAWFORD 1991; TUCCI, 1998).

2.2.1.1 Microestrutura da cutícula

A cutícula, é laminada com diferentes estruturas físicas: Camada A

- Exocutícula (Ex) Endocutícula (En)
- Complexo de membrana celular (CMC)
- Epicutícula

Um esquema da estrutura capilar é apresentado na **Figura 7**.

Figura 7. Esquema da estrutura da fibra capilar, ilustrando as subestruturas do córtex e da cutícula (ROBBINS, 1994).

Cada célula da cutícula contém uma membrana fina externa, a epicutícula (~3nm), que é uma camada protéica recoberta por forte estrutura lipídica. As outras camadas são:

- Camada A, estrutura resistente contendo cistina (>30%). As ligações cruzadas das proteínas, nessa camada, não conferem somente resistência física, mas também a tornam relativamente resistente ao ataque químico. Essas propriedades protegem a fibra dos ataques mecânicos e químicos.
- Exocutícula (Ex), denominada também Camada B, corresponde a 55% da área da cutícula e é rica em cistina (~15%),

sendo fisicamente rígida (embora com menos intensidade que a Camada A).

- Endocutícula (En), com baixo teor de cistina (~3%), essa parte inferior da membrana é também considerada como epicutícula. É muito mais macia que as camadas superiores e há evidências de que intumescça-se com água. Quando molhamos a cutícula, as camadas rígidas tornam-se acolchoadas com alternância sucessiva de camadas macias (como gel) e outras duras. Esse processo também intensifica o ápice das etapas da escala superficial da fibra, o que explica ser maior o coeficiente de fricção no cabelo molhado do que no seco. Quando intumescida, a endocutícula possui estrutura mais quebradiça, o que explica a quebra e a escamação dos fios, e penteados ainda molhados.

- Complexo da membrana celular (CMC) cujas células, com espessura constante (30nm), separam todas as células da cutícula. O ácido 18-metil eicosanóico (18-MEA) é um dos constituintes lipídicos de grande importância do CMC. Esse lipídio é também ligado covalentemente à superfície externa do cabelo. O 18-MEA é o principal lipídio da composição do cabelo que contribui para as propriedades de penteabilidade úmida e seca.

- Epicutícula: considerada a parte mais importante da cutícula, do ponto de vista da deposição de polímeros, é a camada mais externa. A ligação lipídica (18-MEA) com a matriz da proteína confere superfície hidrofóbica substantiva à cutícula.

A seguir, **na Figura 8** temos uma representação esquemática da epicutícula.

Figura 8. Esquema da epicutícula (GODDARD & GRUBER, 1999).

A epicutícula representa um resíduo da membrana das células da cutícula e possui natureza protéica. Compõe-se de aproximadamente 25% lipídios e 75% de proteínas, com 12% de cistina, representando alto conteúdo de enxofre. A matriz de proteína está orientada para a superfície da fibra capilar e é abundante em grupos cisteil, próximos da superfície, acidulados pelos ácidos graxos (lipídios) (JUEZ & GIMIER, 1983; SWIFT, 1999; ROBBINS, 1994; RUETSCH & WEIGMANN, 1996).

Os lipídios, que envolvem principalmente o ácido 18-metil eicosanóico (cerca de 30 Å, ou 3nm), formam uma região hidrofóbica (cerca de 50-70 Å, ou 5-7nm). A hidrofobicidade da epicutícula é importante, pois materiais hidrofóbicos, como silicones, álcoois graxos, óleos e polímeros, possuem muita afinidade por superfícies hidrofóbicas e não se depositarão em superfícies hidrofílicas. Como a superfície da cutícula sofre abrasão durante a lavagem, a secagem e no ato de pentear o cabelo, essa camada hidrofóbica é removida levando a superfície da camada A. Esta camada e as posteriores a ela podem ser oxidadas a superfícies mais hidrofílicas (JUEZ & GIMIER, 1983; SWIFT, 1999; ROBBINS, 1994; RUETSCH, 1996).

2.2.1.2. Danos na cutícula

Sensorialmente, o toque em um cabelo não danificado é suave e agradável. Uma cutícula não danificada apresenta-se com as bordas arredondadas como apresentado na **Figura 9** a seguir.

Figura 9. Micrografia SEM (Scanning Electron Micrograph) de fibra não danificada com contornos suaves (SWIFT, 1997).

Exceto nas extremidades do cabelo longo, ou quando ele está muito danificado, a superfície mais externa do cabelo é caracterizada por escamas finas recobertas umas pelas outras, seguindo em direção às pontas. Por esse motivo, o cabelo possui coeficiente de fricção, significativamente menor quando friccionado no sentido do couro cabeludo para as pontas, do que no sentido inverso, na direção contrária às escamas. Esse baixo coeficiente de fricção das escamas é consequência da camada de lubrificação conferida pelo ácido 18-metil eicosanóico (SWIFT, 1997).

Como consequência desse efeito direcional (**DFE**), o couro cabeludo tende a alinhar-se formando filas paralelas, a fim de prevenir o embaraçamento. Se o DFE for destruído ou diminuído, eleva-se a possibilidade de o cabelo embaraçar. Podemos verificar na **Figura 10** o primeiro estágio do dano da cutícula.

Figura 10. Micrografia SEM da fibra do cabelo a 2 cm do couro cabeludo, indicando bordas lascadas e irregulares, remanescentes das escamas originais (SWIFT, 1997).

No estágio seguinte, a borda da escama tornar-se-á fina e lascada devido à quebra mecânica de pequenos fragmentos que ocorrem freqüentemente durante o ato de pentear, escoar, enxugar ou até o passar das mãos pelos cabelos.

O estado da cutícula original pode ser observado e indicar o nível de atrito sofrido pela borda da escama. A diferença entre o estado atual e o anterior indica o grau de atrito. Durante o ato de pentear, a cutícula pode ter sua borda quebrada em pequenos fragmentos, irregulares, o que modifica a penteabilidade e a suavidade dos cabelos. (ROBBINS, 1994)

Cabelo sem cutícula

A seguir temos na **Figura 11** uma representação do cabelo sem cutícula.

Figura 11. Micrografia SEM da fibra capilar a aproximadamente 28cm do couro cabeludo, indicando a completa remoção da cutícula e da superfície do córtex. (SWIFT, 1997).

Quando os cabelos são excessivamente trabalhados, expostos ao sol ou a tratamentos químicos, a superfície subjacente do córtex pode ser revelada, indicando que a totalidade das células da cutícula (aproximadamente 50 μ m) foi removida pelo processo de quebra das escamas.

2.2.3. Córtex

O córtex ocupa a maior parte da área do cabelo (75%). Como a cutícula, possui células preenchidas com ligações cruzadas de cistina e células duras separadas pelo complexo de membrana celular (CMC). Cada célula do córtex possui forma de fuso, apresentando comprimento de 50 a 100 μ m e 3 μ m de diâmetro. A superfície longitudinal de cada célula é áspera, irregular e transversalmente interligam-se umas às outras.

Na **Figura 12** representamos um esquema com melhor visualização de detalhes do córtex (WILKINSON & MOORE, 1990; ROBBINS & CRAWFORD, 1991; ROBBINS, 1994).

Figura 12. Fotografias das células do córtex em: (I) corte transversal ; (II) corte longitudinal (FEUGHELMAN, 1997).

A **Figura 13** ilustra um fragmento do córtex e uma célula da cutícula.

Figura 13. Fotografias da comparação de um fragmento do córtex e uma célula da cutícula (SWIFT, 1997).

2.2.4 Medula

A medula é uma camada cilíndrica fina, no centro da fibra capilar. Sua função é desconhecida, embora suas células possam desidratar e seus espaços possam encher-se de ar, afetando a cor e o brilho nos cabelos castanhos claros e loiros. A medula tem pequeno efeito na maioria dos aspectos que tangem os tratamentos cosméticos dos cabelos, e existem somente nos cabelos terminais (OLIVEIRA, 2000; CADE, 1995; ROBBINS, 1994).

2.2.5 Folículo piloso

O crescimento comprime as proteínas de consistência macia e torna-as queratina dura, empurrando a fibra para fora do couro cabeludo. A fibra capilar que emerge do folículo está morta e não pode ser reparada ou restaurada, se estiver danificada. Todas as células do cabelo são extrudadas através de uma saída afunilada no folículo. O fio começa, então, a ser alongado e, em alguns casos, adota a forma achatada (parte exterior e central da raiz e células da cutícula); em outros, toma uma forma espiralada (córtex e medula). Cada fio de cabelo cresce dentro de um folículo piloso, localizado abaixo da superfície da pele, e emerge inclinado à superfície da pele como um fio completo e rígido.

As glândulas sebáceas sintetizam o sebo e liberam o conteúdo no mesmo ducto em que emerge o folículo piloso, proporcionando ao cabelo uma camada lipídica. Num primeiro estágio, os componentes centrais da raiz vão endurecendo, formando um anel celular rígido que será o molde do fio do cabelo.

Pela divisão progressiva das células da cutícula, em atrito contra o centro rígido, elas se inclinam e sobrepõem-se, adotando o padrão, que será característico da superfície final do cabelo.

Vista sob o nível das glândulas sebáceas, a borda da raiz central desintegra-se para permitir a saída do cabelo pela superfície do couro cabeludo (WILKINSON & MOORE, 1990; MOSS, 2003; ROBBINS & CRAWFORD, 1991).

2.2.6 Fases de crescimento dos cabelos

Os fios de cabelo crescem em ciclos, mas não totalmente sincronizados. Na fase de crescimento ativa, conhecida como **anágena**, o cabelo cresce aproximadamente 3-7 anos. Cerca de 90% dos cabelos estão nesse estágio.

Na fase **catágena** (transição), a divisão das células pára, o folículo encolhe, e o cabelo permanece fracamente preso. Apresenta duração de 3 a 4 semanas, sendo que aproximadamente 1% dos cabelos está nessa fase.

A fase **telógena** é a fase final, em que os cabelos emergem do folículo e apresentam aproximadamente 100 dias. Cerca de 9% dos fios de cabelo está nessa fase (ROBBINS & CRAWFORD, 1991; TUCCI, 1998).

Na **Figura 14** temos representação esquemática das fases do crescimento capilar.

Figura 14. Fases do crescimento capilar (SWIFT, 1997).

2.3 PROPRIEDADES MECÂNICAS DO CABELO

Essas propriedades dependem em grande parte da geometria da fibra capilar. Nos cabelos caucasianos, é oval; nos asiáticos, circular; e no caso dos afro-étnicos, é elíptica. Diversas propriedades mecânicas estão diretamente relacionadas ao diâmetro das fibras (JUEZ & GIMIER, 1983; ROBBINS & CRAWFORD, 1991; KOLAR & MILLER, 1972).

O cabelo é surpreendentemente forte. A queratina do córtex é responsável por essa propriedade e suas cadeias longas são comprimidas de modo a formar uma estrutura regular que, além de ser forte, é flexível.

Na fibra capilar a proteína predominante é a queratina, que contém em sua cadeia quantidade elevada de cistina, formada por dois aminoácidos cisteína, unidos por uma ligação dissulfídica. A ligação cruzada de cadeias de queratina com as ligações dissulfídicas contribuem muito para a força do cabelo (GRAY, 2003; ROBBINS, 1994). As propriedades físicas do cabelo envolvem: resistência ao estiramento, elasticidade e poder hidrofílico.

2.3.1.1 Resistência ao estiramento

Em geral o peso que produz a ruptura de um fio de cabelo natural varia de 50 a 100g. Uma cabeleira média de 120.000 fios de cabelo suportaria 12 toneladas de peso. A resistência de ruptura é função do diâmetro do cabelo, das condições do córtex e é afetada negativamente pelos tratamentos químicos.

Quando se aplica uma carga determinada no cabelo e mede-se a alongação, obtém-se a representação gráfica das várias regiões características (**Figura 15**).

- Região Hookeana ou elástica: inicialmente o alongamento é proporcional à carga aplicada. Nesta fase, o alongamento é cerca de 2% em relação ao comprimento inicial do fio de cabelo.
- Região não Hookeana: ou plástica: o alongamento fica entre 25-30% em relação ao comprimento inicial com pequeno aumento de carga.

Mantendo-se a mesma carga, o alongamento passa a ser proporcional, a região elástica suplementar (pós não Hookeana) até ocorrer a ruptura.

As mudanças sofridas pelo cabelo, durante o estiramento, podem ser explicadas pela configuração protéica e a possível conversão de α -queratina, com uma disposição helicoidal ordenada e compacta, para β -queratina, com as cadeias peptídicas descoladas.

Figura 15. Curva da carga aplicada sobre um fio de cabelo versus alongamento do cabelo humano (WOODRUFF, 2002).

A etapa inicial chama-se região Hookeana. A estrutura dos cabelos consiste de cadeias de α -queratina estabilizadas por ligações de hidrogênio, e o cabelo assemelha-se a um sólido cristalizado. A inclinação da curva da região Hookeana (ou região elástica) depende da coesão da α -queratina, e todos os fatores que afetam a coesão reduzirão esse valor. As cadeias de polipeptídeos são produtos da condensação de aminoácidos. Encontramos 18 tipos de aminoácidos nos cabelos humanos. No estado de repouso, não estirado, as cadeias de polipeptídeos apresentam estrutura helicoidal, o que gera diversas ligações (WOODRUFF, 2002).

A ligação de cistina -S-S- é a mais forte e ocorre a cada 4 voltas da espiral. As ligações com sais são mais fracas, embora ocorram a cada duas voltas da espiral (WOODRUFF, 2002).

As ligações de hidrogênio com grupos C=O e H-N ocorrem em quase todas as voltas. Portanto na região Hookeana ocorre a interferência da forma α -queratina que é a resistência ao estiramento, pelas ligações de hidrogênio que estabiliza a estrutura helicoidal. (JUEZ & GIMIER, 1983; WOODRUFF, 2002)

Na região não Hookeana (ou região plástica) ocorre a transição de α -queratina a β -queratina, na qual aparece um deslocamento das cadeias

peptídicas sem elevado grau de resistência. A terceira etapa, região pós-não-Hookeana, está relacionada à resistência da configuração da β -queratina ao estiramento, até alcançar um ponto de ruptura.

A análise da curva de carga-elongação das fibras ajuda a conhecer o comportamento do cabelo, quando aplicados diversos procedimentos para estilizar os cabelos. A aplicação de produtos com caráter redutor, um processo de alisamento ou de ondulação do tipo redutor e oxidante, ou um processo de descoloração do cabelo, muda a forma da curva carga-elongação. A primeira e a segunda zonas tornam-se mais extensas; por outro lado, diminui o valor da carga necessária para iniciar a transição entre a primeira e a segunda regiões da curva (JUEZ & GIMIER, 1983; WILKINSON & MOORE, 1990; ROBBINS, 1994; FEUGHELMAN, 1997; ISHII, 1997; KOLAR & MILLER, 1972; TATE ET AL., 1993; WOODRUFF, 2002).

2.3.1.2 Elasticidade do cabelo

A fibra de cabelo tem caráter elástico, podendo sofrer estiramento moderado tanto no estado úmido como seco. É atributo do cabelo esticar, sob a ação de uma força longitudinal (comprimento) normal, e retornar ao estado original, quando essa força deixa de atuar.

Quando seco, o cabelo pode esticar 20 a 30% de seu comprimento; e, em contato com a água, pode chegar a 50%. Em contato com amoníaco, torna-se ainda mais elástico. Tratamentos químicos e físicos, ação do sol, uso de secadores e placas aquecidas ("chapinhas"), afetam essas propriedades. (JUEZ & GIMIER, 1983).

2.3.1.3 Poder hidrofílico

O cabelo absorve água na forma líquida e vapor. A queratina pode absorver até 40% de seu peso em água. A hidratação é favorecida pela elevação da temperatura, pela mudança de pH e por todos os solventes polares que rompem as ligações de hidrogênio. A hidratação modifica a elasticidade da fibra.

A queratina possui afinidade especial pela água. Em um ambiente com saturação de umidade, o cabelo absorve aproximadamente 30% da água em relação ao seu peso. Essa absorção depende da umidade relativa da atmosfera e influi, em grande parte, sobre todas as propriedades do cabelo como: estiramento, diâmetro e viscosidade interna das fibras (ROBBINS, 1994; JUEZ & GIMIER, 1983).

O cabelo também tende a ser permeável à água em estado líquido. Essa absorção é acompanhada de um intumescimento do cabelo, com aumento de 15-20% do diâmetro da fibra e de 0,5-1% no comprimento. A absorção e o intumescimento dependem essencialmente do pH médio. Geralmente o intumescimento é favorecido em valores de pH alcalino. Outros solventes polares, como soluções de uréia, acetamida e brometo de lítio entre outros, exercem um efeito similar sobre as fibras do cabelo.

Em geral, a resistência do cabelo ao intumescimento deve-se à existência de ligações que mantêm a integridade reticular, o que impede a penetração de moléculas em volume superior ao existente entre as cadeias protéicas.

Esses fenômenos de absorção e intumescimento da fibra podem ser de grande aplicação nas formulações capilares, por possibilitarem penetração favorecida ou retardada de certas moléculas orgânicas (ROBBINS, 1994; JUEZ & GIMIER, 1983; FEUGHELMAN, 1997; ISHII, 1997).

2.4 PROPRIEDADES SUPERFICIAIS DO CABELO

O cabelo existente no couro cabeludo normal representa grande superfície; se considerarmos um valor médio de 20cm de comprimento com uma fibra de diâmetro de 80 μ m, a superfície ocupada é de 6m². As condições superficiais são distintas em função do indivíduo, do tipo de cabelo e do comprimento de cada fibra.

2.4.1 Porosidade da superfície do cabelo

Quando o cabelo está poroso, os tratamentos químicos como tintura e alisamento ocorrem com mais rapidez..

Algumas situações influenciam na porosidade elevando-a.

- pH alcalino superior a 8: aumenta a permeabilidade,
- temperatura elevada: acelera a penetração de água,
- processos químicos, como: permanente, descoloração, alisamento e tintura, podem aumentar a porosidade,
- umidade relativa da atmosfera.

(ROBBINS, 1994; JUEZ & GIMIER, 1983; FEUGHELMAN, 1997).

2.4.2 Adsorção

A superfície do cabelo retém oleosidade natural do fio (sebo), compostos tensoativos e alguns corantes. A adsorção de substâncias graxas deve-se a um processo físico de tensão superficial. A adsorção do sebo sobre o cabelo, ocorre pelo contato com o couro cabeludo e a transferência direta de um fio a outro. Os tratamentos químicos intensificam a natureza aniônica da superfície do fio de cabelo, que se torna eletronegativa, ocasionando a afinidade físico-química desta com compostos catiônicos, como tensoativos ou corantes (ROBBINS & CRAWFORD, 1991; JUEZ & GIMIER, 1983; FEUGHELMAN, 1997).

2.4.3 Fricção

Fricção é a força que resiste ao movimento, quando um corpo desliza sobre outro. A superfície da cutícula tem alto coeficiente de fricção por dispor-se em forma de escamas e depende da geometria da cutícula e do estado físico-químico do cabelo. O atrito contínuo sobre um fio sem lubrificação deteriora a cutícula.

Da raiz às pontas, o coeficiente de fricção é diferente no cabelo seco e úmido, e o simples ato de pentear causa danos.

Vários fatores influenciam na fricção, como:

- umidade relativa : a fricção é maior no cabelo úmido do que no seco,
- descoloração do cabelo: a descoloração aumenta a fricção dos fios,
- permanentes e alisamentos: dada a composição química e o pH elevado dos produtos aumenta-se a fricção.
- xampu: quanto mais elevado o poder de detergência, maior é a fricção. A adição de substâncias condicionadoras promove um coeficiente de fricção inferior ao conferido por xampu sem essas substâncias.

Creme condicionador, creme rinse, banho de creme e afins, diminuem muito a fricção entre os fios do cabelo (ROBBINS, 1994; JUEZ & GIMIER, 1983; TUCCI, 1998; CADE, 1994; FEUGHELMAN, 1997; PAULA, 2001).

2.4.4 Carga estática

Quando um pente desliza pelos cabelos, são geradas cargas elétricas na superfície, tanto pela fricção quanto pela alta resistência elétrica do cabelo, o que dificulta o manejo. A dissipação da carga estática é função da condutividade das fibras ou de sua resistência elétrica. Os sais de amônio quaternário de cadeia longa aumentam a condutividade na superfície do cabelo e também diminuem a fricção.

O potencial de carga depende de alguns fatores:

- estado da superfície do cabelo, pois a presença de uma camada oleosa, procedente do sebo ou de um produto cosmético, influencia no efeito da eletricidade estática que diminui ou desaparece.
- grau de umidade do cabelo – as cargas elétricas do fio tendem a fluir com mais facilidade no cabelo úmido do que no seco, pela menor resistência elétrica. Em consequência, o cabelo tende a ficar mais “elétrico” (*fly-away*) em ambiente seco do que em um úmido. (ROBBINS & CRAWFORD, 1991; JUEZ & GIMIER, 1983; TUCCI, 1998; FEUGHELMAN, 1997; ISHII, 1997).

Num teste de carga estática, desenvolvido por Syed ET AL. (1995), foi observado que o cabelo afro-étnico desenvolve uma alta carga estática

negativa (-25KV/m). De forma contrária, o cabelo caucasiano desenvolve uma carga eletrostática positiva muito baixa (+ 6,6 KV/m). A alta carga negativa, adquirida pelo cabelo afro-étnico seco, durante o pentear, pode ser devida à grande força de tração necessária para passar o pente pelas fibras embaraçadas de cabelo.

O ato de pentear o cabelo afro-étnico, quimicamente alisado, resulta em carga eletrostática positiva (+25,9 KV/m); o que pode ser atribuído à facilidade para pentear e para embaraçar o mínimo das fibras do cabelo.

Se não tratado ou quimicamente alisado, o cabelo afro-étnico desenvolve carga eletrostática significativamente mais elevada do que o cabelo caucasiano. As cargas eletrostáticas, relativamente altas, podem provocar o eriçamento dos fios (SYED ET AL., 1996; GRAY, 2003).

2.4.5 Ponto Isoelétrico

A superfície do cabelo apresenta cargas elétricas positivas e negativas, enquanto a cutícula possui um ponto eletricamente neutro (igual quantidade de cargas positivas e negativas na superfície) no valor de pH 3,8 (ponto isoelétrico).

Quando o cabelo é colocado em contato com produtos, cujo valor de pH é maior do que 3,8, torna-se mais negativo, uma vez que o grupo NH_3^+ perde sua carga. Porém, em valores de pH abaixo de 3,8, o cabelo torna-se mais positivo, os grupos carboxila são protonados e neutralizados, e ocorre o predomínio do grupo NH_3^+ (ROBBINS, 1994; JUEZ & GIMIER, 1983 ; TUCCI, 1998).

2.4.6 Brilho

O brilho é um dos atributos cosméticos mais importantes e esperados no cabelo. Do ponto de vista físico está relacionado ao modo pelo qual o cabelo reflete e difunde a luz incidente.

Assim, qualquer fator que altere a reflexão da luz terá influência no brilho. Como é uma propriedade superficial, a cutícula é sua principal responsável. Danos na cutícula (abertura e rompimento das escamas),

assim como partículas de pó e secreções do couro cabeludo, depositadas sobre os fios, diminuem o brilho. O aumento da curvatura dos cachos diminui sua visualização, e os cabelos mais escuros parecem mais brilhantes que os cabelos claros.

Quando a luz atinge a superfície do cabelo, parte é refletida, parte é absorvida, e o restante é dispersado. A quantidade de luz correspondente a cada uma dessas categorias depende da geometria da superfície, do índice de refração da fibra e do ângulo de incidência da luz.

Os fatores que influenciam a percepção do brilho, por ordem de importância são: reflexão, dispersão da luz, alinhamento e cor.

Apresentam efeito favorável sobre o brilho dos cabelos:

- filme contínuo e fino sobre as escamas;
- filme com alto índice de refração;
- reflexão maior que a dispersão difusa.

E efeito desfavorável:

- aumento da dispersão da luz;
- deposição do filme – irregular ou descontínua – sobre os fios;
- tratamentos químicos, tais como: permanente, alisamento e descoloração, que ocasionam mudança da posição plana da cutícula devido ao levantamento das escamas. (TUCCI, 1998; REIMER ET AL., 1995; SCHUELLER & ROMANOWSKI, 2001; ISHII, 1997; STARCH, 1999).

2.4.7 Penteabilidade

A penteabilidade pode ser definida com a percepção subjetiva da dificuldade ou da facilidade com que o cabelo pode ser penteado. Isso está diretamente relacionado às forças que se opõem à ação de pentear o cabelo.

Esse é um atributo importante, na avaliação do condicionamento do cabelo. Para o consumidor, a melhora da penteabilidade reflete no melhor estado de condicionamento do cabelo.

Outros fatores relacionados à penteabilidade envolvem a maleabilidade e os danos mecânicos – que podem ocorrer, quando penteamos normalmente os cabelos, e agravam-se, quando os desembaraçamos (GARCIA & DIAZ, 1976; SYED ET AL., 1996; ISHII, 1997).

2.5. MÉTODOS PARA A AVALIAÇÃO DE PRODUTOS CAPILARES

A avaliação da eficácia dos produtos capilares pode envolver a utilização de equipamentos de sensibilidade geralmente elevada. Esses testes geralmente são específicos e fornecem apenas a informação de um atributo por ensaio.

Em geral, são empregados equipamentos para obter a imagem, que é avaliada de forma subjetiva. As análises são realizadas em regiões preestabelecidas das mechas de cabelo, para haver a padronização da metodologia e mais confiabilidade nos resultados.

As vantagens dessas técnicas comparadas às análises meramente subjetivas são (NAKANO, 2001; ADRIANT, 2003):

- não existe a necessidade de um painel de voluntários;
- algumas avaliações podem ser executadas rapidamente;
- uso de mechas de cabelos específicos;
- condição padrão de ensaio padronizada;
- podem ser utilizadas para estudos complexos.

A seguir são citadas algumas das metodologias mais empregadas para a avaliação da ação de produtos capilares.

2.5.1 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

A microscopia eletrônica de varredura (MEV) é muito utilizada atualmente para análise de fibras capilares. Essa técnica permite observações de amostras espessas, não transparentes a um feixe de elétrons. Possibilita, também, determinar a forma de um material, o tamanho das partículas que o compõem e seu arranjo (ANDREAZZI ET AL., 2001).

É muito utilizada para grandes ampliações de uma certa amostra, geralmente para avaliar as condições morfológicas da superfície do cabelo.

A amostra é recoberta com uma película de carbono/ouro, a fim de conduzir corrente elétrica; em seguida, sob alto vácuo, incide-se um feixe de elétrons, cujo espalhamento será avaliado por um detector. A partir disso, é gerada a imagem.

2.5.2. Microscopia de força atômica (MFA)

Equipamento que permite a visualização microscópica das imagens de amostras, em condições ambiente ou até quando temos uma solução. A imagem é obtida através de uma sonda, que efetua o contato físico com a amostra, percorrendo no plano paralelo a superfície e adquirindo, ponto a ponto, o componente topográfico. A deflexão da sonda é, então, medida e através de um programa de computador (software) que gera a imagem.

Por meio desse equipamento também é possível obter dados quantitativos, a respeito da distribuição de cargas elétricas e da força do sensor para percorrer a amostra (NAKANO, 2001; ANDREAZZI ET AL. 2001; SMITH, 1997).

2.5.3. Ensaios mecânicos

O cabelo, considerado como corpo físico, é uma fibra muito resistente. A carga de ruptura de um cabelo saudável varia de 50 a 100g. O valor relativo é proporcional ao diâmetro e ao comprimento do cabelo.

Para essa aplicação usa-se um dinamômetro – equipamento muito utilizado para testes de resistência de materiais –, adaptado para avaliação de: tensão de ruptura, elasticidade, penteabilidade e desembaraçamento dos cabelos.

O aparelho tensiona a fibra capilar e mede a força necessária versus a elongação. Para a penteabilidade, é necessária a utilização de um anteparo para pentear os cabelos. A mecha de cabelo é presa a um suporte, dois pentes a atravessam e mede-se a força necessária para tal ação (NAKANO, A. 2001; DOW CORNING, 2000; SYED ET AL., 1996; ISHII, 1997; ANDREAZZI ET AL., 2001).

2.5.4. Sensores piezoelétricos

Essa análise aproxima-se da percepção sensorial. O princípio piezoelétrico baseia-se na deformação de um cristal, através de ação mecânica. Quando isso ocorre, induz-se um deslocamento de cargas – transformado num sinal de voltagem. No caso de cabelos, podemos aplicar essa técnica às percepções táteis das propriedades do cabelo, como: condicionamento, limpeza e rugosidade da superfície.

Na avaliação, o sensor é colocado num braço mecânico que toca a mecha, desliza e depois se solta. Isso é repetido várias vezes. Os resultados são expressos em valores arbitrários de voltagem (SCHUELLER & ROMANOWSKI, 2001; REIMER ET AL., 1995, VAN REETH ET AL., 2000; ISHII, 1997).

2.5.5. Goniômetros (“Glossmeters”)

Os goniômetros são equipamentos que visam a medir o brilho nos cabelos. A regularidade da superfície do cabelo auxilia a determinar a reflexão da luz. Quando esta percorre uma superfície uniforme, como um espelho, o ângulo de incidência da luz é exatamente igual ao ângulo no qual ela é refletida.

Como o cabelo não é totalmente uniforme, em alguns pontos a luz é refletida em ângulos diferentes (0 a 75°) e esse tipo de refletância é denominado de refletância difusa (SCHUELLER & ROMANOWSKI, 2001; REIMER ET AL., 1995, VAN REETH ET AL., 2000; ISHII, 1997).

2.5.6. Testes subjetivos

Esse tipo de teste visa a obter resposta através da subjetivação de um painel treinado, um técnico especializado ou um grupo de voluntários que avaliarão o produto-teste, de maneira a simular a opinião dos consumidores finais. Esses ensaios fornecem resultados não paramétricos, e os protocolos aqui incorridos buscam padronizar alguns procedimentos para extrapolar a opinião de um grupo pequeno para o público-alvo. Os

principais testes são: teste de salão e teste em condições normais de uso (NAKANO, 2001; ADRIANT, 2003; POSTIAUX, 2000).

2.6. DIFERENÇAS RACIAIS NO FORMATO DOS FIOS DE CABELO

O grau de curvatura, encontrado nas fibras capilares, está diretamente relacionado com a forma do cabelo, que determina a aparência e a necessidade de condicionamento.

A forma do cabelo determina o grau de brilho e a eficácia do sebo em recobrir os fios. O cabelo liso possui mais brilho do que o encaracolado, é mais suave também, permitindo reflexão máxima de luz e movimentação mais fácil do sebo pela fibra. (ROBBINS, 1994; SYED, 1997).

Na **Figura 16** e **quadro 1**, apresentamos uma comparação dos três tipos de cabelo.

FIGURA 16. Comparação da secção central dos três tipos de cabelo: (A) Asiático; (B) Caucasiano; (C) Africano. (GRAY, 2003).

Quadro 1. Características raciais dos cabelos (SWIFT, 1997).

Características	Raça		
	Asiático	Caucasiana	Africano
Espessura	Grosso	Fino	Grosso
Curvatura	Liso a ondulado	Liso a ondulado	Ondulado a enovelado
Forma	Redondo a levemente 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

2.6.1 Cabelo afro-étnico

Neste trabalho, os cabelos muito crespos ou encaracolados, de africanos, de afro-descendentes e do tipo carapinha, serão denominados como afro-étnicos.

O cabelo afro-étnico é muito ondulado, quando comparado com o caucasiano. O pequeno ângulo para as ondulações torna-o mais suscetível à quebra, quando manipulado mecanicamente. A abrasão e o desgaste, no ponto da curvatura, conduz à perda da cutícula e ao surgimento de pontos manchados. A modelagem é limitada, porque alguns estilos populares necessitam de um manuseio especial, quando se trata de cabelos extremamente curvos (ROCAFORT, 1977).

A composição de aminoácidos é similar, comparado ao caucasiano e ao asiático, mas a disposição dos aminoácidos que contêm átomos de enxofre é diferente, sendo responsável pelas variações estruturais que dão origem às diferentes aparências. O cabelo afro-étnico apresenta: variação de diâmetro em vários pontos ao longo do fio (o diâmetro nas torções é menor que nas demais áreas), menor conteúdo de água e, mais importante, forma elíptica. As fibras do cabelo apresentam-se retorcidas em várias regiões ao longo do fio, enquanto o cabelo caucasiano apresenta-se cilíndrico (RÖPKE, 1999).

Na **Figura 17**, observamos uma representação esquemática, indicando a assimetria de um fio desse tipo de cabelo.

Figura 17. Esquema de um fio de cabelo tipo africano (KAMATH ET AL., 1984).

As propriedades de tensão dos cabelos afro-étnicos indicam que ele tem baixa resistência à quebra, quando comparado com o caucasiano.

As glândulas sebáceas dos descendentes africanos são freqüentemente menos ativas, se comparadas às dos caucasianos, e secretam quantidade inadequada de sebo. Por esse motivo o couro cabeludo e os fios são ressecados, pois não apresentam boa lubrificação, mesmo que a cutícula esteja intacta (SYED, 1997).

O padrão das curvas torna o cabelo encaracolado mais suscetível à quebra, quando penteado ou escovado. Para atingir variedade de estilos, os muito encaracolados são freqüentemente alisados, através de prensagem ou relaxamento/ alisamento (ROBBINS, 1994; SYED, 1997).

Empregando a técnica de microscopia óptica foi determinada a elipcidade do fio de cabelo, que é representada pela relação do eixo maior do diâmetro da fibra pelo eixo menor (ROBBINS, 1994; SYED ET AL., 1995).

Na **Figura 18** é apresentada uma representação gráfica dos eixos do cabelo caucasiano e encaracolado.

Figura 18. Relação entre os eixos do cabelo caucasiano e do encaracolado (SYED, 1997).

Foram conduzidos vários estudos, a respeito do aspecto estrutural da queratina dos fios. Verificou-se que o cabelo afro-étnico apresenta maior proporção de ortocórtex que o caucasiano liso. A cutícula do cabelo caucasiano apresenta de 6 a 10 camadas de espessura, enquanto a do afro-étnico é variável, com 6 a 8 camadas (no final dos maiores eixos do fio) e de

1 a 2 camadas (nos eixos menores) (ROBBINS, 1994; TUCCI, 1998; WILKINSON & MOORE, 1990; ROBINS & CRAWFORD, 1991).

Por isso o cabelo afro-étnico assemelha-se a uma haste oval, enquanto o caucasiano assemelha-se a um cilindro. As propriedades de tensão do cabelo afro-étnico indicam ser menores os valores de força necessários para sua ruptura, quando comparados ao cabelo liso. O cabelo e o couro cabeludo afro-étnico tendem a ser menos hidratados, pois as glândulas sebáceas presentes no couro cabeludo são freqüentemente menos ativas e secretam uma quantidade inadequada de sebo. Por isso o couro cabeludo é relativamente ressecado (assim como o cabelo), porque a distribuição natural de sebo ao longo do fio é irregular. (DOW CORNING, 2003)

Na **Figura 19** observamos as imagens de cabelos caucasiano, asiático e afro-étnico.

Figura 19. Imagem de fios e cortes seccionais de cabelos caucasiano, asiático e afro-étnico, empregando vídeo-microscópio (LOREAL, 2002).

O conteúdo de água do cabelo afro-étnico é ligeiramente menor do que o do caucasiano. O primeiro cresce a partir do couro cabeludo, com formato similar a pequenas espirais, devido à configuração dos folículos. Os pequenos cachos tornam-no, particularmente, susceptível à ruptura, quando manipulado mecanicamente (pentear e escovar, por exemplo) (KAMATH ET AL., 1984; SYED ET AL., 1998).

Na **Figura 20**, observamos mecha de cabelo afro-étnico. Antes do alisamento, ela apresenta forma similar a uma mola; após o alisamento a mecha apresenta ondulação mais suave, e o número de voltas por centímetro fica reduzido.

Figura 20. Na imagem à esquerda, mecha antes do alisamento; à direita, depois do procedimento. (GRAY, 2003).

2.7. ALISAMENTO/RELAXAMENTO

2.7.1 Histórico

A humanidade tem usado, por muito tempo, vários materiais e métodos para modificar a aparência física do cabelo. A eterna busca pela beleza manifesta-se nas inúmeras mudanças de estilo de penteado e vestimenta, assim como em outros aspectos da moda. O progresso na tecnologia, relacionado ao processo de alisamento, possibilitou às mulheres mudar a configuração natural dos cabelos de acordo com sua vontade (BREITENSTEIN, 1990).

A prática de alisar o cabelo afro-étnico começou, provavelmente, durante a escravidão, quando as mulheres da raça negra usavam materiais graxos e, algumas vezes, resinas de árvores para alisar seus cabelos. Foi no início do século XX que a prática de alisamento tornou-se reconhecida. Em meados de 1900, Sarah Breedlove – posteriormente conhecida como Madame C. J. Walker, uma afro-americana – inventou uma pomada composta de vários óleos e revolucionou a prática de penteados para os cabelos afro-étnicos, tornando-os macios, brilhantes e, de alguma forma,

mais fáceis de serem penteados (HSIUNG, 1993; SYED & NAQVI, 2000; HARRIS, 1979). Nesse método, denominado “pressão a quente” ou “pente quente”, os fios eram estirados usando vaselina sólida e pente metálico quente, na temperatura de 150-250°C. A vaselina lubrificava o cabelo, permitindo que o pente deslizesse, facilitando a passagem do calor do pente para os fios do cabelo (VELASCO DE PAOLA ET AL., 1999).

Embora houvesse melhora na aparência dos cabelos, essa pomada não promovia o alisamento, o que ocorreu quando, em conjunto com a pomada, Madame Walker aqueceu uma escova ou pente de metal e usou nos cabelos, acrescentando-lhes brilho, aspecto sedoso e alisamento temporário. O processo foi conhecido como Método de Walker e, posteriormente, “hair pressing”. Os elementos utilizados no Método de Walker envolviam: xampu, pomada e escovação vigorosa com pente ou escova de metal diretamente no cabelo (BORISH, 1997; HARRIS, 1979; WONG ET AL., 1994).

Os primeiros alisantes químicos foram desenvolvidos por volta de 1940. Eram preparações rudimentares de hidróxido de sódio ou de potássio misturados com amido e eram altamente irritantes para o couro cabeludo.

Até o final da década de 40, os problemas apresentados para o alisamento do cabelo afro-étnico não foram totalmente resolvidos por nenhum produto existente no mercado. Os produtos para o cuidado dos cabelos eram exclusivamente formulados para mulheres caucasianas.

A partir de 1950, fórmulas de alisantes mais avançadas foram desenvolvidas. No final da década de 50, diversos “kits” para alisamento químico, baseados em hidróxido de sódio, foram introduzidos no mercado profissional. Essas formulações alisantes tornaram-se muito populares, porque pela primeira vez o cabelo afro-étnico podia ser manuseado a úmido e ter vários estilos de penteados.

Na década de 60, a Johnson Products Company inovou o mercado de alisantes para o consumidor afro-étnico, e a Childrey & Doty lançou um relaxante capilar em creme. Em 1965, o mercado já tinha um alisante químico de uso caseiro baseado em sulfitos. Esses produtos químicos

promoviam o alisamento permanente dos fios, mesmo após várias lavagens. Apesar das novidades presentes no mercado de alisantes químicos, ainda havia a prática do alisamento com acessórios como o ferro quente. Os alisantes existentes apresentavam inconvenientes como: enfraquecimento dos fios, irritação no couro cabeludo e dificuldade de enxágüe, além da estabilidade reduzida dessas formulações (SYED ET AL., 1998).

Na década de 70, a Revlon lançou um creme chamado de “texturizador” – relaxante capilar. Os cabelos não ficavam lisos, mas os cachos ficavam definidos. Em 1978, a Carson Products Company lançou a patente de um creme relaxante com dois componentes, formulado com o ingrediente ativo hidróxido de guanidina, produzido pela mistura de creme de hidróxido de cálcio e um líquido ativador com carbonato de guanidina (SYED ET AL., 1998).

A Avlon Industries, em 1985, introduziu um sistema de alisamento baseado nos tipos de cabelo e na sensibilidade do couro cabeludo, isto é, normal e sensível. O primeiro com hidróxido de sódio, como ingrediente ativo; e o segundo, com hidróxido de guanidina (SYED ET AL., 1998).

No século XX, aparece a indústria de produtos para o cuidado do cabelo afro-étnico. Esse segmento desenvolve-se rapidamente, dadas as inovações científicas nos tratamentos químicos e as tendências para novos estilos de penteados para a população afro-étnica (HSIUNG, 1993; SYED ET AL., 1998; LIPO, 2003; DOW CORNING, 2003).

Atualmente, existem várias opções de produtos destinados ao alisamento do cabelo afro-étnico. Os consumidores podem optar pelo método que melhor atender as suas necessidades de cuidado para o cabelo, assim como para variar o estilo de penteado (escova, chapinha, henê, defrisante, alisante e relaxante). O avanço da tecnologia permitiu a formulação de alisantes químicos permanentes com menor potencial irritante, mais efetivo e com propriedades condicionantes.

2.7.2. Alisantes: propriedades físicas e químicas dos cabelos

O alisamento altera a forma física dos fios através de um processo químico, no qual as proteínas passam por mudanças consideráveis. Antes de explicar o mecanismo de alisamento de ondas, no entanto, é necessário examinar as propriedades do cabelo que afetam os processos de quebra e reformulação das ligações de queratina (OBUKOWHO & BIRMAN, 1996; MOSS, 2003; KOLAR & MILLER, 1972).

2.8. TIPOS DE ALISANTES

2.8.1 Método de penteado a quente (“hair pressing”)

Como mencionado anteriormente, utilizavam-se acessórios de metal aquecidos em fornos “caseiros” a uma temperatura em torno de 175 a 180°C e os óleos eram, freqüentemente, à base de vaselina. Desde então, progressos foram feitos (I) Acessórios mais específicos como escovas, chapas alisadoras e rolos (“bobs”) de metal, (II) Forno destinado ao aquecimento dos equipamentos metálicos e (III) Acessórios com aquecimento elétrico. Os óleos foram substituídos por outros mais leves, e houve a introdução ao processo de cremes e loções que doavam aos cabelos toque sedoso e não oleoso (SYED, 1997; WONG ET AL., 1994).

2.8.2. Alisantes químicos

O alisamento dos cabelos, ou lantionização é um processo químico no qual o cabelo afro-étnico é alisado permanentemente. Os primeiros relaxantes químicos foram desenvolvidos no início da década de 40. Embora irritantes, promoviam alisamento mais duradouro, pois o cabelo alisado pelo método de penteado a quente apresentava pouca eficácia frente à reversão para sua conformação natural (SYED ET AL., 1998; BORISH, E, 1997).

Em 1950 existiam fórmulas mais avançadas com componentes ativos para o alisamento em cremes à base de vaselina, álcoois graxos e emulsificantes. Mesmo não sendo tão irritantes como as primeiras

preparações, ainda causavam sensibilização no couro cabeludo, embora fosse aplicada no couro cabeludo, antes do alisamento, uma pomada à base de vaselina, que é praticamente inerte e oclusiva.

Esses cosméticos tornaram-se populares, pois – além de alisar o cabelo – facilitavam a penteabilidade do cabelo a úmido e a seco. A revolução para os produtos étnicos ocorreu neste sentido, pois os produtos promoviam alisamento permanente, mesmo em climas úmidos ou após a lavagem dos cabelos. Temperaturas elevadas não eram mais necessárias para o alisamento, apenas novas aplicações a cada oito semanas nas raízes ou na parte do cabelo que havia crescido.

A partir de 1965, houve um avanço tecnológico com o lançamento dos alisantes sem base, que não requeriam aplicação prévia de um protetor para o couro cabeludo. Outras inovações incluíram: produtos tipo “blow-out relaxers”, que relaxavam os fios de maneira mínima, apenas para serem mais controláveis, mas com aspecto natural; relaxantes texturizadores (“texturizing relaxers”), que deixavam os fios com cachos definidos, já apresentando certa atividade alisante; e alisantes-condicionadores (“conditioning-relaxers”) com pré e/ou pós-condicionamento, que alisavam e tratavam os fios antes, durante e depois do processo de alisamento.

Por muitos anos, o emprego de alisantes foi o método predominante para alisar os cabelos afro-étnicos e são atualmente os tratamentos de escolha para a maioria dos consumidores afro-étnicos (SYED ET AL., 1998; SCHUELLER & ROMANOWSKI, 1998; WONG ET AL., 1994; KOLAR & MILLER, 1972).

2.8.2.1 Tipos de alisantes químicos

Antes de utilizar qualquer tipo de alisante deve ser realizada uma prova de alergicidade, além da verificação do estado e espessura do cabelo.

2.8.2.2 Alisantes com agentes redutores

Como mencionado anteriormente, os fios são compostos por proteínas de estruturas helicoidais, unidas por dupla ligação de enxofre.

Essas ligações são responsáveis pela estrutura do cabelo e podem ser rompidas por determinadas reações de redução. Os agentes redutores mais comumente utilizados são o ácido tioglicólico e seus derivados, como o tioglicolato de amônio e o bissulfito. Estes agem na queratina do cabelo, quebrando as ligações dissulfídicas que unem as unidades de cistina; assim, formam a cisteína, principal componente da queratina.

A seguir, representamos a reação do cabelo sob ação de tioglicolato e peróxido.

(K= queratina)

Reação de óxido-redução na fibra capilar sob ação do tioglicolato e peróxido.

Empregando-se esse procedimento, a queratina torna-se suave e intumesce. O cabelo é modelado na forma desejada. No caso do alisamento, ele é estirado; nos onduladores, o cabelo é formatado em rolos (“bigudins”).

Após o processo, os cabelos são lavados com água e loção neutralizadora, que contém agentes oxidantes, comumente o peróxido de hidrogênio. Os agentes oxidantes agem de maneira contrária aos redutores, unindo em pares as unidades de cistina, moldando os cabelos no novo estilo escolhido (SYED, 1997; OBUKOWHO & BIRMAN, 1996; VELASCO DE PAOLA ET AL., 1999; SCHUELLER & ROMANOWSKI, 1999; WILKINSON & MOORE, 1990; HSIUNG, 1993; KOLAR & MILLER, 1972).

2.8.2.3 Alisantes com hidróxidos

Os alisantes com hidróxidos são popularmente denominados “alisantes com soda” e possuem em sua composição hidróxido de sódio ou de potássio como agente alcalino forte.

Uma formulação convencional compõe-se de 30-35% de óleo mineral, como emoliente e protetor; de 6,0-10,0% de álcoois graxos (como por exemplo, álcool cetílico, álcool cetosteárico, ceras auto-emulsionáveis e outros) como agentes de consistência, de 2,5-4,0% de agentes emulsificantes (Olet, polisorbato e outros) resistentes ao meio alcalino. A quantidade de hidróxido de sódio varia de acordo com o tipo de alisamento solicitado: de 1,85 a 2,40% para alisamento suave, de 2,06 a 2,20% para alisamento normal; e de 2,25 a 2,40% para alisamento de cabelos resistentes. Na formulação, adiciona-se água destilada suficiente para completar 100% do volume (OBUKOWHO & BIRMAN, 1996).

As subcategorias desse grupo abrangem os alisantes “sem base” e os alisantes “com base”. A segunda categoria emprega baixo teor de fase oleosa e porcentagem relativamente elevada de hidróxido de sódio. Esses sistemas produzem resultados rapidamente, mas irritam o couro cabeludo e podem danificar os cabelos (OBUKOWHO & BIRMAN, 1996).

Os produtos “sem base”, desenvolvidos na década de 80, usavam emulsões com alto teor de fase oleosa e não requeriam a aplicação de uma base protetora para diminuir a irritação do couro cabeludo (SYED, 1997; OBUKOWHO & BIRMAN, 1996, VELASCO DE PAOLA ET AL., 1999).

Se o alisante apresentar em sua formulação baixa concentração de óleo mineral e/ou vaselina, a emulsão resultante pode ser irritante ao couro cabeludo por falta de uma barreira protetora contra a irritação do hidróxido de sódio. Inversamente, se houver alta concentração de óleo mineral e/ou vaselina, a ação do alisante pode ser inadequada. A emulsão resultante pode, também, ser difícil de ser estabilizada devido à alta proporção de fase oleosa.

O tipo e a proporção do agente emulsificante usado têm grande impacto na estabilidade da formulação, no potencial de irritação sobre o couro cabeludo e na capacidade de alisamento do creme alisante. A maioria dos polímeros catiônicos não é estável em meios altamente alcalinos (SYED, 1997; OBUKOWHO & BIRMAN, 1996, VELASCO DE PAOLA ET AL., 1999).

2.8.2.4 Alisantes sem hidróxidos

Quando o componente ativo, presente num alisante com hidróxido de sódio ou potássio, é substituído por hidróxido de guanidina, o alisante passa a ser chamado de “sem soda” (sem hidróxidos). O potencial irritante é significativamente menor, comparado aos alisantes com hidróxido de sódio.

Os alisantes sem hidróxidos são geralmente disponíveis para o consumidor em duas fases. Uma delas é uma emulsão de hidróxido de cálcio, água, óleos, agentes emulsificantes e de consistência. A outra é uma solução concentrada de carbonato de guanidina.

Geralmente, a emulsão contém 5,0% de hidróxido de cálcio; e a outra fase, 25,0% de carbonato de guanidina em solução aquosa. A emulsão é misturada com a solução de carbonato de guanidina numa proporção de 3,28:1. Quando misturados, ocorre a formação de hidróxido de guanidina, substância ativa do creme alisante, e a mistura resultante é aplicada nos cabelos, da mesma forma que os alisantes com hidróxidos. Uma vez efetuada a mistura, ela deve ser utilizada de imediato para impedir a deterioração química do hidróxido de guanidina. A aplicação do produto leva de 5 a 10 minutos, e o tempo de alisamento de 8 a 15 minutos, dependendo da espessura dos fios.

Os alisantes sem hidróxidos são encontrados em duas versões – normal, para cabelos finos e médios, e resistente, para cabelos de fios grossos. (SYED, 1997; OBUKOWHO & BIRMAN, 1996; VELASCO DE PAOLA ET AL., 1999; SCHUELLER & ROMANOWSKI, 1998) Essa categoria de alisante sem hidróxidos (“sem soda”) pode apresentar duas subcategorias comuns: “com” e “sem mistura”.

Os alisantes sem hidróxido e com mistura são compostos por emulsão cremosa de hidróxido de cálcio e líquido ativador, com carbonato de guanidina. Quando as duas partes são misturadas, o hidróxido de guanidina resultante é o componente ativo do alisamento. Os produtos sem mistura normalmente empregam hidróxido de lítio (SYED, 1997; OBUKOWHO & BIRMAN, 1996; VELASCO DE PAOLA ET AL., 1999).

2.8.3. Processo de alisamento químico

Os alisantes são formados por três componentes principais: agente alcalino, fase oleosa e fase aquosa, na forma de emulsão. Os alisantes precisam de um componente alcalino forte, como por exemplo hidróxido de sódio ou lítio, ou hidróxido de guanidina – formado pela reação *in situ* do carbonato de guanidina e do hidróxido de cálcio. A fase oleosa contém concentração elevada de componentes lipofílicos como óleos, ceras e tensoativos. Esses materiais lipídicos conferem brilho ao cabelo, facilidade de pentear e certa proteção de barreira ao couro cabeludo, a fase oleosa pode ser considerada um veículo de condicionamento e proteção. A fase aquosa contém a substância ativa e serve de veículo para o componente alcalino. O adequado equilíbrio desses três componentes controla a eficiência e a eficácia do alisante (OBUKOWHO & BIRMAN, 1996).

O cabelo é sensível a mudanças no valor do pH. Se for colocado em contato com uma solução alcalina, intumescce, e as escamas da cutícula abrem-se. Em uma solução levemente ácida, o cabelo torna-se macio e é fácil de pentear; na presença de uma solução fortemente alcalina ou ácida, ocorre a ruptura da queratina capilar.

O valor elevado do pH (9,0 -14,0) da emulsão intumescce o cabelo, abrindo as escamas da cutícula, o que permite ao agente alcalino (OH-) penetrar na fibra capilar e espalhar-se até a endocutícula. Em contato com o córtex, o alisante reage com a queratina, quebrando e re-arranjando as pontes de dissulfeto, amolecendo e esticando o fio.

A lantionização é realizada por hidróxidos metálicos ou guanidina, com troca de um terço do conteúdo de aminoácido cistina do cabelo por lantionina, com menor hidrólise das ligações peptídicas. (OBUKOWHO & BIRMAN, 1996).

As substâncias ativas, mais comumente encontradas em formulações de alisantes são: hidróxidos de sódio, de guanidina, de potássio, de lítio e tioglicolato de amônio.

Dentre eles, os hidróxidos de sódio e de guanidina são mais eficazes. Os alisantes com hidróxido de sódio são classificados como alisantes com

hidróxidos (“com soda”), e as formulações com hidróxido de guanidina são chamadas de alisantes sem hidróxidos (“sem soda”).

Os alisantes, à base de carbonato de guanidina, apresentam o inconveniente de exigir uma mistura prévia de uma emulsão cremosa (com hidróxido de cálcio e líquido ativador), mais carbonato de guanidina, porém são menos irritantes para o couro cabeludo (SYED, 1993; OBUKOWHO & BIRMAN, 1996).

Na maioria das vezes, os produtos de uso doméstico no Brasil são à base de tioglicolato de amônio, embora existam alguns alisantes à base de soda e à base de carbonato de guanidina.

Todas as formulações alisantes, que incluem hidróxidos metálicos alcalinos ou de guanidina, apresentam valor elevado de pH. Eles deixam os cabelos em estado altamente alcalino, podendo chegar até o valor de pH 12.

Após aplicação da emulsão com agente ativo, ocorre a formação de ligações cruzadas de lantionina, sendo fixada uma nova forma no cabelo (SYED, 1993; OBUKOWHO & BIRMAN, 1996; DOW CORNING, 2003).

Para os cabelos retornarem ao valor de pH (entre 4,0-6,0) são utilizados xampus ácidos (pH 4,5- 6,0) ou no caso do tratamento com tioglicolato de amônio, neutralizante que ajudam a fechar as escamas da cutícula.

A combinação de vários tensoativos em um xampu neutralizante-condicionador proporciona um produto que limpa suavemente e apresenta boas características de formação de espuma. A inclusão de agentes condicionadores, como proteínas, silicones, óleos vegetais entre outros, condicionam o cabelo, facilitando o penteado a úmido ou a seco (SYED, 1997; OBUKOWHO & BIRMAN, 1996; SCHUELLER & ROMANOWSKI, 1998; BORISH, 1997).

2.8.4 Relação entre o alisante e o tipo de cabelo

A escolha do melhor produto, ideal para cada consumidor, depende do tipo de cabelo, uma vez que as reações são significativamente diferentes a tratamentos de alisamento. Por esse motivo, a aplicação do alisante deve

ser realizada em salões de beleza, sob a orientação de um profissional habilitado que selecionará o produto mais adequado, após realizar teste dos fios, como recomendam os fabricantes de alisantes capilares.

- O cabelo fino tem menos massa, o que proporciona mais rapidamente saturação com o alisante. Esse tipo de cabelo exige menos tempo de processamento, salvo se a camada de cutícula for muito resistente, o que pode ser verificado no teste inicial realizado pelo cabeleireiro.
- O cabelo danificado (poroso) também requer menos tempo de processamento, pois o alisante penetra rapidamente no fio atingindo o córtex.
- O cabelo grosso normalmente tem o córtex com maior diâmetro, e o tempo de processamento deve ser prolongado.
- O cabelo abundante fica espesso e, por isso, é preciso tomar cuidado para usar quantidade suficiente de alisante, distribuído adequadamente, para ocorrer penetração uniforme no fio.
- O cabelo resistente tem escamas de cutícula em estreita sobreposição, o que torna mais lenta a penetração do alisante.
- O cabelo com alto teor de enxofre, com mais quantidade de queratina, precisa de mais tempo para o processamento.(OBUKOWHO & BIRMAN, 1996).

2.8.5 Aplicação do alisante

O método de aplicação da emulsão alisante é simples. Aplica-se uma pomada com elevada proporção de vaselina na linha do cabelo e das orelhas, para sua proteção.

O cabelo é dividido em seções iguais. A emulsão é aplicada com uma pequena escova ou pente, começando pela área da nuca até á testa. Seção por seção, o creme é aplicado somente em cabelos virgens e espalhado de modo homogêneo. Durante a aplicação, os fios do cabelo são esticados no grau de alisamento desejado até o enxágüe abundante. O tempo de aplicação e do processo de alisamento depende da textura do cabelo e é

importante respeitá-lo, para evitar danos aos fios e irritação do couro cabeludo (SYED, 1997).

2.9 Agentes condicionadores

Um cabelo condicionado reflete saúde; um cabelo saudável apresenta brilho, toque suave, volume, fácil penteabilidade e fácil estilização. Se deixado ao natural, tende a manter o condicionamento. A cutícula, camada externa do cabelo, mantém-se intacta, e a camada de sebo protege o cabelo da fricção mecânica. Porém o acúmulo de sebo dá ao cabelo uma aparência indesejável. Durante o processo de limpeza, o cabelo úmido é mais vulnerável à abrasão mecânica e danifica-se. A função dos agentes condicionadores é ajudar a contrabalançar esses efeitos negativos (HOSHOWSKI, 1997).

Quando um agente condicionador é aplicado no cabelo, a força de fricção é reduzida, e a penteabilidade facilitada, mantendo o cabelo em estado de condicionamento saudável. Os danos capilares mais freqüentes são o ato de pentear, o meio ambiente, água clorada (piscina), água salgada (mar), estilização a quente e tratamentos químicos (HOSHOWSKI, 1997).

Segundo HOSHOWSKI, (1997) a segunda edição do CTFA (*Cosmetic Ingredient Handbook*) lista 755 aditivos substantivos e lubrificantes e 438 agentes antiestáticos para criar efeitos especiais no cabelo. (HOSHOWSKI, 1997).

Para os agentes condicionadores oferecerem benefícios ao cabelo, devem primeiro ser depositados nos cabelos ou ser absorvidos por eles. A ação é influenciada por valor de pH do agente condicionador, massa molecular da fórmula e ponto isoelétrico do cabelo (HOSHOWSKI, 1997).

Substâncias catiônicas oferecem carga positiva em todos os valores de pH e tornam-se mais fortemente absorvidas pelo cabelo, quando o pH supera o ponto isoelétrico do cabelo.

A adsorção dos tensoativos catiônicos na superfície da cutícula neutraliza as cargas negativas e reduz a repulsão entre as respectivas

escamas adjacentes, permitindo que elas fiquem alinhadas. O cabelo torna-se macio e fácil de pentear a seco (HOSHOWSKI, 1997; WILKINSON & MOORE, 1990; MARCHIORETTO, 1998, BERGER & MEGERLE, 1972).

Nem todos os agentes condicionadores são substâncias catiônicas, pois muitas matérias-primas lubrificantes, como silicones, óleos e ésteres têm ação condicionadora. A ligação dessas matérias-primas ao fio do cabelo depende da hidrofobicidade e do número de grupamentos não polares presentes, por meio de ligações Van der Waals. Os agentes condicionadores mais empregados são (HOSHOWSKI, 1997; WILKINSON & MOORE, 1990; MARCHIORETTO, 1998, BERGER & MEGERLE, 1972):

- Tensoativos catiônicos: alquil amina, aminas etoxiladas, sais quaternários de amônio e alquil imidazolinas.
- Polímeros: polissacarídeos, proteínas, ácidos nucleicos, silicones e copolímeros (tipo poliquaternio, por exemplo).
- Lipídios: gorduras, ésteres graxos, ceras e outros.
- Substitutos de lipídios: silicones e hidrocarbonetos.

2.9.1 Aminoácidos

Aminoácidos são ácidos carboxílicos α -amino substituídos, as unidades fundamentais das proteínas (LEHNINGHER, 1993). São compostos orgânicos nitrogenados, com propriedades ácidas e básicas na molécula. WILKINSON & MOORE, 1990).

As proteínas são macromoléculas compostas de uma ou mais cadeias polipeptídicas, cada uma possuindo uma seqüência característica de aminoácidos unidos por ligações peptídicas (LEHNINGHER, 1993)

Os aminoácidos e as proteínas hidrolisadas são capazes de penetrar na fibra capilar e influenciar as propriedades mecânicas. As ligações que ocorrem com a queratina são de natureza iônica, hidrofóbica e envolvem o hidrogênio, podendo ser temporária ou permanente e resiste ao enxágüe com água, mas não à lavagem com xampu.

Um condicionamento mais efetivo pode ocorrer, quando for possível integrar à estrutura do cabelo aminoácidos ou proteínas de baixa massa molecular. A polimerização de aminoácidos e proteínas no córtex, evita a difusão dessas substâncias para o meio externo. (JONES & CHAHAL, 198-)

2.9.1.1 Água (e) cistina bis-PG-propil silanetriol

Essa substância é um copolímero condicionante, constituído de aminoácido cistina e silicone. Por essa composição, o produto tem potencial para penetrar no cabelo e possibilitar a formação da ligação dissulfídica com a queratina, além de criar condicionamento com a secagem, graças à formação de ligações cruzadas. Os aminoácidos são conhecidos por sua propriedade de retenção de umidade. Dado seu tamanho reduzido, os aminoácidos são capazes de penetrar no córtex (CRODA, 2002). Como mencionado anteriormente, a cistina é o aminoácido que caracteriza a queratina, principal constituinte do cabelo.

A incorporação de silicone gera um copolímero de massa molecular elevada, que pode polimerizar-se posteriormente e originar ligações cruzadas, formando um filme, quando o cabelo fica seco (CRODA, 2002).

Nome comercial: Crodasone Cystine®.

A seguir descrevemos a formula estrutural do Crodasone Cystine®.

Estrutura do Crodasone Cystine®

2.9.2 Óleo de jojoba

Óleo vegetal obtido da prensagem da semente de *Simmondsia chinensis*, cuja estrutura química é diferente de outros óleos vegetais, pois é

uma cera líquida poliinsaturada similar ao espermacete, sem o odor de peixe deste último. A semente da planta contém 45 a 60% de cera incolor e inodora (BERACA, 2001; COSMETIC INGREDIENT REVIEW, 1991).

O óleo de jojoba é particularmente usado em aplicações que requerem umectância, emoliência e formação de filme protetor. Encontra-se na forma líquida, à temperatura ambiente, devido aos ácidos graxos insaturados, que não oxidam sob influência de temperaturas e pressão elevadas. É muito resistente, não se oxida facilmente e mantém-se inalterado, quando aquecido acima de 285°C, ou depois de ser aquecido a 370°C por quatro dias (COSMETIC INGREDIENT REVIEW 1991).

Quando a produção de sebo no fio do cabelo diminui com idade, poluição e condições ambientais não adequadas, o óleo de jojoba pode ser empregado nas formulações cosméticas, visando a repor a oleosidade natural. Ele se acumula ao redor da raiz do cabelo, promovendo condicionamento e prevenindo quebra e ressecamento do fio. Se houver acúmulo de oleosidade no couro cabeludo, o óleo de jojoba pode agir como agente solubilizante, dissolvendo e removendo o que está acumulado e deixando o cabelo limpo (SIMS, 2001; TREMPER, 1996; COSMETIC INGREDIENT REVIEW, 1991).

Nome comercial do produto usado neste estudo: Beraoil® V1000.

2.9.3 Silicones

O termo “silicone” descreve várias classes de compostos contendo o grupo $(CH_3)_2SiO$, com propriedades muito diferentes. São polímeros sintéticos nos quais os átomos de silício estão ligados aos de oxigênio formando macromoléculas (BURCZK, 2001; SÁ DIAS ET AL. , 2004).

Os silicones vêm sendo usados há muitos anos nos tratamentos capilares para condicionar e tratar a superfície de cabelos danificados, por suas agradáveis propriedades estéticas e sensoriais, toque não oleoso, facilidade de espalhamento, lubricidade, substantividade e segurança de uso. Após se depositar na superfície dos cabelos, as gotículas de silicone espalham-se formando uma película protetora sobre os fios. Pode-se

observar essa ação protetiva pela redução da força necessária para pentear, pelo toque macio, pelo melhor brilho e pela maleabilidade, entre outros atributos (MOSS, 2003; BERTHIAME, 2004).

Muitos dos silicones utilizados em produtos capilares são baseados em polidimetilsiloxanos (PDMS). Apresentam propriedades multifuncionais e sensoriais, tais como emoliência, resistência ao enxágüe, suavidade ao toque, característica sensorial não pegajosa e espalhabilidade, dentre outras.

A adição de substituintes etoxilados na cadeia principal do silicone intensifica as características hidrofóbicas do polímero. Os produtos resultantes são tensoativos não iônicos, solúveis em água, que reduzem a tensão superficial do sistema aquoso e permite melhor umectância do cabelo.

Além disso, reduzem a pegajosidade, oferecendo lubrificação, melhor espalhabilidade e leve formação de filme sobre o fio, tornando-o suave ao toque (SÁ DIAS ET AL. , 2004; MARCHIORETTO, 1998; BERGER & MEGERLE, 1972; SMART ET AL., 2000; JOHNSON ET AL., 2003; YAHAGI, 1992; BERTHIAUME, 1997; GANT, 1996).

2.9.3.1 Lauril PEG/PPG-18/18 meticona

Esse silicone é um alquil metil siloxano copoliol e apresenta-se na forma líquida. Sua função primária é formar emulsões de água em óleo com fase aquosa de baixa a média polaridade. Esse tipo de produto apresenta característica sensorial sedosa, sem sensação de oleosidade, com formação de filme visco-elástico bastante estável na interface água-óleo (DOW CORNING, 2002).

Nome comercial: Dow Corning® 5200.

2.9.3.2 Ciclopentasiloxano (e) PEG-12 polímero de dimeticone reticulado

Esse silicone apresenta-se como dispersão de 13% de elastômero de silicone de alta massa molecular, em decametilciclopentasiloxano. Permite a formulação de sistemas de liberação controlada para uma variedade de componentes polares e não polares, incluindo emolientes, substâncias ativas e pigmentos, entre outros. É indicado para preparar emulsões do tipo água em silicone, originando produtos que, quando aplicados, formam um filme fino, e o sensorial obtido é suave ao toque (DOW CORNING, 2002).

Nome comercial: Dow Corning® 9011.

3. OBJETIVOS

Objetivo geral

Desenvolver formulação cosmética alisante a que serão acrescentadas substâncias condicionadoras: lauril PEG/PPG-18/18 meticona; ciclopentasiloxano (e) PEG-12 polímero de dimeticone reticulado; óleo de jojoba e água (e) hidroxipropil cistina polisiloxano.

Objetivos específicos

Comparar a proteção da fibra capilar de mechas de cabelo afro-étnico tratadas com o creme- base alisante, incorporada ou não de substâncias condicionadoras, analisando: doseamento do teor de proteína equivalente em albumina, penteabilidade e tração à ruptura.

O nível de estiramento (alisamento) dos fios não foi o objetivo deste estudo.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. MATERIAL

4.1.1. Solventes e reagentes

- Hidróxido de sódio (Cromato Produtos Químicos)
- Reagente de Folin 2 N (Dinâmica Reagentes Analíticos)
- Sulfato de cobre (Q & Q)
- Tartarato de sódio potássio (Labsynth)
- Carbonato de sódio (Synth)
- Dodecil Sulfato de Sódio (Sigma)
- Lauril Sulfato de Sódio (Stepan Química)

Todos os itens mencionados possuíam grau de pureza analítica.

4.1.2. Substância química de referência

- Albumina bovina (fração V) padrão secundário de referência (T = 100,0%), sem anterior purificação.

4.1.3. Matérias-primas

4.1.3.1. Grau farmacêutico

- Lauril PEG/PPG-18/18 meticona (Dow Corning® 5200- Dow Corning)
- Ciclopentasiloxano (e) PEG-12 polímero de dimeticone reticulado (Dow Corning® 9011- Dow Corning)
- Óleo de Jojoba (Beraoil® V 1000-Beraca)
- Água (e) cistina bis-PG-propil Sllanetriol (Crodasone cystine® - Croda)
- Cera auto-emulsificante não iônica (Polawax® – Croda)
- Olet-3 (Volpo® 3 – Croda)
- Óleo mineral (Esso)
- Hidróxido de amônio (Merck)
- Tioglicolato de amônio (ChemUnion)
- Composto de fenoxietanol e parabenos (Phenova® – Croda)
- Propilenoglicol (Synth)

4.1.4. Produtos comerciais

a) Loção neutralizante – Amend[®]

As matérias primas mencionadas no rótulo seguem abaixo:

- Metassulfato de berrenil trimônio e álcool cetoestearílico
- Alcool cetoestearílico
- Metilparabeno
- Fenacetina Ácido fosfórico
- Propilenoglicol
- Peróxido de Hidrogênio
- Água desmineralizada

b) Produtos comerciais A e B - Alisante à base de tioglicolato

4.1.5. Equipamentos

- Agitador mecânico – Modelo MSM – Mathis
- Hélice – A4 – 25 mm de diâmetro externo - Mathis
- Balança analítica, modelo AB 204 Classe I – Metter Toledo
- Balança semi-analítica Gehara BG 400
- Chapa elétrica - Mirak
- Estufa para cultura bacteriológica (faixa de temperatura de 22 a 70 $\pm$ 2°C), modelo 502 – Fanem.
- Peagâmetro/pHmetro, modelo MP225- Micronal
- Viscosímetro digital Brookfield; agulhas (spindle) 5, velocidade de 20 rpm, fator 400.
- Dinamômetro, modelo 4446 – Instron
- Micrômetro, modelo 7301 - Mitutoyo
- Refrigerador Boch-Ecoplus - Termostat
- Espectofotômetro Beckman Coulter DU 640, com cubeta de quartzo de 1cm de caminho óptico.
- Shaker horizontal – Tecnal TE- 420
- Dinamômetro - Instron, modelo 4464
- Software Instron- série IX version 8.09.

4.1.6. Outros materiais

- Mechas de cabelo afro-étnico (De Meo Brothers)
- Estante para as mechas
- Pentes não metálicos (lado estreito 16 dentes/25 mm; lado largo; 11dentes/25 mm)
- Reservatório plástico de água com torneira
- Papel de filtro qualitativo 110 x 100 mm (Whatman).

4.2. MÉTODOS

4.2.1. Desenvolvimento das formulações

Foram desenvolvidas preparações baseadas em fórmulas tradicionais e simples.

4.2.1.1. Formulações preliminares

a) Creme-base alisante

Foram preparadas 4 formulações preliminares (Anexo – Tabela 14) a fim de selecionar a mais adequada para este estudo. As formulações foram submetidas aos Testes de Estabilidade (descrito no item 4.2.2).

A composição da formulação proposta para o creme-base alisante está descrita na **Tabela 1**.

Tabela 1 – Formulação do creme-base alisante (BRANDÃO,2000).

	Componente	Proporção % p/p
Fase A	Cera autoemulsionante não iônica	8,0
	Olet-3	1,5
	Óleo Mineral	2,0
Fase B	Água destilada	65,2
	Propilenoglicol	2,0
	Composto de fenoxietanol e parabenos	0,3
Fase C	Tioglicolato de amônio	18,0
Fase D	Solução de hidróxido de amônio – 25% p/v	3,0

Processo de preparo do creme-base alisante

- 1 - Aquecer a fase A à temperatura de 75 ± 2 °C ;
- 2- Aquecer separadamente a fase B à temperatura de 75 a 80 °C;

Figura 21. Processo de preparo do creme-base alisante item (3). Após o aquecimento, a fase “B” é adicionada à fase “A” lentamente sob constante agitação.

- 3- Adicionar a fase “B” à fase “A” lentamente, homogeneizando com a utilização de um agitador de hélices.

Figura 22. Processo de preparo do creme-base alisante item (4). Agitação da emulsão.

- 4-Continuar agitando por mais 10 minutos.
 - 5- Monitorar a temperatura e adicionar a fase “C” à mistura quando a temperatura atingir 40 a 45 °C.
- Essa operação deve ser feita sem a interrupção da homogeneização.

Figura 23. Processo de preparo do creme-base alisante item (6). Adição da fase “D” para elevar o valor do pH do creme- base alisante.

6- Adicionar a fase “D” à mistura até que o valor de pH esteja no intervalo entre 8,8 a 9,2 e continuar a homogeneização.

b) Agentes condicionadores

Os agentes condicionadores foram adicionados na quantidade de 1% p/p em relação ao creme-base alisante (99% base + 1% agente condicionador). Essa quantidade foi escolhida tendo em vista, as indicações dos fabricantes de matérias-primas e os fabricantes dos alisantes disponíveis no mercado brasileiro. As formulações formadas passam a se denominar-se creme-base alisante base com agentes condicionadores. Os agentes condicionadores utilizados estão listados a seguir.

Tabela 2. Agentes condicionadores utilizados no creme-base alisante, incorporadas a 1% p/p (BERACA, 2001; CRODA, 2002; DOW CORNING, 2002).

Nome químico
Lauril PEG/PPG-18/18 meticona
Ciclopentasiloxano (e) PEG-12 polímero de dimeticone reticulado
Óleo de jojoba
Água (e) hidroxipropil cistina polisiloxano

c) Emulsão neutralizante

Foi utilizado um produto comercial da marca Amend® com fórmula convencional, para evitar mais variantes no processo.

4.2.1.2. Adição do agente condicionador ao creme-base alisante

Foram pesadas em balança semi-analítica, utilizando béqueres, 99,0 g do creme-base alisante e 1,0 g do agente condicionador. A mistura foi homogeneizada manualmente por 1 minuto, utilizando espátula não metálica.

Neste estudo avaliamos quatro agentes condicionadores, já citados no item 4.2.1.1(b).

Estes foram adicionados ao creme-base alisante no momento da aplicação nos cabelos, a fim de evitar possíveis interações na estabilidade da substância condicionadora devido ao elevado pH da formulação, e assim interferir na eficácia do processo de alisamento.

Esse procedimento foi adotado porque o(s) agente(s) condicionador(es) que apresentasse(m) resultados adequados ao estudo, poderia(m) ser adicionado(s) aos produtos comerciais de formulação simplificada pelo próprio usuário, com bons resultados de condicionamento no cabelo.

4 2.2. Testes de Estabilidade

Os testes de estabilidade têm como referência o trabalho de RIBEIRO ET AL. (1996) modificado. Foi efetuado controle de pH, viscosidade e aspecto.

As amostras dos cremes-base alisantes foram preparadas e acondicionadas em frascos de vidro neutro transparente de 150 mL e deixados em repouso por 24 h. A seguir as amostras foram subdivididas em 3 grupos.

Um grupo foi colocado no refrigerador a 5 ± 2 °C; outro na estufa a 45 ± 2 °C e o último foi deixado à temperatura ambiente 22 ± 2 °C.

4.2.2.1. Condições do teste

As formulações foram submetidas às seguintes condições e aos períodos de avaliação:

Temperatura ambiente

O creme-base alisante foi mantido à temperatura ambiente $22 \pm 2^\circ\text{C}$, durante 2 meses, sendo avaliado no 1º, 8º, 15º, 22º, 30º, 60º dia.

Estufa

O creme-base alisante foi colocado na estufa à temperatura de $45 \pm 2^\circ\text{C}$, durante 2 meses, sendo avaliado no 1º, 8º, 15º, 22º, 30º, 60º dia.

Refrigerador

O creme-base alisante foi colocado no refrigerador à temperatura de $5 \pm 2^\circ\text{C}$, durante 2 meses, sendo avaliado no 1º, 8º, 15º, 22º, 30º, 60º dia.

4.2.2.2. Variáveis analisadas no creme-base alisante

Aspecto

Foram analisadas quanto às características de aparência visual, cor e odor comparando-se com amostras mantidas à temperatura ambiente (aparência homogênea, cor branca e odor característico de enxofre).

Valor do pH

As amostras foram diluídas em água destilada na proporção de 1:10 por volume e submetidas à leitura em peagâmetro (PRISTA, 1992).

Viscosidade

Foi tomada uma amostra de aproximadamente 20,0 g para análise. A viscosidade do creme-base alisante foi medida em viscosímetro digital; usando agulha 5, velocidade de 20 rpm e fator 400.

4.2.3 Tratamento das mechas de cabelo

O tratamento das mechas tem como referência os trabalhos de WOODRUFF (2002), KAMATH ET AL. (1984), GARCIA & DIAZ (1976), SYED (1996), HORNBY ET AL. (2002) modificado.

4.2.3.1. Fracionamento e lavagem das mechas de cabelo

Foram utilizadas mechas de cabelo afro-étnico (*Kink hair*) da Meo Brothers (EUA) subdivididas em amostras de 2,0 g tratadas como descrito abaixo:

Figura 24. Mecha de cabelo afro-étnico antes do alisamento.

- Molhar a mecha por 30 segundos com água morna a 35 - 40 °C.
- Aplicar 5,0 g de solução de tensoativo (lauril sulfato de sódio) a 15% p/v na mecha por 30 segundos. Realizar movimentos suaves entre os dedos polegar e médio, da raiz à ponta.
- Assegurar que o movimento seja executado uniformemente por toda a extensão da mecha.
- Deixar o tensoativo agir por 30 segundos, com a mecha em repouso.
- Enxaguar a mecha por 1 minuto com água corrente a 35 - 40 °C.
- Remover o excesso de água passando a mecha 3 vezes entre os dedos (indicador e mediano).
- Deixar a mecha secar por uma noite em papel toalha à temperatura ambiente (22 ± 2 °C).

4.2.3.2 Protocolo de aplicação do creme alisante capilar

O procedimento utilizado para a aplicação do creme-base alisante acrescido ou não das substâncias condicionadoras está descrito a seguir.

A) Aplicação

- Nas mechas de cabelo seco, aplicar 2,0 g de creme-base alisante (contendo ou não agente condicionador) utilizando um pente não metálico.
- Alisar o cabelo firmemente com a superfície não dentada do pente.

Figura 25. Mecha de cabelo sendo alisada.

- Finalizada a aplicação do creme-base alisante, deixar agir por 5 minutos.
- Após este período, alisar suavemente a mecha apoiada sobre a bancada empregando a superfície não dentada de um pente não metálico.
- Realizar essa operação no sentido do comprimento até a ponta da mecha. Deixar agir por 5 minutos. Após alisar o cabelo, deixar o produto agir por mais 10 minutos. Durante esse período, não alisar mais o cabelo e manter a mecha à temperatura ambiente, não utilizando qualquer processo de aquecimento, como secador de cabelo.

B) Enxágüe

- Ajustar a fonte de água na temperatura de 35-40 °C e à vazão de 3,3 L/min.
- Após o processo de alisamento, enxaguar as mechas com água corrente por 1 minuto. Remover o excesso de água passando os dois

dedos (indicador e mediano) por toda superfície da mecha de cabelo.

- Envolver a mecha com uma toalha de papel absorvente, para enxugar suavemente o cabelo.

C) Neutralização

- Distribuir 2 g de neutralizante (Amend®) de maneira uniforme sobre os fios da mecha com o auxílio de uma espátula de madeira descartável. Deixar o neutralizante agir por 15 minutos.

Figura 26. Aplicação do neutralizante na mecha de cabelo.

- Repetir as etapas descritas no item 4.2.3.2 (B). Enxaguar.
- Deixar as mechas suspensas para secarem ao ar e à temperatura ambiente (22 ± 2 °C).

4.3 DETERMINAÇÃO DA QUANTIFICAÇÃO DE PROTEÍNAS EXTRAÍDAS DO CABELO

Esse ensaio baseia-se na redução do reagente fosfomolibdico-fosfotungístico (Reagente de Folin-Fenol) pela proteína previamente tratada pelo cobre em meio alcalino. Um átomo de cobre liga-se a quatro resíduos de aminoácidos. Esse complexo reduz o reagente de Folin-Fenol, tornando a solução azulada. Neste trabalho, foi utilizado o método de Lowry modificado por Peterson (PETERSON, 1977).

4.3.1 Validação de metodologia analítica

A validação da metodologia analítica é o processo que estabelece, por meio de estudos experimentais, que as características do método garantam os requisitos para a aplicação analítica pretendida, assegurando a confiabilidade dos resultados (USP, 2000; BRASIL, 2003).

Os parâmetros avaliados envolvem: linearidade (verificada pela curva de calibração); limites de quantificação e de detecção; precisão, exatidão e pesquisa de interferentes.

4.3.1.1 Linearidade e Curva de calibração

Trata-se da capacidade da metodologia em demonstrar que os resultados obtidos são diretamente proporcionais à concentração da substância em estudo presente na amostra, respeitando-se um intervalo de concentração (BRASIL, 2003). A linearidade é avaliada por meio da curva de calibração e por análise estatística adequada.

4.3.1.2 Limite de quantificação (BRASIL,2003)

A partir de uma solução de albumina padrão secundário de concentração 1.000,0 $\mu\text{g/mL}$, prepararam-se 5 diluições para determinação do limite de detecção. As concentrações utilizadas para obtenção do limite de quantificação foram: 5,0; 10,0; 40,0; 70,0 e 100,0 $\mu\text{g/mL}$.

Cada valor de concentração foi preparado em réplicas de 3, partindo-se de 2,0 mL das soluções e submetendo-se ao método para determinação da concentração de proteína equivalente em albumina (descrito no item 4.3.1.2).

4.3.1.3 - Limite de detecção (BRASIL, 2003)

A partir de uma solução de albumina padrão secundário de concentração 418,0 $\mu\text{g/mL}$, prepararam-se 5 diluições para determinação do limite de detecção. As concentrações utilizadas para obtenção do limite de detecção foram: 2,09; 4,18; 6,27; 8,36; 10,45 e 12,54 $\mu\text{g/mL}$.

Cada valor de concentração foi preparado em 5 réplicas, partindo-se de 2,0 mL das soluções e submetendo-se ao método para determinação da concentração de proteína equivalente em albumina bovina (item 4.3.1.2).

4.3.1.4 Pesquisa de interferentes

A pesquisa de interferentes foi efetuada na água de lavagem nas mechas de cabelo nas seguintes condições: água para umedecimento das mechas com e sem lauril sulfato de sódio; água de lavagem após aplicação do creme-base alisante sem neutralização e após neutralização; recolhimento de toda água usada no tratamento das mechas. Alíquotas de 2,0 mL dessas águas de lavagem foram submetidas ao ensaio para quantificação da quantidade de proteínas equivalente em albumina bovina (método de Lowry modificado por Peterson), realizando-se a leitura em espectrofotômetro a 750 nm (LOWRY ET AL., 1951; PETERSON, 1977).

O objetivo desse ensaio é verificar a influência dessas substâncias na região de leitura da análise ($\lambda = 750 \text{ nm}$).

4.3.1.5 – Precisão

A precisão avalia se a metodologia analítica apresenta reprodutibilidade, pois devemos submeter o cabelo afro-étnico alisado ao método analítico repetindo a análise 10 vezes.

O procedimento adotado foi o mesmo do item 4.3.1.2 (Determinação da concentração de proteína do cabelo equivalente em albumina – segunda etapa), com a diferença de se utilizar mechas de cabelo alisado com o creme-base alisante. O ensaio foi realizado com 10 amostras de cerca de 200,0 mg de cabelo afro-étnico. Utilizou-se como branco a água destilada e a leitura foi realizada em espectrofotômetro a 750 nm.

4.3.1.6 – Exatidão

Para a realização do ensaio de exatidão, partiu-se de solução estoque de albumina bovina padrão secundário de referência de 1000,0 $\mu\text{g/mL}$. Preparou-se uma solução de concentração 77,0 $\mu\text{g/mL}$ de albumina bovina

para ser empregada como valor teórico de concentração. A exatidão foi determinada com 10 amostras de cerca de 200 mg de mechas de cabelo afro-étnico como réplicas. Utilizou-se como branco a água destilada e as leituras foram realizadas em espectrofotômetro a 750 nm.

4.3.2 Procedimento analítico

A seguir está descrito o preparo dos reagentes utilizados na validação da metodologia analítica e na determinação do teor de proteína extraída do cabelo utilizando o método de Lowry modificado por Peterson, utilizando a albumina como padrão de referência secundário. A resposta foi dada em mg proteína por g de cabelo.

4.3.2.1 Preparação dos reagentes-estoque

Solução de cobre-tartarato-carbonato (CTC)

Foram preparados 25 mL desse reagente, nas seguintes proporções, empregando-se água destilada como solvente:

0,1% p/v Sulfato de cobre – CuSO_4 (0,0253 g)

0,2% p/v Tartarato de sódio e potássio – $\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6\text{KNa}$ (0,0532 g)

10% p/v Carbonato de sódio – Na_2CO_3 (2,5014 g)

Solução de dodecilssulfato de sódio (SDS) 10% p/v

Foram pesados 2,5680 g de SDS, dissolvido em 25,0 mL de água destilada.

Solução de hidróxido de sódio 0,8 N

Foram pesados 1,0256 g de hidróxido de sódio em pastilhas e dissolvidos em cerca de 25,0 mL de água destilada.

Soluções de trabalho

Reagente A: misturaram-se, em balão volumétrico de 100 mL, 25,0 mL da solução de CTC com o mesmo volume da solução de hidróxido de sódio 0,8

N e da solução de SDS. O volume do balão foi completado com água destilada.

Reagente B: uma parte, 8,4 mL do reagente de Folin-Fenol foi misturado a 5 partes de água, completando com água destilada para 50 mL.

Esse ensaio baseia-se na redução do reagente fosfomolibdico-fosfotungístico (Reagente de Folin-Fenol) pela proteína previamente tratada com cobre em meio alcalino. Um átomo de cobre liga-se a quatro resíduos de aminoácidos. Esse complexo reduz o reagente de Folin-Fenol, tornando a solução azulada (PETERSON, 1977).

Na reação citada num primeiro passo, a proteína reage com íons cúpricos (Cu^{2+}), em meio alcalino proveniente do hidróxido de sódio e carbonato de sódio (tampão de pH aproximadamente 10). Nesse passo também se utiliza tartarato de sódio potássio para evitar a precipitação do cobre e, assim, aumentar a estabilidade da solução. Acredita-se que a complexação dos íons cúpricos (Cu^{2+}), com as ligações peptídicas, leva à redução para íons cuprosos (Cu^+). Aguardam-se 10 minutos para a reação processar-se. A produção de íons cuprosos é seguida pela redução do reagente de Folin-Fenol, na segunda etapa do ensaio, levando à cor azulada da solução. Aguardam-se 30 minutos para a reação acontecer. Realiza-se a leitura em espectrofotômetro a 750nm, utilizando-se água destilada como branco (ALAM, A. 1992; LOWRY, 1951; AGUIAR ET AL. ,2003; OSWALD, 1999; LUCARINI & KILIKILIAN, 1999).

Solução-mãe de albumina bovina padrão de referência secundário

Dissolveram-se 0,0514 g de albumina bovina-padrão de referência secundário (T = 100,0%) em balão volumétrico de 50,0 mL, completando o volume final com água destilada e obtendo-se uma solução de concentração 1,0 mg/mL.

Foram realizadas diluições desta solução, obtendo-se concentrações de 5,0; 10,0; 20,0; 40,0; 60,0; 80,0 e 100,0 $\mu\text{g/mL}$ para a construção da curva de calibração da albumina bovina.

4.3.2.2 Determinação do teor de proteína por g de cabelo

Procedimento analítico

A leitura das soluções para a determinação do teor de proteína segue a seqüência descrita e foi realizada em réplicas de dois.

- Colocaram-se 2,0 mL de cada solução de albumina (água destilada, no caso do branco) em um tubo de ensaio.
- Acrescentaram-se 2,0 mL de reagente A com agitação.
- Aguardaram-se 10 minutos para o processamento da reação.
- Acrescentou-se 1,0 mL de reagente B, com agitação.
- Aguardaram-se 30 minutos ao abrigo da luz.
- Procedeu-se à leitura das soluções em espectrofotômetro a 750 nm, utilizando-se como branco, água destilada submetida ao método. Com os resultados obtidos elaborou-se a curva de calibração da absorbância em função da concentração de albumina bovina padrão secundário (proteína). Determinou-se a equação da reta, verificando a linearidade do método e o coeficiente da correlação linear.

4.3.2.3 – Determinação do conteúdo de proteína extraída

O ensaio com as mechas de cabelo afro-étnico, descrito a seguir:

- Adicionaram-se duas amostras de 200,0 mg de cabelo afro-étnico padronizado previamente alisado, em cerca de 10,0 mL de água destilada em dois Erlenmeyers de 250 mL.
- Submeteram-se as suspensões à agitação em agitador rotativo (*shaker*) por 4 horas. Filtraram-se as suspensões em papel filtro qualitativo e uma alíquota de 2,0 mL do filtrado de cada amostra foi submetida ao ensaio da

quantificação de proteína, da mesma maneira descrita para a solução de albumina que originou a curva de calibração (item 4.3.3.1), utilizando-se como branco a água destilada submetida ao método.

- Com os resultados obtidos das absorbâncias e utilizando-se a equação da curva de calibração determinaram as concentrações de proteína (equivalente em albumina) provenientes das mechas de cabelo e quantificou-se a perda de proteína/g de cabelo, proveniente das mechas.

4.4 RESISTÊNCIA À PENTEABILIDADE

Para o teste de penteabilidade foi usado um dinamômetro, da marca Instron, modelo 4464, com dois pentes não metálicos colocados num suporte, como observado na Figura a seguir.

Figura 27 - Visão do equipamento "Instron" – (Dow Corning)

A mecha testada foi colocada na garra superior do equipamento (célula de carga 5,0 Kg). Ao ser acionado, os pentes (do seu lado estreito) que estão colocados em suportes laterais, pentearam a mecha analisada. A velocidade das garras durante a mensuração foi de 500.0000 mm/min. A força necessária para os pentes passarem pela mecha foi medida pelo equipamento e um programa de computação, Série IX Software, do próprio equipamento, efetuou os cálculos da resistência à penteabilidade (GARCIA & DIAS, 1976; ISHII, 1997).

Foram preparados conjuntos com 10 mechas para serem analisadas, em cada tratamento.

As mechas utilizadas foram:

- Mechas sem alisamento
- Mechas tratadas com creme-base alisante

- Mechas tratadas com creme-base alisante + Lauril PEG/PPG-18/18 meticone
- Mechas tratadas com creme-base alisante + ciclopentasiloxano (e) PEG-12 polímero de dimeticone reticulado
- Mechas tratadas com creme-base alisante + Óleo de jojoba
- Mechas tratadas com creme-base alisante + água (e) cistina bis PG-propil silanetriol
- Mechas tratadas com produtos comerciais, denominados neste estudo, Produtos A e B.

Após as análises no equipamento os dados receberam tratamento estatístico (teste t Student).

4.5 TRAÇÃO DE RUPTURA

Para o teste de ruptura foi empregado um dinamômetro, da marca Instron, modelo 4464 com célula de carga de 5 kg. O equipamento utilizou o Software Instron, Serie IX.

O diâmetro dos fios foi medido com um micrômetro, utilizando-se a média de três diâmetros de três porções (raiz, mediana e ponta) do cabelo afro-étnico. O fio de cabelo foi preso em garras pela parte superior e inferior. O dinamômetro foi acionado e a velocidade das garras durante a medida foi de 500.0000 mm/min.

Os resultados do aparelho foram analisados pelo programa de computação do equipamento, recebendo tratamento estatístico (teste t Student) (WOODRUFF, 2002; SYED, 1996; ISHII, 1997; ROBBINS, 1994).

As amostras utilizadas foram as mesmas do item 4.4.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O cabelo após projetar-se do couro cabeludo é matéria morta, que não pode ser regenerada, por isso é importante estudar medidas preventivas e métodos analíticos que permitam quantificar os danos, que podem ocorrer devido a tratamentos químicos (alisamentos, tinturas e permanentes), ações mecânicas (escovar, pentear e secar) e ao meio ambiente (sol, vento, radiação UV, entre outros) (SYED, 1997; HARRIS, 1979).

As formulações de alisantes capilares agem em uma faixa de pH muito acima do ponto isoelétrico da queratina do cabelo (5,5) – o que danifica os fios, prejudicando o aspecto, a penteabilidade e a resistência mecânica, dentre outros atributos. Cabelo saudável e condicionado, apresenta brilho, é agradável ao toque e fácil de pentear e estilizar (HOSHOWSKI, 1997).

Produtos emolientes, como óleos mineral e vegetal, silicones, ésteres, proteínas, entre outros, são comumente adicionados às formulações de condicionadores e cremes de tratamento para minimizar os danos que os cabelos, particularmente os afro-étnicos, sofrem em decorrência de tratamentos químicos (SYED, 1997; HARRIS, 1979; WILKINSON & MOORE, 1990; SYED, 1993; HOSHOWSKI, 1997).

KOLLAR & MILLER (1972) citam que há várias patentes indicando o uso de silicones em alisantes capilares. Esses produtos contêm elevado percentual de solventes orgânicos.

O silicone, pelas propriedades de lubrificação, baixa solubilidade e tensão superficial reduzida, espalha-se adequadamente na maioria das superfícies, formando uma película uniforme, contínua e hidrófoba.

O filme de silicone age no fio do cabelo e, por resistir à água, melhora a resistência do cabelo estilizado. Esses produtos substituem o sebo natural, sem deixar sensação oleosa, e reduzem os danos causados por tratamentos oxidantes como alisamentos e permanentes.

Os silicones mais comumente utilizados são os polidimetilsiloxanos. Neste estudo, foram avaliados dois silicones, desenvolvidos para auxiliar na

emulsificação de sistemas água em óleo (Lauril PEG/PPG-18 meticona) e na emulsificação de sistemas água em silicones (Ciclopentasiloxano (e) PEG-12 polímero de dimeticone reticulado), e não os comumente encontrados em produtos condicionadores: os silicones amínicos.

JONES & CHAHAL (198-) mencionam que aminoácidos e proteínas hidrolisadas são capazes de penetrar no cabelo e influenciar as propriedades mecânicas. As ligações que ocorrem com queratina são de natureza hidrofóbica e podem ser temporárias ou permanentes, isto é, podem resistir à lavagem com água, mas não quando se utiliza tensoativo.

Para este estudo foi utilizado um produto composto por cistina. Ele é solúvel em água e estável em valores de pH até 9,5. Outras propriedades, citadas na literatura, envolvem: a habilidade de penetrar na fibra capilar e o potencial de formar novas ligações dissulfídicas com o cabelo, o que contribuiria para aumentar a resistência do fio.

Não foram encontradas, na bibliografia pesquisada, referências ao uso específico do óleo de jojoba em alisantes. Apenas cita-se na literatura (WISNIAK, 1987; SIMS, 2001) que ele resiste à oxidação, além de possuir propriedades emolientes e de solubilização. Por isso foi escolhido para este estudo.

A escolha e a inclusão dos agentes condicionadores foram realizadas por meio das informações referendadas na literatura e estão descritas como segue:

- Lauril PEG/PPG-18/18 Meticona foi escolhido por suas propriedades de emoliência, formação de filme e melhoria de penteabilidade.
- Ciclopentasiloxano (e) PEG-12 polímero de dimeticone reticulado, foi escolhido por suas propriedades sensoriais, formação de filme e melhoria de penteabilidade.
- Água (e) hidroxipropil cistina polisiloxano foi escolhido por suas propriedades de emoliência e proteção aos cabelos, além de ser apropriado para uso em produtos com valores de pH altamente alcalino, como é o caso dos alisantes. Proteínas e aminoácidos são tradicionalmente adicionados às formulações capilares como bons

condicionadores, uma vez que os cabelos são constituídos principalmente de proteína.

- Óleo de jojoba foi escolhido por suas propriedades emolientes e por ser usado em alisantes comerciais encontrados no mercado brasileiro.

5.1 ESTABILIDADE

A formulação creme-base alisante foi submetida ao estudo de estabilidade às temperaturas de $22 \pm 2^\circ\text{C}$, $45 \pm 2^\circ\text{C}$ e $5 \pm 2^\circ\text{C}$, e avaliadas por 2 meses quanto a: aspecto, cor, odor, viscosidade e valor de pH e são apresentados nas **Tabelas 3 e 4** e **Figuras 28 e 29**.

5.1.1 Viscosidade

Nas **T**

abela 3 e **Figura 28** observamos os resultados obtidos da viscosidade aparente determinados pelos testes de estabilidade, sob diferentes condições de temperatura e tempo de armazenamento.

Tabela 3. Valores da viscosidade aparente (em centiPoise) do creme-base alisante em diferentes condições de temperatura e tempo de armazenamento.

<div style="text-align: center;"> <div style="transform: rotate(-45deg); display: inline-block;">Viscosidade (cP)</div> <div style="display: inline-block;">Temperatura (°C)</div> </div>	tempo (dias)					
	1 ^o	8 ^o	15 ^o	22 ^o	30 ^o	60 ^o
$22 \pm 2^\circ\text{C}$	11600	11800	11700	11600	12200	11400
$45 \pm 2^\circ\text{C}$	11600	12000	13500	12900	14000	12400
$5 \pm 2^\circ\text{C}$	11600	11900	11700	12500	13200	11400

Figura 28. Valores da viscosidade (cP) do creme-base alisante submetidos ao estudo de estabilidade em diferentes condições de temperatura e tempo de armazenamento. Onde C é temperatura em graus Célsius.

Pelos resultados obtidos como mostrado na **Tabela 3** e **Figura 28**, os valores da viscosidade aparente apresentaram-se estáveis. Apenas na estufa ($45 \pm 2^\circ\text{C}$) verificou-se tendência à elevação, provavelmente por ocorrer evaporação da água da emulsão, devido à porosidade elevada do material plástico da tampa. No 30° dia, todas as amostras, nas três condições avaliadas, tiveram valores de viscosidade superiores ao esperado, provavelmente por alteração do equipamento.

5.1.2 pH

Os valores de pH medidos das amostras do creme-base alisante, submetidas às três condições de temperatura ($22 \pm 2^\circ\text{C}$, $45 \pm 2^\circ\text{C}$ e $5 \pm 2^\circ\text{C}$) foram determinados medidos a $22 \pm 2^\circ\text{C}$ e umidade relativa de 65%, e são apresentados na **Tabela 4** e **Figura 29**.

Tabela 4. Valores de pH do creme-base alisante em diferentes condições de temperatura e tempo de armazenamento.

Temperatura (°C)	pH	tempo (dias)					
		1 ^o	8 ^o	15 ^o	22 ^o	30 ^o	60 ^o
22 ± 2 °C		9,0	8,9	8,8	8,9	8,9	9,0
45 ± 2 °C		9,0	8,7	8,7	8,8	8,7	8,8
5 ± 2 °C		9,0	8,4	8,6	8,6	8,6	9,0

Figura 29. Valores de pH do creme-base alisante submetidos ao estudo de estabilidade em diferentes condições de temperatura e tempo de armazenamento.

De acordo com a **Tabela 4** e a **Figura 29** os valores de pH mantiveram-se estáveis, para todas as condições e os intervalos de tempo, com variação

máxima de 0,6 unidades de pH. Na temperatura ambiente ($22 \pm 2^\circ \text{C}$) houve menor oscilação.

5.1. 3- Aspecto

Verificou-se que o aspecto do creme-base alisante, submetido ao teste de estabilidade à temperatura ambiente ($22 \pm 2^\circ \text{C}$), foi considerado como aceitável, quanto a: aparência homogênea, sem separação de fases da emulsão. A cor branca e o odor característico de enxofre não demonstraram variações significativas em relação à amostra de referência mantida à temperatura ambiente ($22 \pm 2^\circ \text{C}$).

Para aspecto, valor de pH e viscosidade aparente, observou-se que as características avaliadas não resultaram em modificações significativas nas três condições de temperatura e intervalos de tempo conforme pode ser verificado nas **tabelas 3 e 4** e **figuras 28 e 29**.

Considerada adequada no teste de estabilidade, os resultados indicaram que a formulação apresentou perfil estável, nas condições avaliadas.

5.2 Validação da metodologia analítica

A validação da metodologia analítica foi avaliada por meio dos parâmetros a seguir.

5.2.1 Curva de calibração

Na **tabela 5** e **Figura 30** são apresentados os resultados da curva de calibração da albumina bovina – padrão de referência secundário – utilizada na quantificação do teor de proteínas eliminadas pelas mechas de cabelo afro-étnico.

Tabela 5. Absorbâncias das soluções de albumina bovina – padrão de referência secundário, utilizando o método colorimétrico a 750nm.

Concentração de albumina bovina (µg/mL)	ABSORBÂNCIA (A)		
	A1	A 2	A média
5	0,0722	0,0698	0,0710
10	0,0869	0,0875	0,0872
40	0,1627	0,1753	0,1690
70	0,2879	0,2915	0,2897
100	0,3889	0,3897	0,3893

Legenda: 1 e 2 são replicas.

Figura 30. Curva de calibração de albumina bovina padrão secundário. Onde: x = concentração de albumina (µg/mL); y = absorbância e R^2 = coeficiente de correlação linear.

Analisando a **Tabela 5** e **Figura 30**, o método foi linear no intervalo de concentração analisado. Quanto à linearidade, o valor de R^2 obtido de 0,9959 leva a um valor de R igual a 0,9979, o que está de acordo com o estabelecido pela Resolução 899 (de 23 de maio de 2003) da ANVISA, na qual foi estabelecido como valor mínimo aceitável R igual a 0,99 (BRASIL, 2003).

5.2.2 Limite de quantificação

Por meio desta determinação, verifica-se a concentração mínima quantificável com exatidão e precisão aceitáveis (BRASIL, 2003).

Os dados podem ser observados nas **Tabelas 6 e 7**, mostradas a seguir.

Tabela 6. Resultados das absorbâncias para o cálculo do limite de quantificação da albumina bovina – padrão de referência secundário – utilizando método de Lowry modificado por Peterson.

Absorbância (A)					
Concentração de albumina (µg/ml)	A 1	A 2	A 3	A Média	Desvio Padrão
5	0,0592	0,0614	0,0543	0,0583	0,0036
10	0,0962	0,0775	0,0845	0,0861	0,0187
40	0,2274	0,1986	0,1922	0,2061	0,0187
70	0,3016	0,2822	0,2910	0,2916	0,0097
100	0,3981	0,4050	0,4041	0,4024	0,0030

Legenda: 1, 2 e 3 são réplicas.

Tabela 7. Resultados de concentração e exatidão para o cálculo do limite de quantificação da albumina bovina – padrão de referência secundário – utilizando método de Lowry modificado por Peterson.

Concentração (C)					
Concentração de albumina (µg/ml)	C 1	C 2	C 3	C Média	Desvio Padrão
5	2,829	3,457	1,429	2,571	1,038
10	13,400	8,057	10,057	10,505	2,700
40	50,886	42,657	40,829	44,791	5,357
70	72,086	66,543	69,057	69,229	2,776
100	99,657	101,629	101,371	100,890	1,072

Legenda: C = Concentração obtida utilizando a curva de calibração da albumina bovina padrão secundário de referência.

1, 2 e 3 = réplicas de três.

Coeficiente de variação (%)

Exatidão (%)

Segundo a Resolução 899 da ANVISA, o limite de quantificação pode ser considerado como a menor concentração analisada, que possui exatidão entre 80 e 120% e coeficiente de variação 20% na análise. A partir dos resultados obtidos na **Tabela 7**, verificamos que as soluções de concentração acima de 10 $\mu\text{g/mL}$ atendem a esses requisitos, pois possuem concentrações quantificáveis com precisão e exatidão aceitáveis (BRASIL, 2003).

Assim, de acordo com os dados obtidos, o limite de quantificação do método foi de 10,0 $\mu\text{g/mL}$ (valor que apresentou exatidão aceitável e precisão pouco excedente ao limite permitido), nas condições experimentais utilizadas. A concentração determinada é inferior à esperada da quantificação de proteínas nas mechas de cabelo submetidas aos diversos tratamentos como lavagem com xampu, alisamento e tintura, entre outras (AGUIAR ET AL., 2003).

5.2.3 Limite de detecção

A seguir na **Tabela 8** e **Figura 31** são apresentados os resultados obtidos no experimento para o cálculo do limite de detecção da albumina padrão de referência secundário utilizando o método de Lowry modificado por Peterson.

Tabela 8. Resultados das absorbâncias para o cálculo do limite de detecção da albumina bovina – padrão de referência secundário, utilizando método de Lowry modificado por Peterson.

ABSORBÂNCIA (A)					
Concentração de albumina ($\mu\text{g/mL}$)	A1	A2	A3	A4	A5
2	0,0144	0,0185	0,0065	0,0094	0,0097
4	0,0261	0,0264	0,0187	0,0261	0,0236
6	0,0419	0,0431	0,0276	0,0462	0,0418
8	0,0563	0,0585	0,0621	0,0558	0,0562
10	0,0655	0,0758	0,0631	0,0756	0,0715
12	0,0933	0,1002	0,0849	0,0858	0,0957

Legenda: 1, 2, 3, 4 e 5 são réplicas.

A partir dos resultados obtidos na **Tabela 8**, foram construídas cinco curvas de calibração, cujas equações de reta e respectivo coeficiente de correlação linear são apresentados na **Figura 31**.

Figura 31. Curvas, equações da reta e coeficiente de correlação linear obtidas, a partir dos resultados das absorbâncias e respectivas concentrações, para o cálculo do limite de detecção da albumina bovina – padrão de referência secundário – utilizando o método de Lowry modificado por Peterson.

Com as informações obtidas das cinco curvas desse ensaio, foi realizado o cálculo do limite de detecção para a albumina bovina – padrão secundário de referência –, conforme apresentado na **Tabela 9**.

Tabela 9. Dados obtidos das curvas dos conjuntos de réplicas do ensaio para determinação do limite de detecção da albumina bovina, padrão de referência secundário, utilizando método de Lowry modificado por Peterson.

Detecção	IC	Y
1	0,0072	-0,0031
2	0,0078	-0,0035
3	0,0077	-0,0122
4	0,0074	-0,0042
5	0,0080	-0,0091
Média	0,0076	Não relevante
DP	Não relevante	0,0040

Legenda:

IC= Coeficiente angular e Y= intercepto com o eixo Y obtidos pelos gráficos das Absorbâncias x Concentração ($\mu\text{g/mL}$) – Figura 31.

DP= Desvio padrão

Para o cálculo do limite de detecção (LD) utilizou-se a equação:

$$\text{LD} = \frac{\text{desvio padrão dos interceptos com o eixo y} \times 3}{\text{coeficiente angular médio}}$$

Equação 1. Equação para a determinação do limite de detecção da albumina bovina – padrão de referência secundário - utilizando método de Lowry modificado por Peterson.

O resultado obtido foi $1,59 \mu\text{g/mL}$ e considera-se que, nas leituras inferiores, o aparelho não faz distinção entre ruído e analito (BRASIL, 2003).

5.2.4 Pesquisa de interferentes

A seguir, apresentamos os resultados das absorvâncias da pesquisa de interferentes, empregando o método de Lowry modificado por Peterson (LOWRY, ET AL., 1951; PETERSON, 1977), utilizando-se água destilada como branco, para as amostras:

- a) água para umedecimento das mechas de cabelo afro-étnico sem lauril sulfato de sódio (LSS): (-0,0623), (-0,0720) e (-0,0691) – resposta não significativa.
- b) água com LSS: (-0,0405), (-0,0419) e (-0,0512) – resposta não significativa.
- c) água de lavagem após aplicação do creme-base alisante sem neutralização: 0,8292; 0,8261 e 0,8129.

Verifica-se perda de proteína do cabelo, pois as escamas da cutícula estão abertas e não ocorreu finalização do processo de alisamento, por isso a leitura das absorvâncias resultou em valores elevados, o que corresponde a uma média de perda protéica de 1104,9 μg proteína/g cabelo.

- d) água de lavagem após aplicação do creme-base alisante após neutralização: 0,0139; 0,0074 e 0,0074 – resposta não significativa.

5.2.5 Precisão

Na **Tabela 10** são apresentados os resultados da quantificação de proteína equivalente em albumina bovina das mechas de cabelo afro-étnico, submetidas ao método de Lowry modificado por Peterson, realizado em réplicas de 10 para o cálculo da precisão.

Tabela 10. Avaliação da precisão do método de Lowry modificado por Peterson para a quantificação de proteína extraída de mechas de cabelo afro-étnico.

Precisão				
Amostras	Absorbâncias	Concentração de proteína ($\mu\text{g/mL}$)	Massa de proteína mg/g de cabelo	Precisão (%)
Padrão	0,2362	77,00	3,85	12,87
1	0,2237	72,589	3,56	
2	0,2395	78,232	3,79	
3	0,2349	76,589	3,82	
4	0,2192	70,982	3,53	
5	0,2342	76,357	3,72	
6	0,2757	91,179	4,54	
7	0,2060	66,268	3,24	
8	0,1953	62,464	3,06	
9	0,2090	67,339	3,31	
10	0,2773	91,732	4,57	
Média			3,73	
Desvio padrão			0,48	

Legenda: 1 a 10 são réplicas. CV% é o coeficiente de variação em porcentagem (precisão).

5.2.6 Exatidão

Na **Tabela 11** estão apresentados os resultados da eliminação de proteína (equivalente em albumina bovina), aplicados do creme-base alisante, em mechas de cabelo afro-étnico submetidas ao método de Lowry modificado por Peterson. Empregaram-se como valores teóricos 200,0 mg de mechas de cabelo afro-étnico e 77 $\mu\text{g/mL}$ de albumina bovina – padrão secundário de referência.

Tabela 11. Avaliação da exatidão do método de Lowry modificado por Peterson para a quantificação de proteína extraída de mechas de cabelo afro-étnico. Baseada na curva padrão.

Exatidão				
Amostras	Absorbâncias	Concentração de proteína ($\mu\text{g/mL}$)	Massa de proteína mg/g de cabelo	Exatidão (%)
Padrão	0,2362	77,00	3,85	96,88
1	0,2237	72,589	3,56	
2	0,2395	78,232	3,79	
3	0,2349	76,589	3,82	
4	0,2192	70,982	3,53	
5	0,2342	76,357	3,72	
6	0,2757	91,179	4,54	
7	0,2060	66,268	3,24	
8	0,1953	62,464	3,06	
9	0,2090	67,339	3,31	
10	0,2773	91,732	4,57	
Média			3,73	
Desvio padrão			0,48	

Legenda: 1 a 10 são réplicas.

5.2.7 Quantificação de proteínas equivalente em albumina das mechas de cabelos afro-étnicos

A seguir, na **Tabela 12**, serão apresentados os resultados da perda de proteína equivalente em albumina para as mechas de cabelo afro-étnico, utilizando o método de Lowry modificado por Peterson.

Tabela 12. Determinação da perda de proteína nas mechas de cabelo tratado com creme-base alisante (CBA) sem e com agentes condicionadores.

Amostra	ST	CBA	CBA + DC® 5200	CBA+ C.Cystine®	CBA + Beraoil® V1000	CBA +DC® 9011
A1	0,0330	0,4000	0,0921	0,2390	0,0256	0,0556
A2	0,0340	0,4120	0,0828	0,2404	0,0198	0,0724
A3	0,0362	0,3758	0,1014	0,2462	0,0204	0,0696
A4	0,0373	0,4094	0,0832	0,2448	0,0209	0,0736
A5	0,0322	0,3209	0,0902	0,2510	0,0278	0,0730
A6	0,0339	0,3802	0,0977	0,2517	0,0201	0,0759
A7	0,0332	0,4615	0,0927	0,2483	0,0265	0,0807
A8	0,0337	0,3765	0,0688	0,2428	0,0246	0,0675
A9	0,0319	0,2257	0,0955	0,2541	0,0135	0,0630
A10	0,0328	0,2389	0,1015	0,2611	0,0258	0,0688
Am +/- σ	0,0338+/- 0,001707	0,36009 +/- 0,076163	0,09059 +/- 0,010042	0,24794 +/- 0,006756	0,0225 +/- 0,004346	0,07001 +/- 0,007
C.V.	5,05	21,15	11,08	2,72	19,32	9,99
Conc. m μ g/mL	4,4229	88,7970	11,7970	56,7540	7,6570	5,9170
mp/g	13,634	378,181	53,236	238,864	30,016	24,903

Legenda: Am +/- σ = Absorbância média $\pm$ desvio padrão; C.V. = coeficiente de variação; Conc. m. = concentração de proteína equivalente em albumina (μ g/mL); ST = sem tratamento; CBA = creme-base alisante; DC® 5200 = Lauril PEG/PPG-18/18 metilona; CBA = creme-base alisante; DC® 9011 = Cidopentasiloxano (e) PEG-12 polímero de dimeticona reticulado; Beraoil® V1000 = óleo de jojoba; C.cystine® = Água (e) hidroxipropil distina polissiloxano; mp/g = massa de proteína equivalente em albumina bovina padrão de referência secundário μ g/g cabelo; A = Absorbância; 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10 são réplicas

Figura 32. Perda de proteína equivalente em albumina bovina (μg albumina/g de cabelo) das mechas de cabelo afro-étnico tratadas com o creme-base alisante contendo ou não substâncias condicionadoras. Dados da Tabela 12.

Considerando os resultados, apresentados na **Tabela 10** e na **Figura 32**, as preparações que propiciaram as menores perdas de proteína equivalente em albumina bovina, nas mechas de cabelo afro-étnico tratadas com alisante – com e sem substância condicionadora estão descritas a seguir (em ordem crescente de determinação de proteína):

- I. Cabelo sem tratamento
- II. Dow Corning® 9011
- III. Beraoil® V1000
- IV. Dow Corning® 5200
- V. C. Cystine®
- VI. Creme-base alisante sem substância condicionadora

Como o cabelo é constituído principalmente de proteína, uma maneira de estudar a extensão dos danos ao cabelo é quantificar a perda de

proteínas após o alisamento, nas mechas de cabelo padronizadas pelo método de Lowry modificado por Peterson.

Durante o processo de alisamento com tioglicolato ocorre a redução das ligações dissulfídicas e, aproximadamente, 30% delas são quebradas. No processo de neutralização, essas ligações (-SH) são oxidadas, formando novas ligações dissulfídicas. Nem todas são re-arranjadas, e o cabelo torna-se menos íntegro e forte do que antes de sofrer o tratamento químico.

Ocorre perda de material intercelular e o processo de neutralização não consegue corrigir esse dano na estrutura da cutícula (HARRIS, 1979, SYED, 1998).

Avaliamos mechas afro-éticas, sem tratamento químico e tratadas com creme-base alisante, com e sem adição de agentes condicionadores.

Observamos que os resultados obtidos na mecha afro-ética, lavada com LSS, apresentam percentual de perda de proteína. Portanto o simples ato de lavar os cabelos já contribui para a perda protéica.

Nos testes realizados com mechas afro-éticas, tratadas e não tratadas (**Tabela 12** e **Figura 32**) a que obteve menor perda protéica equivalente em albumina foi a que não sofreu tratamento químico.

Analisando as mechas tratadas com agentes condicionadores, verificamos que, naquelas em que foram aplicados ciclopentasiloxano (e) PEG-12 polímero de dimeticone reticulado, o óleo de jojoba, seguida da tratada com lauril PEG/PPG-18 meticona, apresentaram os melhores resultados, ocorrendo pequena diferença na quantificação da perda de proteínas entre elas e a amostra de cabelo sem tratamento.

A mecha afro-ética, tratada com creme-base alisante sem agente condicionador, foi a que apresentou maior perda em proteína. Essa resposta era esperada, uma vez que não havia nessa formulação nenhum agente condicionante para proteger o cabelo.

A mecha, tratada com água (e) hidroxipropil cistina polisiloxano, apresentou perda de proteína acima do valor esperado, considerando que os aminoácidos apresentam a capacidade de penetrar na fibra capilar. Possivelmente, a ação do agente neutralizante não foi eficaz e não ocorreu

fechamento total da cutícula, ocasionando perda de aminoácidos da estrutura do córtex para a água de lavagem.

JOHNSON ET AL. (2003) citam que os silicones amino funcionais são muito utilizados em produtos para o cuidado do cabelo, por sua habilidade de deposição no cabelo carregado negativamente.

Os silicones amino funcionais, apesar dessas propriedades, não foram considerados neste estudo, porque testes realizados por AGUIAR et al (2003) demonstraram que eles são interferentes no método de Lowry.

Os tratamentos químicos causam modificações importantes no cabelo e podem ocasionar alteração nas suas propriedades mecânicas.

O cabelo é uma fibra que possui resistência, porém o do tipo afro-étnico é menos resistente à ruptura que o caucasiano, devido a geometria e menos umidade.

Como as propriedades físicas do cabelo dependem muito da geometria; no caso do cabelo afro-étnico, que se apresenta irregular em vários pontos, a fragilidade fica mais acentuada. (JUEZ & GIMIER, 1983; SYED, 1997).

SYED (1998) relata que, durante o processo de alisamento, os danos não estão limitados a perda de elasticidade e resistência à tração, mas incluem também o intumescimento da fibra. Nesse processo, a fibra intumescce cerca de 50% ou mais e, após o enxágüe com água, ocorre novo intumescimento (20-30%) nos primeiros 15 a 20 segundos. O cabelo desenvolve rachaduras ao longo do fio, o que facilita seu rompimento.

GARCIA & DIAZ (1976) relatam que o cabelo afro-étnico, pela presença de várias ondulações ao longo do fio, é muito mais difícil de pentear que o cabelo caucasiano.

5.2.8. Penteabilidade

Na **Tabela 13** e **Figura 33**, estão descritos os dados obtidos no teste de resistência à penteabilidade, realizados após o tratamento com creme-base alisante, com e sem agentes condicionadores .

Tabela 13. Resistência à penteabilidade de mechas de cabelo afro-ético tratadas com creme-base alisante com e sem agente condicionador.

Produtos testados												
CBA	CBA + DC 9011*		CBA+ DC 5200 *		CBA+ Beraoil* V1000		PROD. A		PROD. B		CBA+ C.CYST.*	
	Ma(kg)	F (N)	kg	F (N)	Ma (kg)	F (N)	kg	F (N)	kg	F (N)	kg	F (N)
0,010	0,098	0,431	0,044	0,431	0,03000	0,29400	0,04600	0,45080	0,00500	0,04900	0,080	0,784
0,005	0,049	0,441	0,045	0,441	0,02700	0,28480	0,03000	0,29400	0,00400	0,03920	0,070	0,686
0,015	0,147	0,392	0,040	0,392	0,02500	0,24500	0,04400	0,43120	0,00600	0,05880	0,085	0,833
0,030	0,294	0,314	0,032	0,314	0,02500	0,24500	0,03000	0,23400	0,00500	0,04900	0,075	0,735
0,020	0,196	0,363	0,037	0,363	0,03500	0,34300	0,02500	0,24500	0,01000	0,09800	0,035	0,343
0,015	0,147	0,392	0,040	0,392	0,03000	0,29400	0,03500	0,34300	0,00400	0,03920	0,040	0,392
0,010	0,098	0,402	0,041	0,402	0,02500	0,24500	0,04500	0,44100	0,01000	0,09800	0,045	0,441
0,025	0,245	0,412	0,042	0,412	0,02500	0,24500	0,05000	0,49000	0,01000	0,09800	0,050	0,490
0,010	0,098	0,245	0,025	0,245	0,02000	0,19600	0,05500	0,53900	0,00500	0,04900	0,080	0,784
0,005	0,049	0,196	0,020	0,196	0,03000	0,29400	0,04000	0,39200	0,00600	0,05880	0,085	0,833
0,010	0,098	0,431	0,044	0,431	0,04000	0,39200	0,03000	0,29400	0,00800	0,07840	0,050	0,490
0,014	0,138	0,365	0,037	0,365	0,02336	0,27796	0,03909	0,38309	0,00684	0,06504	0,063	0,619
0,008	0,078	0,081	0,008	0,081	0,00552	0,05408	0,00971	0,09516	0,00242	0,02371	0,019	0,189

□ = Média

□ = Desvio Padrão

Legenda: Ma= massa; F = Força; N = Newton; kg = kilograma; CBA = creme-base alisante; Beraoil® V1000 = Óleo de Jojoba; DCTM 5200 = Lauril PEG, PPG-18/18 meticona; DCTM 9011 = Cidlopentasiloxano (e) PEG-12 polímero de dimeticones reticulado; C.CY ST = Água (e) hidróxido propil cisá na polissiloxano; Prod. A e B = alisantes comerciais.

SYED ET AL. (1996) concluem que o cabelo afro-étnico apresenta elevada carga estática, quando penteado seco. Essa constatação indica que pode ser muito mais difícil assentar esse tipo de cabelo, porque a estática provoca o eriçamento das fibras. O teor de umidade é inferior ao do cabelo caucasiano, o que pode ser um fator significativo a sua fragilidade relativa.

Nos testes de penteabilidade foram incluídos, em comparação com as formulações manipuladas no laboratório, dois alisantes comerciais à base de tioglicolato de amônio, denominados Produto A (uso doméstico) e Produto B (uso profissional), ambos sem agentes condicionadores inclusos, na rotulagem.

As **Tabela 13** e **Figura 33** apresentam os resultados comentados abaixo:

Os testes, realizados no dinamômetro (INSTRON), indicaram que a mecha afro-étnica mais fácil de ser penteada foi a tratada com o Produto B. Esse resultado era esperado, considerando que essa mecha foi a que apresentou o melhor estiramento visual; sinalizando, portanto, mais facilidade para os pentes passarem pelas ondas remanescentes.

Em seguida, a mecha que apresentou mais facilidade de penteabilidade foi a tratada somente com o creme-base alisante .

Os melhores resultados foram os encontrados nas mechas tratadas com: lauril PEG/PPG-18 meticona e óleo de Jojoba. Na seqüência encontramos as mechas tratadas com Ciclopentasiloxano (e) PEG-12 polímero de dimeticone reticulado e com o Produto A.

Esses resultados indicaram que os agentes condicionadores protegeram a fibra do ataque químico do alisante, porém influenciaram no processo de alisamento, diminuindo a eficácia.

As mechas, tratadas com agentes condicionadores, não estavam visualmente tão estiradas quanto as que não os continham.

O Produto B por ser um alisante de uso profissional pode conter um maior percentual da substância ativa tioglicolato de amônio (11%) que os produtos de uso doméstico (8%), o que pode explicar sua melhor ação sobre os fios. (BRASIL, 1997).

Este trabalho não visava ao estiramento total da fibra, mas à proteção capilar. Os resultados com silicone lauril PEG/PPG 18 – 18 meticone e o óleo de jojoba apresentaram os menores valores de forças de resistência à penteabilidade.

A mecha mais resistente à penteabilidade foi a tratada com água (e) hidroxipropil cistina polisiloxano.

Figura 33 Resistência à penteabilidade em função do agente condicionador usado

A partir dos resultados apresentados nas **Tabela 13** e **Figura 33**, verificamos que:

- A) A mecha tratada com o Produto B, foi a que apresentou melhor penteabilidade.
- B) A segunda mecha com melhor penteabilidade foi a tratada com creme base alisante sem agente condicionador.
- C) Analisando os resultados das mechas com creme alisante base acrescidas de agente condicionante e do Produto A, os

resultados foram os seguintes, iniciando pelo resultado de melhor penteabilidade :

- I. Lauril PEG/PPG-18/18 meticone e o Óleo de Jojoba
- II. Ciclopentasiloxano (e) PEG-12 polímero de dimeticone reticulado
- III. Produto comercial A
- IV. Água (e) hidroxipropil cistina polisiloxano

5.2.9. Tração de ruptura

A seguir na **Figura 34** estão apresentados os resultados da tração á ruptura.

Figura 34. Tração de ruptura das mechas de cabelos afro-étnicos tratadas com creme-base alisante com e sem agentes condicionadores. (ver dados do Anexo – **Tabela 15**)

Legenda: C. base Alisante = creme base alisante; DC9011 = ciclopentasiloxano (eO PEG-12 polímero de dimeticone reticulado; DC 5200= Lauril PEG/PPG-18/18 meticona; C. Cystine= Água (e) hidroxipropil cistina polisiloxano; Beraoil V1000= óleo de jojoba; Prod.A e B = produtos comerciais.

A partir dos dados, apresentados nas **Tabelas 16 a 22** (Anexos) e **Figura 34**, observa-se o resultado da ação dos produtos (comercial e creme-

base alisante com e sem condicionador), relacionados abaixo, seguindo ordem decrescente:

- I. Produto B
- II. Lauril PEG/PPG-18/18 meticona
- III. Óleo de Jojoba
- IV. Produto A
- V. Água (e) hidroxipropil cistina polisiloxano
- VI. Creme base alisante sem agente condicionador
- VII. Ciclopentasiloxano (e) PEG-12 polímero de dimeticone reticulado

Quando se aplica uma carga ao cabelo humano, este apresenta estiramento. Inicialmente, esse alongamento é proporcional à carga aplicada, em seguida o cabelo distende-se muito rapidamente, em cerca de 25 a 30% do comprimento inicial, com pequeno aumento de carga. Se mantida a mesma carga, o alongamento passa a ser proporcional, até ocorrer à ruptura do fio. (WOODRUFF, 2002).

Para este ensaio foi utilizado também o dinamômetro (INSTRON). Neste teste também foram incluídos, em comparação com as formulações manipuladas no laboratório, dois alisantes comerciais à base de tioglicolato de amônio, denominados Produto A (uso doméstico) e Produto B (uso profissional) ambos sem agentes condicionadores incluídos nas fórmulas declaradas nos rótulos. O produto mais resistente à ruptura foi o Produto B.

Estimou-se que, nesse caso, o cabelo tornou-se mais elástico suportando maior tração antes da ruptura.

As demais mechas afro-étnicas, mais resistentes à ruptura, em ordem decrescente, foram: lauril PEG/PPG-18 meticona; óleo de jojoba; Produto A ; água (e) hidroxipropil cistina polisiloxano.; creme-base alisante sem agente condicionador e ciclopentasiloxano (e) PEG-12 polímero de dimeticone reticulado, respectivamente.

Os resultados indicaram que os agentes condicionadores lauril PEG/PPG-18 meticona e o óleo de jojoba auxiliaram a melhorar a resistência à ruptura, quando comparados com o Produto A – alisante de uso doméstico sem agente condicionador.

A mecha tratada com água (e) hidroxipropil cistina polisiloxano, apresentou resultado superior à tratada com creme-base alisante, sem agente condicionador, e à mecha contendo ciclopentasiloxano (e) PEG-12 polímero de dimeticone reticulado.

Os resultados do experimento indicaram que a mecha tratada com ciclopentasiloxano (e) PEG-12 polímero de dimeticone reticulado tornou-se mais rígida, quebrando com mais facilidade.

6. CONCLUSÕES

A ação dos alisantes capilares não pode ser avaliada por um único método. Como existem vários fatores (mecânico, químico e sensorial) que devem ser considerados, recomenda-se utilizar vários métodos analíticos para a avaliação mais apurada.

O método de Lowry modificado por Peterson pode ser utilizado para quantificação da perda de proteína em mechas de cabelo afro-étnico submetidas ao processo de alisamento, sendo validado quanto a: linearidade, limite de detecção e quantificação, exatidão e precisão.

Considerados os ensaios realizados (quantificação da perda de proteína equivalente em albumina, penteabilidade e tração de ruptura), a adição de agentes condicionadores ao creme-base alisante com tioglicolato de amônio pode beneficiar a fibra capilar, proporcionando menos perda de proteínas, proteção ao fio do cabelo e melhoria na resistência á ruptura.

As substâncias condicionadoras, óleo de jojoba e lauril PEG/PPG-18/18 meticona, foram os que proporcionaram os melhores resultados nos quesitos analisados.

A formulação do creme-base alisante com tioglicolato de amônio, contendo água (e) hidroxipropil cistina polisiloxano; e ciclopentasiloxano (e) PEG-12 polímero de dimeticone reticulado, proporcionaram mais rigidez do fio.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

ADRIANT. **Sensory evaluation for hair care products:** etude n.03.32.146. Paris, 2003. 1 CD-ROM.

AGUIAR, S.S.; GOMES, A.L.; RAMOS A.A.; OSAWA, C.C. O uso do método de Lowry para a determinação de danos em cabelos quimicamente tratados e da ação protetora de diferentes silicones. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO E IBÉRICO DE QUÍMICOS COSMETICOS, 16, Cartagena das Índias, 2003. **Anais**. Cartagena das Índias: Asociación Colombiana de Ciencia y Tecnología Cosmética, 2003. CD-ROM.

ALAM, A. A model for formulation of protein assay. **Anal. Biochem.**, New York, v.202, p.121-126, 1992.

ANDREAZZI, J.A.P.; MONTEIRO, V.F.; RANGEL, F. L.C.; ESCUDEIRO, C.C.; LONGO, E. Utilização das técnicas de MEV EDS para caracterização de silicone depositado em fibras capilares. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE COSMETOLOGIA, 15, São Paulo, 2001. **Anais**. São Paulo, 2001. p.15-19.

ASHCAR, R. De bem com os cabelos. **HAPPI (Household Pers. Prod. Ind.)**. ed. Port. São Paulo, Vol. 7, n.2, p.32-38, 2004.

BERACA. **Beraoil V1000**. São Paulo, 2001. 3p. [Folheto].

BERGER, F.; MEGERLE, G. Hair conditioners, lacquers, setting lotions and rinses. In: BALSAM, M.S.; SAGARIN, E., eds. **Cosmetics science and technology**. 2.ed. New York: Interscience, 1972. cap.24, p.345-369.

BERTHIAUME, M. Silicone usage in hair care treatment application: permanent waving. **DCI Mag.**, v.9, p.60-65, 1997.

BERTHIAUME, M.D.; MERRIFFELD, J.; RICCIO, D. Pré-tratamento com silicone em lesões oxidantes dos cabelos. **Cosmet. Toiletries, Ed. Port.**, São Paulo, v.16, n.3, p.106-112, 2004.

BORISH, E. Hair waving. In: JOHNSON, D.H., ed. **Hair and hair care**. New York: Marcel Dekker, 1997. cap.6, p.187-189. (Cosmetic science and technology series, v.17).

BRANDÃO, L.A. **Index ABC**: ingredientes para a indústria de produtos de higiene pessoal. 2.ed. São Paulo: Associação Brasileira de Cosmetologia, 2000. CD-ROM.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Área de Atuação. Cosméticos. Legislação geral por tipo de ato. **Decretos. Decreto nº 79.094, de 05 de janeiro de 1977**. Disponível em: <http://e-legis.bvs.br/leisref/public/showAct.php?id=9331>. Acesso em: 19/09/2004.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Legislação: Buscar: 899. Anvisa - Medicamentos - Glossário de definições legais. **Limite de Detecção (LD). Resolução - RE nº 899, de 29 de maio de 2003**. Disponível em: http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/2003/re/899_03re.htm. Acesso em: 19/09/2004.

BREITENSTEIN, C. Aspectos multi culturais do tratamento de cabelo. **Dragoco Rep. (Ed. Port.)**, São Paulo, v.37, p.3-38, 1990.

BURCZK, F. **The scope of application of silicones in cosmetics**: form 22-1109-01. Midland: Dow Corning, 2001. p.1-5. [Folheto].

CADE, P. **Chemical hair straighteners, waves and treatment products**. Edison: Croda, 1995. p.01-21. [Apostila].

COSMETIC INGREDIENT REVIEW. Expert Panel. Jojoba oil and Jojoba wax. Washington, 1991. p.1-32.

CRODA. **Crodasone cystine**. Campinas, 2002. p.1-2. [Folheto].

DOW CORNING. Cabelos afro-étnicos. In: CONGRESO LATINOAMERICANO E IBÉRICO DE QUÍMICOS COSMETICOS, 16, Cartagena das Índias, 2003. **Anais**. Cartagena das Índias: Asociación Colombiana de Ciencia y Tecnología Cosmética, 2003. [Curso pré-congresso].

DOW CORNING. **Global hair care test methods**. Seneffe, 2000. p.1-10. [Standard Operation Procedure].

DOW CORNING. **Guia de produtos cosméticos**. São Paulo, 2002. p.1-18. [Catálogo].

FEUGHELMAN, M. Morphology and properties of hair. In: JOHNSON, D.H., ed. **Hair and hair care**. New York: Marcel Dekker, 1997. cap.1 e 2, p.1-32. (Cosmetic science and technology series, v.17).

GANT, Jackie. Silicone para o cuidado de cabelos étnicos. **Cosmet. Toiletries, Ed. Port.**, São Paulo, v.8, n.3, p.50-54, 1996.

GARCIA, M.L.; DIAZ, J. Combability measurements on human hair. **J. Soc. Cosmet. Chem.**, New York, v.27, p.379-395, 1976.

GODDARD, E.D.; GRUBER, J.V., eds. **Principles of polymer science and technology in cosmetics and personal care**. New York: Marcel Dekker, 1999. 671p. (Cosmetic Science and Technology Series, v.22).

GRAY, J. **The world of hair**. S.l.: Procter & Gamble Hair Care Research Center, 2003. p.1-98. Disponível em: http://www.pg.com/science/haircare/hair_twh_1.htm. Acesso em: 14 nov. 2003.

HARRIS, R.T. Hair relaxing. **Cosmet. Toiletries**, Carol Stream, v.94, n.4, p.51-56, 1979.

HORNBY, S; WINSEY,N.J.P; BUCKNELL,S.P. **IFSCC Magazine**, Augsburg, vol.5,n.2,p.93-96, 2002.

HOSHOWSKI, M. Conditioning of hair. In: In: JOHNSON, D.H., ed. **Hair and hair care**. New York: Marcel Dekker, 1997. cap.4, p.65-103. (Cosmetic science and technology series, v.17).

HSIUNG, D.Y. Hair straightening. In: JOHNSON, D.H. **The chemistry and manufacture of cosmetics**. Local: Editora, 1993. cap.59, p.1155-1165.

ISHII, M. Objective and instrumental methods for evaluation of hair care product efficacy and substantiation claims. In: JOHNSON, D.H., ed. **Hair and hair care**. New York: Marcel Dekker, 1997. cap.10, p.261-295. (Cosmetic science and technology series, v.17).

JOHNSON, B.; LIN, F.; OSTERGAARD, T.; LEAYM, T.; DECAIRE, J.; QUACKENBUSH, K. New silicone technologies for ethnic hair. **HAPPI (Household Pers. Prod. Ind.)**, Ramsey, n.4, p.20-24, 2003.

JONES, R.T.; CHAHAL, S.P. **Proteins with cross-linking ability**. Cowick Hall: Croda, 198-. [Apostila].

JUEZ, J.L.; GIMIER, L. **Ciencia cosmética**. 2.ed. Madrid: Soc. Espanhola de Quim. Cosmet., 1983. p.98-119.

KAMATH, Y.K.; HORNBY, S.B.; WEIGMANN, H.-D. Mechanical and fractographic behavior of negroid hair. **J. Soc. Cosmet. Chem.**, New York, v.35, p.21-43, 1984.

KAPLIN, I.J.; SCHWAN, A.; ZAHN, H. Effects of cosmetic treatments on the ultrastructure of hair. **Cosmet. Toiletries**, Carol Stream, v.97, n.8, p.22-25, 1982.

KOLAR, G.; MILLER, A. Hair straighteners. In: BALSAM, M.S.; SAGARIN, E., eds. **Cosmetics science and technology**. 2.ed. New York: Interscience, 1972. cap.22, p.150-277.

L'OREAL. Hair science. Disponivel em: <http://www.loreal.com/loreal-hair-scienceUSportraitchemie.asp>. Acesso em: 03 dez. 2002.

LEHNINGER, A.L.; NELSON, D.L.; COX, M.M. Amino acids and peptides. In: _____. **Lehninger principles of biochemistry**. 2.ed. New York : Worth Publishers, 1993. p.111-130.

LEHNINGER, A.L.; NELSON, D.L.; COX, M.M. Amino acids and peptides. In: _____. **Lehninger principles of biochemistry**. 2.ed. New York : Worth Publishers, 1993 glossário p.783 e 793

- LIPO. Tecnologia de alisadores. In: CONGRESO LATINOAMERICANO E IBÉRICO DE QUÍMICOS COSMETICOS, 16, Cartagena das Índias, 2003. **Anais**. Cartagena das Índias: Asociación Colombiana de Ciencia y Tecnología Cosmética, 2003. p.1-20. [Curso pré-congresso].
- LOWRY, O.H.; ROSEBROUGH, N.J.; FARR, A.L.; RANDALL, R.J. Protein measurement with the folin phenol reagent. **J. Biol. Chem.**, Birmingham, v.193, p.265-275, 1951.
- LUCARINI, A.C.; KILIKIAN, B.V. Comparative study of Lowry and Bradford methods: interfering substances. **Biotechnol. Tech.**, Kew, v.13, n.2, p.149-154, 1999.
- MARCHIORETTO, S. **Optimising the use of silicones in hair care products**: form. 22-1720-01, p.1-15. Seneffe: Dow Corning, 1998. [Folheto].
- MOSS, B. **Fundamentals of hair science**. Midland: Dow Corning, 2002. 1 CD-ROM.
- NAKANO, A.K. Metodologia para avaliação de produtos capilares. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE COSMETOLOGIA, 15, São Paulo, 2001. **Anais**. São Paulo, 2001p.15-19.
- OBUKOWHO, P.; BIRMAN, M. Alisantes para cabelos- avaliação da função, da química e da produção. **Cosmet. Toiletries, Ed. Port.**, São Paulo, v.8, n.3, p.44-49, 1996.
- OLIVEIRA, V. Modificadores estruturais do cabelo, **Cosmet. Toiletries, Ed. Port.**, São Paulo, v.12, n.2, p.59-62, 2000.

OSWALD, L.; DE SOUZA Jr., M.G. Measurements of hair protein loss. In: CONGRESO LATINOAMERICANO E IBÉRICO DE QUÍMICOS COSMÉTICOS, 16, I.F.S.C.C. INTERNATIONAL CONFERENCE, 14, Santiago de Chile, 1999. **Trabajos científicos y posters**. Santiago de Chile, 1999. p.181.

PAULA, C.M.S.S. **Alterações na ultra-estrutura do cabelo induzidas por cuidados diários e seus efeitos nas propriedades de cor**. Campinas, 2001. 119p. Tese de Doutorado - Instituto de Química - Universidade Estadual de Campinas.

PETERSON. G.L.A Simplification of the protein assay method of lowry ET AL. which is more generally applicable. **Anal. Biochem.**, New York, v.83, p.346-356, 1977.

POSTIAUX, S. **Wet combing evaluation sensory evaluation of dry hair by triangular test**. Woluwé: Dow Corning, 2000. p.1-12. [Standard Operating Procedure].

PRISTA, L.N.; BAHIA, M.F.G.; VILAR, E. **Dermofarmácia e cosmética**. Porto: Associação Nacional das Farmácias, 1992. v.1, p.15-136.

REIMER, B.; OLDINSKI, R.; GLOVER, D. An objective method for evaluating hair shine. **Soap, Cosmet., Chem. Spec.**, Melville, v.10, p.25-32, 1995.

RIBEIRO, A.M.; KHURY, E.; GOTTARDI, D. Validação de testes de estabilidade para produtos cosméticos. In: CONGRESSO NACIONAL DE COSMETOLOGIA, 10, São Paulo, 1996. **Anais**. São Paulo: Associação Brasileira de Cosmetologia, 1996. p.349-375.

ROBBINS, C.R. **Chemical and physical behavior of human hair**. 3.ed. New York: Springer, 1994. 391p.

- ROBBINS, C.R.; CRAWFORD, R.J. Cuticle damage and the tensile properties of human hair. **J. Soc. Cosmet. Chem.**, New York, v.42, n.1, p.59-67, 1991.
- ROCAFORT, C. Tendências e formulações para cabelos étnicos. **Cosméticos on line**, São Paulo, p.45-49, 1997.
- ROPKE, C.D. Cosméticos étnicos. **Rev. Racine**, São Paulo, v.9, n.48, p.19-23, 1999.
- RUETCH, S.B.; WEIGMANN, H.-D. Mechanism of tensile stress release in the keratin fiber cuticle: I. **J Soc. Cosmet. Chem.**, New York, v.47, p.13-26, 1996.
- SÁ DIAS, T. C.; GOMES, A.L.; ARRUDA, R; DONOLATO, C.; TACCHINARDI, F. A química dos silicones. **Cosmet. Toiletries, Ed. Port.**, São Paulo, v.16, n.2, p.52-56, 2004.
- SCHUELLER, R.; ROMANOWSKI, P. Evaluating shine on hair. **Cosmet. Toiletries**, Carol Stream, v.116, n.12, p.47-52, 2001.
- SCHUELLER, R.; ROMANOWSKI, P. The science of reactive hair-care products. **Cosmet. Toiletries**, Carol Stream, v.113, n.5, p.39-44, 1998.
- SIMS, J. Jojoba oil. In: GALE encyclopedia of alternative medicine. Detroit, London: Gale, 2001.
- SMART, M.; ANDERSON, E.; YONEYMA, M. Silicones. In: _____. **Chemical economics handbook**. Menlo Park: Stanford Research Institute, 2000. p.16-21.

- SMITH, J.R. Use of atomic force microscopy for high-resolution non-invasive structural studies of human hair. **J. Soc. Cosmet. Chem.**, New York, v.48, n.4, p.199-208, 1997.
- STARCH, M.S. Screening Silicones for hair luster. **Cosmet. Toiletries**, Carol Stream, v.114, n.11, p.55-60, 1999.
- SWIFT, J.A. **Fundamentals of human hair science**. Wewymouth: Micelle Press, 1997. p.6-7, 50-63. (Cosmetic Science Monographs, n.1).
- SWIFT, J.A. Human hair cuticle: biologically conspired to the owner's advantage. **Int. J. Cosmet. Sci.**, Oxford, v.50, p.23-47, 1999.
- SYED, A.N. Ethnic hair care products. In: JOHNSON, D.H., ed. **Hair and hair care**. New York: Marcel Dekker, 1997. cap.9, p.235-259. (Cosmetic science and technology series, v.17).
- SYED, A.N.; AYOUB, H.; KUHAJDA, A. Recent advances in treating excessively curly hair. **Cosmet. Toiletries**, Carol Stream, v.113, n.9, p.47-56, 1998.
- SYED, A.N.; AYOUB, H.; KUHAJDA, A.; AHMAD, K. African-american hair. **Cosmet. Toiletries**, Carol Stream, v.110, p.39-48, 1995.
- SYED, A.N.; Ethnic hair care products. **Cosmet. Toiletries**, Carol Stream, n.9, v.108, p.99-107, 1993.
- SYED, A.N.; KUHAJDA, A.; AYOUB, H.; AHMAD, K.; FRANK, E.M. Cabelo afro-americano vs. caucasiano: propriedades físicas. **Cosmet. Toiletries, Ed. Port.**, São Paulo, v.8, p.55-59, 1996.

SYED, A.N.; NAQVI, A.R.M.D. Comparing the irritation potential of lye and no-lye relaxers. **Cosmet. Toiletries**, Carol Stream, v.115, n.2, p.47-52, 2000.

TATE, J.M.; KAMATH, Y.K.; RUETSCH, B.; WEIGMANN, H.-D. Quantification and prevention of hair damage. **J. Soc. Cosmet. Chem.**, New York, v.44, n.6, p.347-371, 1993.

TREMPER, G. **The history and promise of jojoba**. San Luis: Obispo, 1996. p.1-9. [Folheto].

TUCCI, A.M. Cabelo relações entre estrutura e propriedades cosméticas. **Cosmet. On Line**, São Paulo, p.39-44, 1998.

VAN REETH, I.; CAPRASSE, V.; POSTIAUX, S.; STARCH, M.; DECAIRE, J. **Hair shine**: correlating instrumental and visual methods for measuring the effects of silicones: form 22-1811-01. Seneffe: Dow Corning, 2000. p.1-7. [Folheto].

VELASCO DE PAOLA, M.V.R.; RIBEIRO, M.E.; BEDIN, V.; BONZANINI, V. Cabelos étnicos. **Cosmet. Toiletries, Ed. Port.**, São Paulo, v.11, n.3, p.36-44, 1999.

UNITED States Pharmacopeia, Rockville: **United States Pharmacopeial Convention**. 24.ed. p. 2149 – 2151, 2000.

WILKINSON, J.B.; MOORE, R.J. **Cosmetologia de Harry**. Madrid: Diaz de Santos, 1990. 1039p.

WISNIAK, J. **The chemistry and technology of jojoba oil**. Champaign: American Oil Chemists´Society, 1987. p.1-2, 42-43.

WONG, M.; WIS-SUREL, G.; EPPS, J. Mechanism of hair straightening.

J. Soc. Cosmet. Chem., New York, v.45, n.6, p.347-352, 1994.

WOODRUFF, J. Aumento da resistência mecânica dos cabelos. **Cosmet.**

Toiletries, Ed. Port., São Paulo, v.14, n.5, p.62-64, 2002.

YAHAGI, K. Silicone as conditioner agents in shampoos. **J. Soc.**

Cosmet. Chem., New York, v.43, n.5, p.275-284, 1992.

ANEXOS

Tabela 14. Componentes e composição (% p/p) das fórmulas-teste de creme-base alisante.

Componentes		Proporção % p/p			
		I	II	III	IV
Fase A	Cera autoemulsionante não iônica	8,0	9,0	6,5	6,0
	Olet-3	1,5	1,8	1,3	1,3
	Óleo Mineral	2,0	2,0	2,0	2,0
Fase B	Água destilada	65,2	64,0	66,9	67,4
	Propilenoglicol	2,0	2,0	2,0	2,0
	Composto de fenoxietanol e parabenos	0,3	0,3	0,3	0,3
Fase C	Tioglicolato de amônio	18,0	18,0	18,0	18,0
Fase D	Solução de hidróxido de amônio – 25%	3,0	3,0	3,0	3,0

A formula I foi a escolhida após análise visual.

Tabela 15 Tração de ruptura em mechas de cabelo tratadas com creme-base alisante

ma(kg)	F (N)	D (mm)	r(mm)	(r) ²	a(mm)	T (N/mm ²)
0,130	1,274	6,00E-05	3,00E-05	9,00E-10	2,83E-09	4,51E+08
0,070	0,686	6,00E-05	3,00E-05	9,00E-10	2,83E-09	2,43E+08
0,090	0,882	7,00E-05	3,50E-05	1,23E-09	3,85E-09	2,29E+08
0,085	0,833	7,00E-05	3,50E-05	1,23E-09	3,85E-09	2,17E+08
0,100	0,980	8,00E-05	4,00E-05	1,60E-09	5,02E-09	1,95E+08
0,095	0,931	8,00E-05	4,00E-05	1,60E-09	5,02E-09	1,85E+08
0,110	1,078	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,70E+08
0,085	0,833	8,00E-05	4,00E-05	1,60E-09	5,02E-09	1,66E+08
0,085	0,833	8,00E-05	4,00E-05	1,60E-09	5,02E-09	1,66E+08
0,105	1,029	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,62E+08
0,095	0,931	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,46E+08
0,095	0,931	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,46E+08
0,095	0,931	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,46E+08
0,095	0,931	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,46E+08
0,075	0,735	8,00E-05	4,00E-05	1,60E-09	5,02E-09	1,46E+08
0,075	0,735	8,00E-05	4,00E-05	1,60E-09	5,02E-09	1,46E+08
0,075	0,735	8,00E-05	4,00E-05	1,60E-09	5,02E-09	1,46E+08
0,090	0,882	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,39E+08
0,090	0,882	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,39E+08
0,090	0,882	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,39E+08
0,130	1,274	1,10E-04	5,50E-05	3,03E-09	9,50E-09	1,34E+08
0,130	1,274	1,10E-04	5,50E-05	3,03E-09	9,50E-09	1,34E+08
0,085	0,833	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,31E+08
0,085	0,833	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,31E+08
0,050	0,490	7,00E-05	3,50E-05	1,23E-09	3,85E-09	1,27E+08
0,095	0,931	1,00E-04	5,00E-05	2,50E-09	7,85E-09	1,19E+08
0,075	0,735	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,16E+08
0,110	1,078	1,10E-04	5,50E-05	3,03E-09	9,50E-09	1,13E+08
0,110	1,078	1,10E-04	5,50E-05	3,03E-09	9,50E-09	1,13E+08
0,090	0,882	1,00E-04	5,00E-05	2,50E-09	7,85E-09	1,12E+08
0,070	0,686	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,08E+08
0,070	0,686	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,08E+08
0,070	0,686	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,08E+08
0,100	0,980	1,10E-04	5,50E-05	3,03E-09	9,50E-09	1,03E+08
0,100	0,980	1,10E-04	5,50E-05	3,03E-09	9,50E-09	1,03E+08
0,091	0,896	8,857E-05	4,429E-05	2,006E-09	6,298E-09	1,451E+08
0,018	1,749E-01	1,353E-05	6,77E-06	5,979E-10	1,88E-09	3,52E+07

Legenda

F= Força ; D= diâmetro; r = raio; a = área; T = Tração; ma= Massa;

E = exponencial. potência de base 10; DC 5200®=Lauril PEG/PPG-18/18 meticona;

DC 9011®= Ciclopentasiloxano (e) PEG-12 polímero de dimeticona reticulado;

Beraoil V1000®= óleo de jojoba; C. cystine®= Água (e) hidroxipropil cistina polisiloxano

Prod. A e B = Alisantes comerciais

Tabela 16 Tração de ruptura em mechas de cabelo tratadas com creme-base alisante + DC 9011®

ma(kg)	F (N)	D (mm)	r(mm)	(r) ²	a(mm)	T (N/mm ²)
0,054	0,524	5,00E-05	2,50E-05	6,25E-10	1,96E-09	2,67E+08
0,085	0,833	7,00E-05	3,50E-05	1,23E-09	3,85E-09	2,17E+08
0,075	0,735	7,00E-05	3,50E-05	1,23E-09	3,85E-09	1,91E+08
0,070	0,686	7,00E-05	3,50E-05	1,23E-09	3,85E-09	1,78E+08
0,090	0,882	8,00E-05	4,00E-05	1,60E-09	5,02E-09	1,76E+08
0,085	0,833	8,00E-05	4,00E-05	1,60E-09	5,02E-09	1,66E+08
0,085	0,833	8,00E-05	4,00E-05	1,60E-09	5,02E-09	1,66E+08
0,065	0,637	7,00E-05	3,50E-05	1,23E-09	3,85E-09	1,66E+08
0,065	0,637	7,00E-05	3,50E-05	1,23E-09	3,85E-09	1,66E+08
0,130	1,274	1,00E-04	5,00E-05	2,50E-09	7,85E-09	1,62E+08
0,080	0,784	8,00E-05	4,00E-05	1,60E-09	5,02E-09	1,56E+08
0,060	0,588	7,00E-05	3,50E-05	1,23E-09	3,85E-09	1,53E+08
0,120	1,176	1,00E-04	5,00E-05	2,50E-09	7,85E-09	1,50E+08
0,120	1,176	1,00E-04	5,00E-05	2,50E-09	7,85E-09	1,50E+08
0,075	0,735	8,00E-05	4,00E-05	1,60E-09	5,02E-09	1,46E+08
0,075	0,735	8,00E-05	4,00E-05	1,60E-09	5,02E-09	1,46E+08
0,090	0,882	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,39E+08
0,090	0,882	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,39E+08
0,130	1,274	1,10E-04	5,50E-05	3,03E-09	9,50E-09	1,34E+08
0,130	1,274	1,10E-04	5,50E-05	3,03E-09	9,50E-09	1,34E+08
0,085	0,833	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,31E+08
0,100	0,980	1,00E-04	5,00E-05	2,50E-09	7,85E-09	1,25E+08
0,064	0,627	8,00E-05	4,00E-05	1,60E-09	5,02E-09	1,25E+08
0,075	0,735	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,16E+08
0,075	0,735	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,16E+08
0,075	0,735	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,16E+08
0,110	1,078	1,10E-04	5,50E-05	3,03E-09	9,50E-09	1,13E+08
0,110	1,078	1,10E-04	5,50E-05	3,03E-09	9,50E-09	1,13E+08
0,090	0,882	1,00E-04	5,00E-05	2,50E-09	7,85E-09	1,12E+08
0,070	0,686	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,08E+08
0,070	0,686	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,08E+08
0,068	0,666	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,05E+08
0,120	1,176	1,20E-04	6,00E-05	3,60E-09	1,13E-08	1,04E+08
0,050	0,490	8,00E-05	4,00E-05	1,60E-09	5,02E-09	9,75E+07
0,050	0,490	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	7,71E+07
0,085	0,836	8,771429E-05	4,385714E-05	1,977857E-09	6,210471E-09	1,4190E+08
0,023	0,227	1,50E-05	7,48E-06	6,59E-10	2,07E-09	3,68E+07

Legenda

F= Força ; D= diâmetro; r = raio; a = área; T = Tração; ma= Massa;

E = exponencial. potência de base 10; DC 5200®=Lauril PEG/PPG-18/18 meticona;

DC 9011®= Ciclopentasiloxano (e) PEG-12 polímero de dimeticone reticulado;

Beraoil V1000®= óleo de jojoba; C. cystine®= Água (e) hidroxipropil cistina polisiloxano

Prod. A e B = Alisantes comerciais

Tabela 17 Tração de ruptura em mechas de cabelo tratadas com creme-base alisante+ DC 5200®

ma(kg)	F (N)	D (mm)	r(mm)	(r) ²	a(mm)	T (N/mm ²)
0,105	1,029	6,00E-05	3,00E-05	9,00E-10	2,83E-09	3,64E+08
0,115	1,127	6,50E-05	3,25E-05	1,06E-09	3,32E-09	3,40E+08
0,065	0,637	5,00E-05	2,50E-05	6,25E-10	1,96E-09	3,25E+08
0,085	0,833	6,00E-05	3,00E-05	9,00E-10	2,83E-09	2,95E+08
0,100	0,980	7,00E-05	3,50E-05	1,23E-09	3,85E-09	2,55E+08
0,095	0,931	7,00E-05	3,50E-05	1,23E-09	3,85E-09	2,42E+08
0,110	1,078	8,00E-05	4,00E-05	1,60E-09	5,02E-09	2,15E+08
0,110	1,078	8,00E-05	4,00E-05	1,60E-09	5,02E-09	2,15E+08
0,110	1,078	8,00E-05	4,00E-05	1,60E-09	5,02E-09	2,15E+08
0,095	0,931	7,50E-05	3,75E-05	1,41E-09	4,42E-09	2,11E+08
0,125	1,225	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,93E+08
0,075	0,735	7,00E-05	3,50E-05	1,23E-09	3,85E-09	1,91E+08
0,095	0,931	8,00E-05	4,00E-05	1,60E-09	5,02E-09	1,85E+08
0,090	0,882	8,00E-05	4,00E-05	1,60E-09	5,02E-09	1,76E+08
0,090	0,882	8,00E-05	4,00E-05	1,60E-09	5,02E-09	1,76E+08
0,050	0,490	6,00E-05	3,00E-05	9,00E-10	2,83E-09	1,73E+08
0,050	0,490	6,00E-05	3,00E-05	9,00E-10	2,83E-09	1,73E+08
0,085	0,833	8,00E-05	4,00E-05	1,60E-09	5,02E-09	1,66E+08
0,065	0,637	7,00E-05	3,50E-05	1,23E-09	3,85E-09	1,66E+08
0,080	0,784	8,00E-05	4,00E-05	1,60E-09	5,02E-09	1,56E+08
0,095	0,931	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,46E+08
0,075	0,735	8,00E-05	4,00E-05	1,60E-09	5,02E-09	1,46E+08
0,090	0,882	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,39E+08
0,070	0,686	8,00E-05	4,00E-05	1,60E-09	5,02E-09	1,37E+08
0,130	1,274	1,10E-04	5,50E-05	3,03E-09	9,50E-09	1,34E+08
0,085	0,833	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,31E+08
0,085	0,833	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,31E+08
0,085	0,833	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,31E+08
0,085	0,833	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,31E+08
0,120	1,176	1,10E-04	5,50E-05	3,03E-09	9,50E-09	1,24E+08
0,080	0,784	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,23E+08
0,080	0,784	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,23E+08
0,115	1,127	1,10E-04	5,50E-05	3,03E-09	9,50E-09	1,19E+08
0,075	0,735	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,16E+08
0,070	0,686	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,08E+08
0,090	0,878	8,085714E-05	4,043E-05	1,684E-09	5,287536E-09	1,819E+08
0,020	0,191	1,43E-05	7,14E-06	5,85E-10	1,84E-09	6,62E+07

Legenda

F= Força ; D= diâmetro; r = raio; a = área; T = Tração; ma= Massa;

E = exponencial. potência de base 10; DC 5200®=Lauril PEG/PPG-18/18 meticona;

DC 9011®= Ciclopentasiloxano (e) PEG-12 polímero de dimeticone reticulado;

Beraoil V1000®= óleo de jojoba; C. cystine®= Água (e) hidroxipropil cistina polisiloxano

Prod. A e B = Alisantes comerciais

Tabela 18 Tração de ruptura em mechas de cabelo tratadas com creme-base alisante + Beraoil® V1000

ma(kg)	F (N)	D (mm)	r(mm)	(r) ²	a(mm)	T (N/mm ²)
0,060	0,588	5,00E-05	2,50E-05	6,25E-10	1,96E-09	3,00E+08
0,135	1,323	8,00E-05	4,00E-05	1,60E-09	5,02E-09	2,63E+08
0,095	0,931	7,00E-05	3,50E-05	1,23E-09	3,85E-09	2,42E+08
0,120	1,176	8,00E-05	4,00E-05	1,60E-09	5,02E-09	2,34E+08
0,090	0,882	7,00E-05	3,50E-05	1,23E-09	3,85E-09	2,29E+08
0,085	0,833	7,00E-05	3,50E-05	1,23E-09	3,85E-09	2,17E+08
0,080	0,784	7,00E-05	3,50E-05	1,23E-09	3,85E-09	2,04E+08
0,130	1,274	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	2,00E+08
0,130	1,274	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	2,00E+08
0,100	0,980	8,00E-05	4,00E-05	1,60E-09	5,02E-09	1,95E+08
0,095	0,931	8,00E-05	4,00E-05	1,60E-09	5,02E-09	1,85E+08
0,120	1,176	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,85E+08
0,120	1,176	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,85E+08
0,115	1,127	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,77E+08
0,090	0,882	8,00E-05	4,00E-05	1,60E-09	5,02E-09	1,76E+08
0,090	0,882	8,00E-05	4,00E-05	1,60E-09	5,02E-09	1,76E+08
0,085	0,833	8,00E-05	4,00E-05	1,60E-09	5,02E-09	1,66E+08
0,085	0,833	8,00E-05	4,00E-05	1,60E-09	5,02E-09	1,66E+08
0,085	0,833	8,00E-05	4,00E-05	1,60E-09	5,02E-09	1,66E+08
0,125	1,225	1,00E-04	5,00E-05	2,50E-09	7,85E-09	1,56E+08
0,100	0,980	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,54E+08
0,120	1,176	1,00E-04	5,00E-05	2,50E-09	7,85E-09	1,50E+08
0,095	0,931	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,46E+08
0,095	0,931	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,46E+08
0,095	0,931	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,46E+08
0,075	0,735	8,00E-05	4,00E-05	1,60E-09	5,02E-09	1,46E+08
0,090	0,882	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,39E+08
0,085	0,833	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,31E+08
0,085	0,833	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,31E+08
0,085	0,833	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,31E+08
0,120	1,176	1,10E-04	5,50E-05	3,03E-09	9,50E-09	1,24E+08
0,120	1,176	1,10E-04	5,50E-05	3,03E-09	9,50E-09	1,24E+08
0,080	0,784	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,23E+08
0,095	0,931	1,00E-04	5,00E-05	2,50E-09	7,85E-09	1,19E+08
0,060	0,588	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	9,25E+07
0,098	0,962	8,571E-05	4,286E-05	1,870E-09	5,872E-09	1,721E+08
0,019	0,191	1,17E-05	5,85E-06	4,90E-10	1,54E-09	4,49E+07

Legenda

F= Força ; D= diâmetro; r = raio; a = área; T = Tração; ma= Massa;

E = exponencial. potência de base 10; DC 5200®=Lauril PEG/PPG-18/18 meticona;

DC 9011®= Ciclopentasiloxano (e) PEG-12 polímero de dimeticone reticulado;

Beraoil V1000®= óleo de jojoba; C. cystine®= Água (e) hidroxipropil cistina polisiloxano

Prod. A e B = Alisantes comerciais

Tabela 19 Tração de ruptura em mechas de cabelo tratadas com creme-base alisante + C Cystine®

ma(kg)	F (N)	D (mm)	r(mm)	(r) ²	a(mm)	T (N/mm ²)
0,180	1,764	8,00E-05	4,00E-05	1,60E-09	5,02E-09	3,51E+08
0,050	0,490	5,00E-05	2,50E-05	6,25E-10	1,96E-09	2,50E+08
0,070	0,686	6,00E-05	3,00E-05	9,00E-10	2,83E-09	2,43E+08
0,150	1,470	1,00E-04	5,00E-05	2,50E-09	7,85E-09	1,87E+08
0,095	0,931	8,00E-05	4,00E-05	1,60E-09	5,02E-09	1,85E+08
0,140	1,372	1,00E-04	5,00E-05	2,50E-09	7,85E-09	1,75E+08
0,110	1,078	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,70E+08
0,085	0,833	8,00E-05	4,00E-05	1,60E-09	5,02E-09	1,66E+08
0,085	0,833	8,00E-05	4,00E-05	1,60E-09	5,02E-09	1,66E+08
0,085	0,833	8,00E-05	4,00E-05	1,60E-09	5,02E-09	1,66E+08
0,100	0,980	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,54E+08
0,100	0,980	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,54E+08
0,095	0,931	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,46E+08
0,095	0,931	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,46E+08
0,095	0,931	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,46E+08
0,095	0,931	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,46E+08
0,075	0,735	8,00E-05	4,00E-05	1,60E-09	5,02E-09	1,46E+08
0,075	0,735	8,00E-05	4,00E-05	1,60E-09	5,02E-09	1,46E+08
0,090	0,882	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,39E+08
0,090	0,882	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,39E+08
0,090	0,882	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,39E+08
0,090	0,882	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,39E+08
0,090	0,882	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,39E+08
0,085	0,833	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,31E+08
0,085	0,833	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,31E+08
0,050	0,490	7,00E-05	3,50E-05	1,23E-09	3,85E-09	1,27E+08
0,120	1,176	1,10E-04	5,50E-05	3,03E-09	9,50E-09	1,24E+08
0,080	0,784	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,23E+08
0,080	0,784	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,23E+08
0,140	1,372	1,20E-04	6,00E-05	3,60E-09	1,13E-08	1,21E+08
0,090	0,882	1,00E-04	5,00E-05	2,50E-09	7,85E-09	1,12E+08
0,090	0,882	1,00E-04	5,00E-05	2,50E-09	7,85E-09	1,12E+08
0,090	0,882	1,00E-04	5,00E-05	2,50E-09	7,85E-09	1,12E+08
0,070	0,686	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,08E+08
0,085	0,833	1,00E-04	5,00E-05	2,50E-09	7,85E-09	1,06E+08
0,094	9,226E-01	8,857E-05	4,429E-05	2,000E-09	6,280E-09	1,534E+08
0,026	2,522E-01	1,26E-05	6,32E-06	5,41E-10	1,70E-09	4,72E+07

Legenda

F= Força ; D= diâmetro; r = raio; a = área; T = Tração; ma= Massa;

E = exponencial. potência de base 10; DC 5200®=Lauril PEG/PPG-18/18 meticona;

DC 9011®= Ciclopentasiloxano (e) PEG-12 polímero de dimeticona reticulado;

Beraoil V1000®= óleo de jojoba; C. cystine®= Água (e) hidroxipropil cistina polisiloxano

Prod. A e B = Alisantes comerciais

Tabela 20 Tração de ruptura em mechas de cabelo tratadas com produto A

ma(kg)	F (N)	D (mm)	r(mm)	(r) ²	a(mm)	T (N/mm ²)
0,050	0,490	5,00E-05	2,50E-05	6,25E-10	1,96E-09	2,50E+08
0,050	0,490	5,00E-05	2,50E-05	6,25E-10	1,96E-09	2,50E+08
0,050	0,490	5,00E-05	2,50E-05	6,25E-10	1,96E-09	2,50E+08
0,085	0,833	7,00E-05	3,50E-05	1,23E-09	3,85E-09	2,17E+08
0,060	0,588	6,00E-05	3,00E-05	9,00E-10	2,83E-09	2,08E+08
0,080	0,784	7,00E-05	3,50E-05	1,23E-09	3,85E-09	2,04E+08
0,130	1,274	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	2,00E+08
0,100	0,980	8,00E-05	4,00E-05	1,60E-09	5,02E-09	1,95E+08
0,075	0,735	7,00E-05	3,50E-05	1,23E-09	3,85E-09	1,91E+08
0,055	0,539	6,00E-05	3,00E-05	9,00E-10	2,83E-09	1,91E+08
0,095	0,931	8,00E-05	4,00E-05	1,60E-09	5,02E-09	1,85E+08
0,070	0,686	7,00E-05	3,50E-05	1,23E-09	3,85E-09	1,78E+08
0,070	0,686	7,00E-05	3,50E-05	1,23E-09	3,85E-09	1,78E+08
0,050	0,490	6,00E-05	3,00E-05	9,00E-10	2,83E-09	1,73E+08
0,050	0,490	6,00E-05	3,00E-05	9,00E-10	2,83E-09	1,73E+08
0,050	0,490	6,00E-05	3,00E-05	9,00E-10	2,83E-09	1,73E+08
0,080	0,784	8,00E-05	4,00E-05	1,60E-09	5,02E-09	1,56E+08
0,100	0,980	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,54E+08
0,060	0,588	7,00E-05	3,50E-05	1,23E-09	3,85E-09	1,53E+08
0,095	0,931	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,46E+08
0,075	0,735	8,00E-05	4,00E-05	1,60E-09	5,02E-09	1,46E+08
0,075	0,735	8,00E-05	4,00E-05	1,60E-09	5,02E-09	1,46E+08
0,075	0,735	8,00E-05	4,00E-05	1,60E-09	5,02E-09	1,46E+08
0,090	0,882	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,39E+08
0,070	0,686	8,00E-05	4,00E-05	1,60E-09	5,02E-09	1,37E+08
0,085	0,833	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,31E+08
0,085	0,833	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,31E+08
0,085	0,833	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,31E+08
0,100	0,980	1,00E-04	5,00E-05	2,50E-09	7,85E-09	1,25E+08
0,080	0,784	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,23E+08
0,095	0,931	1,00E-04	5,00E-05	2,50E-09	7,85E-09	1,19E+08
0,075	0,735	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,16E+08
0,070	0,686	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,08E+08
0,060	0,588	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	9,25E+07
0,060	0,588	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	9,25E+07
0,075	0,738	7,743E-05	3,871E-05	1,549E-09	4,865E-09	1,631E+08
0,019	0,184	1,44E-05	7,21E-06	5,38E-10	1,69E-09	4,21E+07

Legenda

F= Força ; D= diâmetro; r = raio; a = área; T = Tração; ma= Massa;

E = exponencial. potência de base 10; DC 5200®=Lauril PEG/PPG-18/18 meticona;

DC 9011®= Ciclopentasiloxano (e) PEG-12 polímero de dimeticona reticulado;

Beraoil V1000®= óleo de jojoba; C. cystine®= Água (e) hidroxipropil cistina polisiloxano

Prod. A e B = Alisantes comerciais

Tabela 21 Tração de ruptura em mechas de cabelo tratadas com produto B

ma(kg)	F (N)	D (mm)	r(mm)	(r)²	a(mm)	T (N/mm²)
0,075	0,735	9,00E-06	4,50E-06	2,03E-11	6,36E-11	1,16E+10
0,130	1,274	7,00E-05	3,50E-05	1,23E-09	3,85E-09	3,31E+08
0,130	1,274	7,00E-05	3,50E-05	1,23E-09	3,85E-09	3,31E+08
0,120	1,176	7,00E-05	3,50E-05	1,23E-09	3,85E-09	3,06E+08
0,115	1,127	7,00E-05	3,50E-05	1,23E-09	3,85E-09	2,93E+08
0,110	1,078	7,00E-05	3,50E-05	1,23E-09	3,85E-09	2,80E+08
0,135	1,323	8,00E-05	4,00E-05	1,60E-09	5,02E-09	2,63E+08
0,075	0,735	6,00E-05	3,00E-05	9,00E-10	2,83E-09	2,60E+08
0,075	0,735	6,00E-05	3,00E-05	9,00E-10	2,83E-09	2,60E+08
0,100	0,980	7,00E-05	3,50E-05	1,23E-09	3,85E-09	2,55E+08
0,070	0,686	6,00E-05	3,00E-05	9,00E-10	2,83E-09	2,43E+08
0,085	0,833	7,00E-05	3,50E-05	1,23E-09	3,85E-09	2,17E+08
0,085	0,833	7,00E-05	3,50E-05	1,23E-09	3,85E-09	2,17E+08
0,100	0,980	8,00E-05	4,00E-05	1,60E-09	5,02E-09	1,95E+08
0,100	0,980	8,00E-05	4,00E-05	1,60E-09	5,02E-09	1,95E+08
0,095	0,931	8,00E-05	4,00E-05	1,60E-09	5,02E-09	1,85E+08
0,120	1,176	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,85E+08
0,085	0,833	8,00E-05	4,00E-05	1,60E-09	5,02E-09	1,66E+08
0,085	0,833	8,00E-05	4,00E-05	1,60E-09	5,02E-09	1,66E+08
0,085	0,833	8,00E-05	4,00E-05	1,60E-09	5,02E-09	1,66E+08
0,080	0,784	8,00E-05	4,00E-05	1,60E-09	5,02E-09	1,56E+08
0,080	0,784	8,00E-05	4,00E-05	1,60E-09	5,02E-09	1,56E+08
0,080	0,784	8,00E-05	4,00E-05	1,60E-09	5,02E-09	1,56E+08
0,080	0,784	8,00E-05	4,00E-05	1,60E-09	5,02E-09	1,56E+08
0,120	1,176	1,00E-04	5,00E-05	2,50E-09	7,85E-09	1,50E+08
0,095	0,931	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,46E+08
0,075	0,735	8,00E-05	4,00E-05	1,60E-09	5,02E-09	1,46E+08
0,110	1,078	1,00E-04	5,00E-05	2,50E-09	7,85E-09	1,37E+08
0,070	0,686	8,00E-05	4,00E-05	1,60E-09	5,02E-09	1,37E+08
0,085	0,833	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,31E+08
0,085	0,833	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,31E+08
0,085	0,833	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,31E+08
0,120	1,176	1,10E-04	5,50E-05	3,03E-09	9,50E-09	1,24E+08
0,080	0,784	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	1,23E+08
0,000	0,000	9,00E-05	4,50E-05	2,03E-09	6,36E-09	0,00E+00
0,092	0,902	7,797E-05	3,899E-05	1,586E-09	4,981E-09	1,910E+08
0,025	0,243	1,65E-05	8,27E-06	5,42E-10	1,70E-09	7,15E+07

Legenda

F= Força ; D= diâmetro; r = raio; a = área; T = Tração; ma= Massa;

E = exponencial. potência de base 10; DC 5200®=Lauril PEG/PPG-18/18 meticona;

DC 9011®= Ciclopentasiloxano (e) PEG-12 polímero de dimeticona reticulado;

Beraoil V1000®= óleo de jojoba; C. cystine®= Água (e) hidroxipropil cistina polisiloxano

Prod. A e B = Alisantes comerciais