

ESTUDOS DO USO DE FORMULAÇÕES DE CONDICIONADOR CONTENDO ÓLEO DE BURITI EM MUDANÇAS MORFOLÓGICAS DE FIBRAS CAPILARES.

Sandra Satomi Koga[#], Valéria F. Monteiro, Valéria Longo, Carlos A. Paskocimas, E. Longo

LIEC - DQ - Universidade Federal de São Carlos – UFSCar

C. P. 676 – São Carlos (16 – 260-8214, 261-5215)

[#] sandra_koga@liec.ufscar.br

I - OBJETIVOS

O presente trabalho empregou o óleo de buriti em formulações condicionadoras a fim de avaliar a sua eficácia em cabelos por intermédio de análises nas mudanças morfológicas das imagens por MFA como também análises colorimétricas, penteabilidade e propriedades mecânicas das fibras tratadas.

II - INTRODUÇÃO

O Brasil apresenta um quadro positivo relacionado ao mercado mundial de Higiene Pessoal, perfumaria e cosméticos contemplando-o a sexta e a quarta posição em formulações para cabelos conforme dados do Euromonitor de 2001.[1]

A área cosmética na Amazônia sofreu um grande impulso nos últimos anos , principalmente alavancados pela Suframa, que percebendo o declínio da zona franca de Manaus, decidiu investir U\$ 30 milhões em projeto que incluem a Bioamazonia, órgãos de pesquisa e empresariado local, visando colocar a Amazônia no centro da produção de matérias primas cosméticas no Brasil. Mais do que uma linha de extratos vegetais e suas aplicações, trata-se de um projeto ambiental, pois este coopera para melhorar as condições sócio- econômicas de comunidades nativas, além de trabalhar em áreas de reservas extrativas, garantindo assim a extração constante e controlada, além de novas fontes de

matérias-primas renováveis contribuindo para a sustentabilidade. Além disso, são fontes renováveis não tóxicas e mais suaves podendo ser utilizadas em cabelos tais como formulações infantis ou em cabelos extremamente danificados.[2,3]

Dentre os produtos amazônicos mais pesquisados está o óleo de buriti. O óleo de buriti extraído dos frutos da espécie *Mauritia flexuosa Linnaeus filius* natural da América do Sul, possui propriedades emolientes, que proporcionam maciez e um toque sedoso à pele. No Brasil está presente na Amazônia, Nordeste do Maranhão a Bahia e de Minas Gerais ao Mato-Grosso do Sul. Seus frutos em forma de elipsóide, castanho-avermelhado, possuem uma superfície revestida por escamas brilhantes. Alguns autores afirmam que o óleo obtido a partir da polpa de buriti é a maior fonte de carotenos conhecidos no reino vegetal [4,5]. O óleo é rico em ácidos oléico e palmítico. Contém também menores quantidades de vitamina D, E e K. Utilizado em cremes, forma uma barreira de proteção natural na pele prolongando a hidratação e sedosidade e diminui o ressecamento causado pela exposição solar. A quantidade de pró-vitamina A chega a (5000 UI), com índice de 300mg/ 100g no óleo. Pesquisas recentes indicam que o óleo de buriti pode ser utilizado como protetor solar, porque absorve completamente as irradiações eletromagnéticas de comprimento de onda entre 519 nm (cor verde) e 350 nm (ultravioleta), as mais prejudiciais à pele humana. Quanto à composição em ácidos graxos identificados da polpa do fruto de buriti em maiores porcentagem temos: ácido palmítico com 10 a 15% e oléico 75 a 80% [6].

A mistura multicomponente do óleo de buriti vem sendo estudada também por possuir propriedades anti-oxidantes. Além disso não apresenta incompatibilidade, sendo solúvel em óleo, tais como o óleo mineral, lanolina e em ésteres, apresentando emprego em todas as emulsões destinado a tratamento capilar, pele e maquiagem. O uso recomendável do ativo é entre 1% a 5% [7].

Cabelos submetidos a tintura apresentam degradações, que podem ser minimizadas com o uso de formulações contendo o óleo de buriti. Para verificar as mudanças nos cabelos submetidos a tratamentos com estes produtos são utilizadas diferentes técnicas. Uma das técnicas mais utilizadas no estudo de mudanças morfológicas das fibras de cabelo é a microscopia de força atômica (MFA). A MFA permite observar imagens em escala nanométrica com ótima resolução de imagens que são produzidas sem necessidade de vácuo ou recobrimento com material condutivo. Além disso a MFA produz imagens

digitais em 3 dimensões. Através desta técnica foi possível quantificar mudanças na superfície capilar tais como diferenças de rugosidade [8].

A penteabilidade é uma outra técnica já muito utilizada para verificar a eficácia de um produto cosmético no cabelo. Para mensurar a facilidade com que o pente desliza entre os fios é necessário medir a força e energia requerida para puxar o conjunto de fios com um pente [9]. Jachowicz e Heliouff [10] observaram mudanças na penteabilidade em duas regiões da mecha submetidas a tratamentos com solução de poliquaternium, observando menor força de penteabilidade nas regiões expostas ao tratamento quando comparadas a regiões não tratadas da mesma mecha. A resistência mecânica também é uma importante propriedade a ser estudada, pois um fio de cabelo possui uma resistência a ruptura invejável quando comparada a outros materiais. Um fio de cabelo suporta de 50 a 100 gramas de peso antes de romper. Esta resistência deve-se à conformação das cadeias polipeptídicas da proteína queratina que constitui cerca de 90% da estrutura capilar [11].

A aplicação de uma tensão, em um ensaio de tração simples, resulta em uma deformação específica e em uma curva típica de tensão- deformação. Dessa curva, extrai-se informações importantes como: módulo elástico (na região elástica da curva), flexibilidade ou resistência à fratura e plasticidade. Foram criados alguns modelos em que se relacionaram microestrutura e propriedades mecânicas [12,13,14]. A fibra capilar é um composto orgânico de diversas estruturas. Em um ensaio de tração simples, em fibras de cabelos, a curva típica resultante está ilustrada na Fig.1. A região "hookeana" inicial, até 2% de deformação específica, é atribuída à modificações em ângulos e espaços de ligações sem substancial modificações da estrutura. A segunda região chamada de região de escoamento, não é um fenômeno plástico, como ocorre com a maioria dos polímeros, pois há uma completa recuperação da fibra até uma extensão de aproximadamente 30%. Em deformações maiores que essa existe apenas uma pequena perda na recuperação do comprimento inicial da fibra. Nessa região, ocorre transformação da fase helicoidal α para a fase estendida β nas microfibrilas. A tensão é substancialmente constante, o que implica que a transformação $\alpha \leftrightarrow \beta$ ocorre em uma força de equilíbrio e representa termodinamicamente uma transição de primeira ordem [13,15,16].

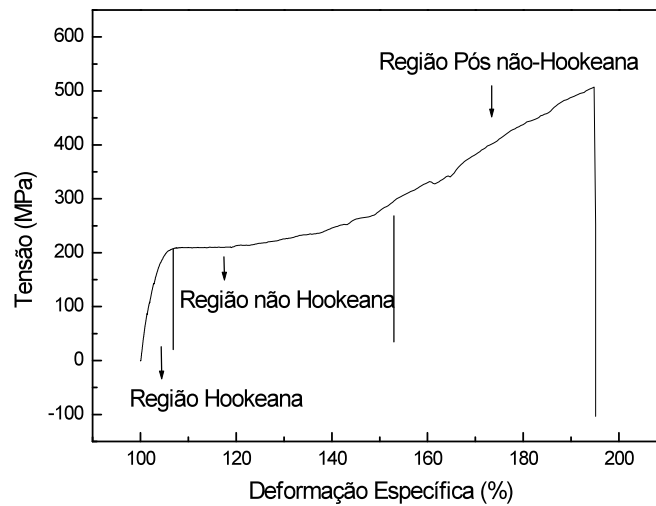


Figura 1 – Modelo de curva de resistência mecânica de fio de cabelo caucasiano.

Feughelman [12,15,17,18] argumentou que a matriz, na região de escoamento, sofre uma transformação do tipo sol-gel, mudando de uma estrutura que interage com ligações do tipo Van der Waals e ligações de hidrogênio para interações iônicas de médio e longo alcance que conduz a uma fluidez entre as estruturas. Existem ligações covalentes de cistina na matriz, mas essas ligações apenas se quebram em deformações maiores que 30% ou em temperaturas elevadas. Assim, o escoamento deve ocorrer entre as proteínas globulares. Na região pós escoamento, a tensão crescente observada é atribuída a um aumento na energia necessária para que a transformação $\alpha \leftrightarrow \beta$ ocorra no seguimento, que contém ligações de cistina. Após a total transformação $\alpha \leftrightarrow \beta$ a ruptura inicia-se na matriz.

Sob o aspecto de umidade, quanto mais água é absorvida, maior é o número de ponte de hidrogênio que se formam entre as moléculas de proteína na matriz. Assim, o módulo elástico aumenta cerca de 2,5 vezes se comparado à fibra com 0% de umidade. Ocorre também uma redução da extensão (plasticidade) atribuída a uma maior concentração de tensão em certas regiões em que o número de ligações é maior [14].

As modificações na coloração das fibras capilares podem ser detectadas utilizando a técnica de espectroscopia colorimétrica. Normalmente, a mudança de perfil de cor é muito pequena após o tratamento com um produto que nossa visão não é capaz de diferenciar. O uso de equipamento de medidas de cor e brilho é capaz de identificar tais diferenças em

cabelos com ou sem tratamento com um determinado produto. Brilho é um dos resultados mais esperados do tratamento capilar sendo este o resultado da luz refletida pela superfície do cabelo [19,20].

O emprego de métodos de espalhamento de luz também servem para indicar a deposição de ingredientes da formulação sobre a fibra capilar, produzindo menos brilho, assim a intensidade de reflexão é menor. Um equipamento muito utilizado para medidas de diferentes tonalidades em pigmentos é o espectrofotômetro onde uma luz branca é utilizada para irradiar a amostra. Os dados são fornecidos pelo sistema CIEL*a*b* [21], que fornece referências gerais sobre as cores de um certo material, onde L* representa o brilho, a* as tonalidades que varrem as cores de vermelho (+) ao verde (-) e b* que representa as tonalidades de amarelo (+) ao azul (-). O conjunto destas coordenadas representa a cor de um material que pode ser comparada à outros. Para cabelos esta metodologia auxilia na coleta de dados que representam por pequenas diferenças nas cores dos cabelos submetidos a diferentes tratamentos.

De acordo com Scanavez *et al* [22], tratamentos diários causam aumento das cavidades nas endocutículas, quebra e clivagem das células cuticulares e cavidades no cemento intermacrofibrilar, nos complexos da membranas celulares e ao redor dos grânulos de melanina no córtex. Os valores de DL* podem estar associados com o surgimento de novas cavidades e a diferença nos valores entre DE* e DL*, que correspondem às danificações ocorridas no córtex. O aparecimento de cavidades é responsável pelas mudanças de cor nos cabelos. Em nível macroscópicos, eles incluem mudanças de cor em relação ao brilho. Ao longo das danificações no córtex, estas não incluem a degradação da melanina mas a constatação da cor amarelada é um indício desta ocorrência [22].

III - MATERIAIS E MÉTODOS

III.1 - Mechas de cabelo

As mechas de cabelos utilizadas foram adquiridas junto à De Meo Brothers N.Y. USA. Foram utilizados cabelos caucasianos, castanhos escuros e lisos. Preparou-se mechas com aproximadamente 2,0g e 30 cm de comprimento cada.

III.2 - Medidas de Diâmetro.

Foram realizadas 10 medidas de diâmetro a 2 cm no sentido raiz-ponta de cabelos caucasianos. As medidas foram realizadas utilizando microscópio LEICA mod. DMR, calibrado com régua de 2mm, com intervalo de 0,01 mm.

III.3 – Preparação das formulações:

Tabela 1- Reagentes utilizados nas formulações condicionadoras.

<i>Reagente</i>	<i>Base (%)</i>	<i>1% de Buriti (%)</i>	<i>5% de Buriti (%)</i>
Óleo de Buriti	-	1	5
Álcool Cetílico	3	3	3
Cloreto de Cetil Trimetil Amônio	4	4	4
EDTA	0.1	0.1	0.1
Glycacil	0.05	0.05	0.05
Água	qsp	qsp	qsp

III.4 – Tratamento de tintura

Cada mecha foi submetida duas vezes ao processo de tintura utilizando uma tintura comercial de cor Acaju. O procedimento de aplicação seguiu instruções fornecidas pelo fabricante. Utilizou-se quantidade de tintura e revelador proporcional à massa de cabelos

utilizada. Posteriormente as mechas foram lavadas com água destilada e secadas com secador de cabelos à frio.

III.5 – Lavagem das mechas

Para uma melhor verificação e estudo da atuação das formulações contendo o óleo de buriti no cabelo, as mechas foram submetidas a diferentes tratamentos.

- Tratamento 1 – Tintura sem tratamento condicionante
- Tratamento 2 – Após a tintura, lavado 5 vezes com formulação base
- Tratamento 3 - Após a tintura, lavado 5 vezes com formulação com o condicionador contendo 1,0% de óleo de buriti.
- Tratamento 4 - Após a tintura, lavado 5 vezes com formulação com o condicionador contendo 5,0% de óleo de buriti.

Para cada lavagem, foi aplicado 600 µL da formulação, massageando por aproximadamente 1 minuto e enxaguados com água destilada por cerca de 20 segundos. A secagem foi feita em secador de cabelos a frio para que posteriormente o mesmo procedimento fosse executado por mais 4 vezes, completando 5 lavagens.

III.6 – Ensaio de Cor

As propriedades da amostra do cabelo foram medidas por espectrofotômetro modelo Gretag Macbeth Color- Eye 2180. O ângulo de incidência foi fixado em 10°. O espectro de reflectância foi determinado na região da luz visível (390 – 730). Os dados de reflectância foram convertidos em brilho e cor no sistema CIEL *a*b recomendado pelo CIE (Comissão Internationale de l'Eclairage) sob as condições padrões de iluminação D50. Neste método, L* é o eixo do brilho [preto (0) → branco (100)], b* 'e o eixo azul (-) → amarelo (+), e a* é o eixo verde (-)→ vermelho (+).

Utilizando- se este método, o valor ΔE (diferença de cor ou variação de tonalidade) pode ser medido, quando duas amostras são comparadas, conforme ilustra a Equação (1)

$$\Delta E^2 = \Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2 \quad (1)$$

III.7 – Ensaio de Penteabilidade

Para cada mecha de aproximadamente 30 cm de comprimento, fez-se os ensaios de Penteabilidade As condições de análise foram de umidade relativa ambiente de $55\% \pm 3$ e temperatura relativa de $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3$.

Utilizou-se o equipamento da EMIC[®] dotado de dinamômetro com célula de carga de 10N acoplada a uma garra pneumática na parte superior e na parte inferior foi acoplado um suporte vertical com um pente acrílico de 6 dentes/20 mm.

Cada mecha de cabelo foi presa na garra superior e igualmente distribuída entre os dentes disponíveis do pente. A máquina foi programada de tal modo que a análise da penteabilidade fosse permitida até as pontas do cabelo. (30 cm de deslocamento)

A célula foi zerada e a energia necessária foi registrada no decorrer da penteabilidade das mechas a cada 290 mm deslocado Repetiu-se o mesmo procedimento por mais 4 vezes para cada mecha em estudo.

III.8 - Ensaio de Resistência Mecânica

As condições de análise foram de umidade relativa ambiente de $55\% \pm 3$, mantida em sala fechada com ar condicionado e desumidificador com temperatura relativa de $23^{\circ}\text{C} \pm 3$.

O equipamento da EMIC[®] dotado de dinamômetro com célula de carga de 2 Kgf acoplada a uma garra pneumática na parte superior e na parte inferior foi montada uma outra garra pneumática. Cada fio de cabelo foi inicialmente molhado em água corrente e posteriormente preso e esticado em cada uma das extremidades pelas garras.

A célula de carga foi zerada, e o aumento na carga foi medida com o estiramento de cada fio preso por meio de garras numa velocidade de 10mm/min. Os fios foram presos um a um, a aproximadamente 2 cm no fio no sentido raiz- ponta e com distancia entre as garras de 2cm.

III.9 - Microscopia de Força Atômica (MFA)

Inicialmente as amostras para a análise foram preparadas. Utilizou-se um porta amostra metálico e com o auxílio de uma fita dupla face, com cerca de 8 fios de cabelo. A microscopia de força atômica foi realizada utilizando o equipamento da Digital Instruments® modelo Nanoscope IIIa. As imagens foram obtidas pelo modo contato, utilizando-se agulhas de nitreto de silício com constante de força de $0,036 \text{ Nm}^{-1}$. As imagens foram obtidas com comprimento de varredura de $30 \mu\text{m}$, sendo posteriormente tratadas com auxílio do software Nanoscope®.

IV – RESULTADOS E DISCUSSÃO

IV.1 Resistência Mecânica

Os dados apresentados na Tabela 2 referem-se ao estudo das propriedades mecânicas da fibra capilar submetidas a tratamentos com condicionadores contendo ou não o óleo de buriti.

As fibras tratadas com a formulação Base apresentou uma diminuição em sua resistência mecânica representada pelos valores de módulo elástico e tensão de ruptura. A tenacidade da fibra, que representa a energia consumida até seu rompimento também diminuiu. Uma provável hipótese para esse fato é de que as fibras capilares sofreram perda de água e tonaram-se mais frágeis.

As fibras tratadas com buriti apresentaram melhora no módulo elástico, tensão de ruptura e tenacidade quando comparadas às fibras tratadas com formulação base e somente tingida.

O aumento da resistência mecânica verificado com o uso das formulações contendo 1% e 5% do óleo de buriti pode ser explicada provavelmente, em decorrência do aumento da hidratação promovida nas fibras capilares, pois até certo ponto ocorre maior absorção de água aumenta o número de pontes de hidrogênio que se formam entre as moléculas

tornando a fibra mais resistente. Cálculos mais apurados em aminoácidos da α -queratina serão realizados para comprovação desta teoria.

Não ocorreram mudanças significativas na deformação específica de ruptura das fibras. Acredita-se que há apenas deposição do produto sobre as fibras sem que haja absorção do mesmo na fibra. Dessa forma, a única mudança efetiva na microestrutura deve-se provavelmente à absorção e retenção de água possibilitada pelo produto.

Tabela 2 - Dados referentes das propriedades mecânicas nas fibras capilares submetidas a diferentes tratamentos.

<i>Amostra</i>	$\sigma_{máx}$ (MPa)	<i>Módulo</i> (MPa)	<i>Tenacidade</i> (N. mm)	<i>Alongamento de ruptura</i> (%)
Base	406.9 ± 82.1	4857.0 ± 453.2	16,32 ± 0,31	102.10 ± 11.25
Tintura	429.5 ± 72.1	5118.0 ± 597.6	17,12 ± 0,35	101.50 ± 19.40
1% buriti	432.4 ± 81.69	5971.0 ± 903.2	15,83 ± 0,27	93.21 ± 8.63
5% buriti	452.4 ± 76.2	5361.0 ± 503.8	17,99 ± 0,35	101.20 ± 18.12

IV.2 - Penteabilidade

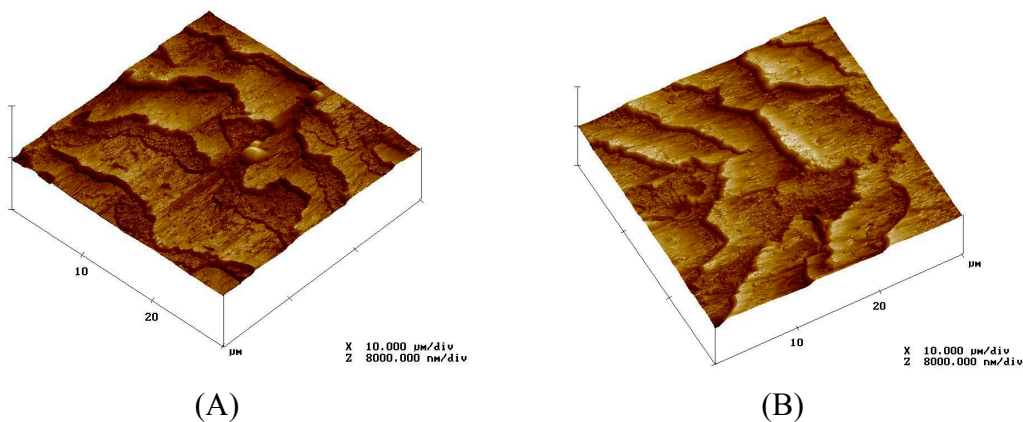
Na Tabela 3 são mostrados os valores de energia de resistência a penteabilidade obtidos para cabelos submetidos a diferentes tratamentos. Verifica-se que cabelos tratados com formulações contendo concentrações crescentes de óleo de buriti apresentaram diminuição da energia necessária para torna os fios paralelos. O tratamento com buriti proporcionou uma diminuição da fricção entre as fibras e o pente. Estes valores indicam que o óleo de buriti interagiu com a superfície capilar melhorando as propriedades de desembaraço.

Tabela 3 - Valores de energias empregadas na análise de Penteabilidade das fibras capilares submetidas a diferentes tratamentos.

Tratamentos	Energia Penteabilidade {120- 220 mm}(N.mm)
Tintura	22,52
Base	13,19
1% de Buriti	5,552
5% de Buriti	4,820

IV. 3- Microscopia de Força Atômica (MFA)

Na Figura 2 estão ilustradas as imagens de MFA de cabelos tingidos e submetidos a diferentes tratamentos. Por meio da Figura 2^A, referente ao cabelo tingido, apresenta a superfície cuticular degradada e com aspecto rugoso. Cabelos tratados com formulação Base sem óleo de buriti apresenta imagem similar ao cabelo apenas tingido. Já cabelos tratados com formulação contendo 1% (Fig.2C) e 3%(Fig.2D) de óleo de buriti apresentaram aparente melhoria da superfície cuticular, apresentando regiões mais homogêneas e com cutículas mais alinhadas.



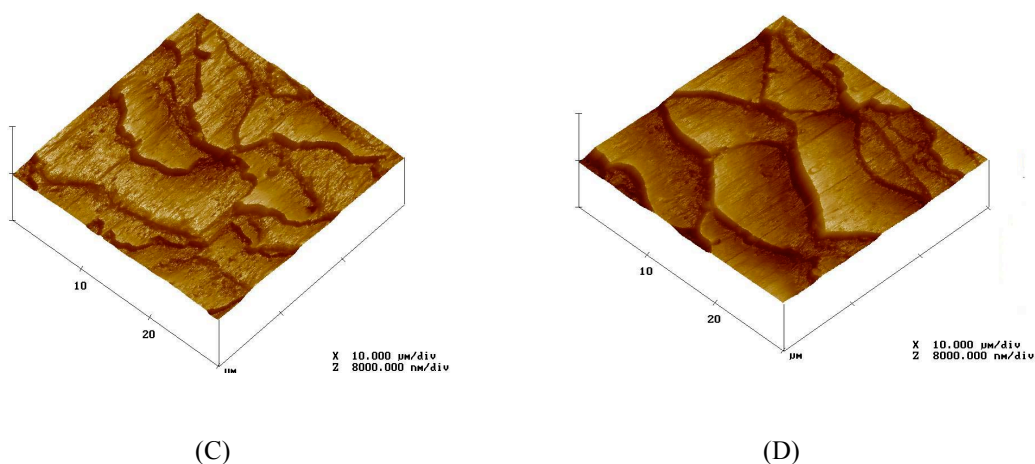


Figura 2 - Imagens de Microscopia de Força Atômica de cabelos submetidos a diferentes tratamentos.

Por intermédio da Tabela 4, observa-se os valores de rugosidade de superfícies capilares submetidos a diferentes tratamentos e obtidos por meio do software Nanoscope. Verifica-se os valores de rugosidade para cabelos submetidos a tratamentos com óleo de buriti apresentam-se menores, indicando que o tratamento com este ativo proporcionou mudanças na superfície cuticular. Provavelmente ocorreu deposição de componentes da formulação contendo o óleo de buriti nos defeitos e fissuras provocadas pela aplicação da tinta permanente, diminuindo com isso a rugosidade superficial do cabelo.

Tabela 4 - Valores de Rugosidades obtidas pela microscopia de força atômica (MFA) para as fibras capilares submetidas a diferentes tratamentos.

Tratamentos	Rugosidade (nm)
<i>Tintura 2x</i>	34.741 ± 8.492
<i>Base</i>	29.180 ± 4.274
<i>1% de Buriti</i>	22.961 ± 2.511
<i>5% de Buriti</i>	19.745 ± 3.231

IV. 4 – Medidas Colorimétricas

Os valores obtidos de L^* , Da^* e Db^* estão representados na Tabela 5. Foram avaliados cabelos caucasianos tingidos e submetidos as diferentes formulações contendo o óleo de buriti. Os valores de $\Delta(L^*, a^*, b^* \text{ e } E)$ representam a variação de cor em relação à amostra tomada como referência, aquela tingida mas não submetida a nenhum tipo de formulação condicionadora.

Diante dos valores de Da^* e Db^* apresentados na Tabela 5, notou-se uma maior tendência da mecha para a coloração amarelada, (aquelas submetida apenas a tintura), isto representa a ocorrência de uma maior degradação que possivelmente pode ter atingido a região do córtex, expressando a maior presença de cavidades e maior valor de rugosidade.

Tabela 5 - Valores de L^* , Da^* , Db^* e DE utilizando- se o Iluminante D50.

Tratamentos	L^*	Da^*	Db^*	DE
Tintura	27.295	0	0	0
Base	27.794	0.499	0.089	0.507
1% Buriti	27.767	0.472	-0.126	0.488
5% Buriti	27.270	-0.026	-0.041	0.068

Observa-se por meio da Figura 4 que cabelos tingidos e tratados com formulações contendo o óleo de buriti com o uso de uma concentração crescente do ativo, apresentou diminuição nos valores de brilho (L^*) em relação aos cabelos tingidos mas não tratados. Estes valores indicam que o ativo proporcionou maior deposição sobre as fibras capilares uma vez que cabelos tingidos apresentam defeitos e fissuras, proporcionadas pelo uso de tintura. A adesão do produto nestas fissuras diminuiu a reflectância pois a área superficial também decresceu. No entanto, estas análises indicam que lavagens com formulações com concentrações crescentes de óleo de buriti promovem a manutenção das cores das fibras capilares pois apesar da diferença dos parâmetros de L^* , estes foram pequenos mas suficientes para que a visualização de outros efeitos possam ser notáveis.

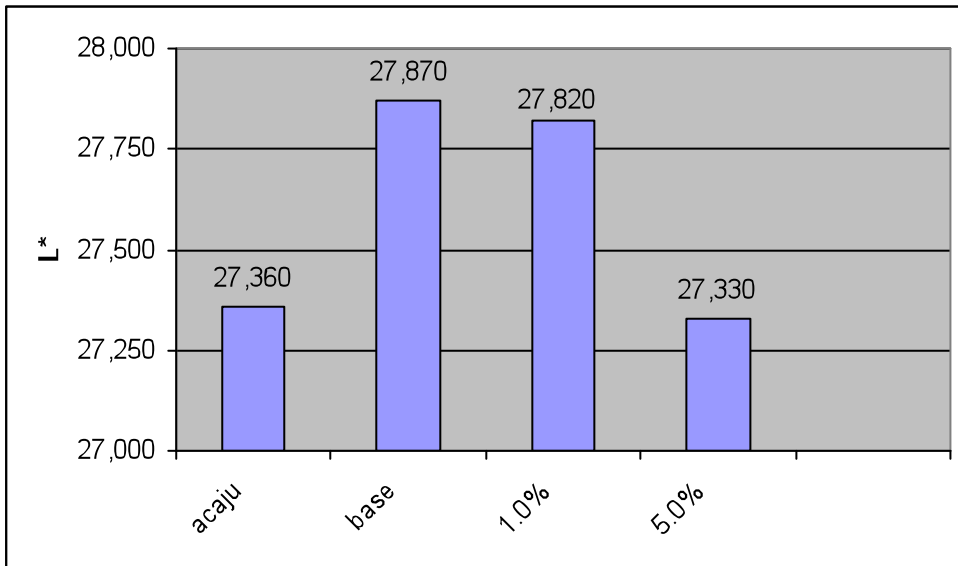


Figura 4 - Gráfico representativo dos valores de brilho das fibras capilares submetidas a diferentes tratamentos.

V – CONCLUSÕES

O conjunto de resultados indicam que o óleo de buriti interage com as fibras capilares alterando a coloração da fibra, aumentando a resistência mecânica dos fios e melhorando a penteabilidade. Estas análises estão em concordância com os dados de rugosidade obtidos por MFA. Os valores de rugosidade das fibras capilares tingidas diminuem com a utilização de concentrações crescentes de óleo de buriti nas formulações, indicando que o óleo de buriti liga-se a superfície capilar modificando a morfologia da fibra fornecendo as melhorias que foram detectadas pelos ensaios de penteabilidade e resistência mecânica e colorimetria acima apresentados.

VI - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] <http://www.quimica.com.br/revista/qd416/hba1.htm>

Pesquisa realizada dia 28/01/2004

[2] RELE, A. S, MOHILE, R. B, Effect of Mineral Oil, Sunflower Oil, and Coconut Oil on Prevention of Hair Damage.

[3] <http://www.comciencia.br/reportagens/amazonia/amaz22htm>

Pesquisa realizada dia 28/01/2004

[4] www.cpgp.ufpa.br/gibi/hm.htm

Pesquisa realizada no dia 28/01/2004

[5] www.amazonia.com.br/canais/turismo_novo/acre/culinaria.asp

Pesquisa realizada dia 28/01/2004

[6] A Amazônia e a Cosmética, Cosméticos e Perfumes, n°23, 26-49, 2003

[7] <http://www.personalcare.noveoninc.com/products/Botanicals/MelscreenBuriti.asp>

Pesquisa realizada dia 17/02/2004

[8] SMITH, J.R., Use of Atomic Force Microscopy for High-Resolution Non-Invasive Structural Studies of Human Hair. Journal of the Society of Cosmetic Chemists. v. 48, p. 199-208 1997.

[9] JACHOWICZ, J. HELIOFF, M., Spatially resolved combing analysis Journal Society Cosmetic Chemistys. v.48 p. 93-105 1997.

[10] KAMATH, Y. K., WEIGMANN, H-D., Measurement of combing forces. Journal Society Cosmetic Chemistys. v. 37, p.111-124 1986.

[11] ROBBINS, C. R., Chemical and Physical Behavior of Human Hair, SPRINGER-Verlag Ed., 3ª ed, 391p. 1994.

- [12] FEUGHELMAN, M., Mechanical Properties and Structure of α -Keratin Fibras, Sydney, UNSW Press, 1997.
- [13] WORTMANN, F.J., ZAHN H., Textile Res.J., v. 64 p. 737.
- [14] CHAPMAN, B.M., Textile Res. J., v. 39, p. 1102, 1969
- [15] FEUGHELMAN, M., Natural Protein Fibers at Fiber Soc. Int. Tech. Symp., Asheville, NC, 1998.
- [16] HEARLE, J.W.S., Textile Res. J., v. 39, p. 1109, 1969
- [17] FEUGHELMAN, M., Encycl. Polym. Sci. Eng., v. 8, p. 566, 1987.
- [18] DANILATOS, M., FEUGHELMAN, M., Textile Res. J., v. 50, p. 568-574, 1980
- [19] CZEPLUCH, W., HOHM, G., TOLKIEKN, K. Gloss of hair Surfaces: Problems of visual Evaluation and Possibilities for Goniphotometric Measurements of Treat Stands. Journal Society Cosmetology Chemistry, v.44 Nov/ Dec, p. 229-318, 1993
- [20] REIMER, B. M., OLDINSHI, R. L., GLOVER, D. A An Objective Method for Evaluating Hair shine Soap cosmetics Chemical Specialties. October , p. 44-47, 1995
- [21] CIE Commission Internationale d'Eclairage, Recommendations on uniform colour spaces, colour difference equations, psychometrics colour terms. Supplement n° 2 of CIE Publ. No. 15 (E1- 1.31) 1971, Bureau Central de la CIE, Paris, 1978.
- [22] SCANAVEZ, C. SILVEIRA, M., JOEKES, I., Human Hair: Color changes caused by daily care damages on ultra- structure. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, v.28, p. 39-52, 2002.

VII - AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem as agências de financiamento: CNPq, CAPES, FINEP e FAPESP, que proporcionaram o desenvolvimento deste trabalho.