

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA – PPGEB
MESTRADO PROFISSIONAL

ALEXANDRE GUILHERME DE LARA

**METODOLOGIA PARA ANÁLISE NA PERÍCIA CRIMINAL DE
MICROVESTÍGIOS FORENSES: FIOS DE CABELO**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

CURITIBA

2016

ALEXANDRE GUILHERME DE LARA

**METODOLOGIA PARA ANÁLISE NA PERÍCIA CRIMINAL DE
MICROVESTÍGIOS FORENSES: FIOS DE CABELO**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Biomédica, do Programa de Pós-graduação em Engenharia Biomédica (PPGEB), da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Rubens Alexandre de Faria.

Coorientador: Prof. Dr. Bertoldo Schneider Júnior

CURITIBA

2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

L318m Lara, Alexandre Guilherme de
2016 Metodologia para análise na perícia criminal de
microvestígios forenses : fios de cabelo / Alexandre Guilherme
de Lara.-- 2016.
63 f.: il.; 30 cm.

Texto em português, com resumo em inglês.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do
Paraná. Programa de Pós-graduação em Engenharia Biomédica,
Curitiba, 2016.

Bibliografia: f. 57-60.

1. Prova criminal. 2. Cabelo - Análise. 3. Microscopia. 4.
Óptica. 5. Fotomicrografia. 6. Processamento de imagens -
Técnicas digitais. 7. Criminalística. 8. Engenharia biomédica
- Dissertações. I. Faria, Rubens Alexandre de, orient.
II. Schneider Junior, Bertoldo, coorient. III. Universidade
Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-graduação em
Engenharia Biomédica. IV. Título.

CDD: Ed. 22 -- 610.28

Biblioteca Central da UTFPR, Câmpus Curitiba



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Ponta Grossa

Nome da Diretoria
Nome da Coordenação
Nome do Curso



TERMO DE APROVAÇÃO

DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA DE ANÁLISE FORENSE DE FIOS DE CABELOS POR MICROSCOPIA ÓTICA

por

ALEXANDRE GUILHERME DE LARA

Esta **Dissertação** foi apresentada em dezenove de **março** de 2016 como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Biomédica. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Dr. Rubens Alexandre de Faria
Prof. Orientador

Dr. Fabio Augusto da Silva Salvador
Membro titular

Dra. Ozana Maria de Andrade Maia
Membro titular

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

Dedico este trabalho à minha família, em especial à minha amada esposa Cris e meus queridos filhos Alexia e Johann, devido minha ausência durante os períodos de estudos. Ao meu orientador Rubens, por todo apoio, suporte e entusiasmo em relação às ciências Forenses. Aos colegas da Polícia Científica do Estado do Paraná e da Polícia Federal, e demais colegas Peritos Oficiais e profissionais da área de Segurança Pública.

Agradecimentos

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por acreditar que tão perfeita natureza só pode ser fruto de uma criação inteligente, e de que o mal em breve passará e todas as coisas serão restauradas.

Vivemos em um mundo onde a criminalidade e a violência estampam as páginas dos jornais todos os dias. Violências e crimes de diversas naturezas como: ataques terroristas, restrição de direitos, crimes sexuais e contra a vida. Quando crimes são cometidos o ser humano se depara com a injustiça do mundo dos homens, e muitas vezes com a impunidade. E foi para combater uma parcela pequena deste universo de injustiça e impunidade que passei a dedicar minha vida.

Agradeço aos meus queridos familiares pelo apoio na difícil tarefa de trabalhar na Perícia Criminal do Estado do Paraná.

Agradeço aos meus queridos colegas de classe, que trilharam junto este caminho em busca do aprendizado e de descobrimento de novas perspectivas. Ao meu orientador Rubens, pela oportunidade de desenvolver este trabalho. Aos professores do PPGEB e CPGEI por todo apoio e pelo crescimento proporcionado.

Em especial, registro o meu reconhecimento à minha família, meus pais e a minha amada esposa, pois acredito que sem o apoio deles eu nada seria.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa.

Que a nossa esperança por um mundo com menos crimes um dia possa ser uma realidade na vida de todos.

“Science without religion is lame, religion without science is blind.” (Albert Einstein, NY, 1941).

“A ciência sem a religião é manca, a religião sem a ciência é cega.” (Albert Einstein, NY, 1941).

RESUMO

LARA, Alexandre Guilherme. **Metodologia para Análise na Perícia Criminal de Microvestígios Forenses: Fios de Cabelo**. Curitiba – PR, 2016. 67 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Biomédica, curso de pós-graduação do PPGE) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2016.

A presente dissertação expositiva teve por objetivo o desenvolvimento de metodologia para análise forense de fios de cabelos. Considerado um microvestígio comum de ser encontrado em locais de crime contra pessoa (DOREA, 2010), fios de cabelo são capazes de fornecer informações úteis na identificação da autoria do crime, ou a entender a dinâmica de um crime violento (ROBERTSON, 1999). As fibras compostas por fio de cabelo deterioram-se lentamente (ROBBINS, 2012), e podem ser analisadas mesmo transcorrido longo período de tempo, tornando-se ainda mais relevante em locais de crime que são examinados tardiamente. Os equipamentos utilizados no presente estudo são de uso comum em laboratórios, permitindo que a metodologia seja amplamente empregada. O presente estudo buscou desenvolver metodologias para análise por microscopia ótica de fios de cabelo, identificando as características de interesse forense passíveis de serem estudadas. Utilizaram-se amostras de fios de cabelo para análise das seções transversais e longitudinais, de forma destrutiva e não destrutiva, com preparação de lâminas de forma permanente e não permanente. Como resultado obteve-se uma metodologia de baixo custo descrita para aplicações forenses em vestígios coletados em locais de crime, em armas de crimes ou em suspeitos, de forma a combater a criminalidade face o poder probatório da prova material. Constatou-se a possibilidade de identificação de características macroscópicas e microscópicas de fios de cabelo, que revelam atributos do doador e, em alguns casos, auxiliar no entendimento da dinâmica do crime. A agilidade observada no método permite ainda a obtenção de informações durante a fase preliminar ou de investigação em curtos espaços de tempo.

Palavras-chave: Microvestígios. Fios de cabelo. Criminalística. Forense.

ABSTRACT

LARA, Alexandre Guilherme. **Method for Criminal Exam Analysis in Forensic Trace: Hair**. 2016. 67 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Biomédica, curso de pós-graduação do PPGEB) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2016.

This monographic dissertation aimed to develop standards of microscopic forensic hair analysis. A very common trace to be found in certain crimes (DOREA, 2010), hair can be helpful to provide information regarding the perpetrator or the way that the crime was committed (ROBERTSON, 1999). Once hair is a low degradation fiber (ROBBINS, 2012), it can be analyzed long after the fact, becoming even more relevant in crime scenes processed after elapse time. The equipment's used for this study are commonly found in forensic labs, allowing broad use. The study was restricted to literature review and further elaboration of preparation and analysis by optical microscopy of hairs methods, identifying the characteristics of forensic interest that can be studied. Samples of hair for cross section and longitudinal sections analysis had been used. Destructive and non-destructive methods in permanent and non-permanent blades where tested. As a result a low cost methodology was obtained for forensic applications in traces collected from crime scenes, weapons used in crimes or suspects, in order to combat crime by using the probative power of physical evidence.

Keywords: Traces. Hair. Analysis. Forensics.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - ESTRUTURA BÁSICA DE UM MICROSCÓPIO ÓTICO.	19
FIGURA 2 - CORTE ESQUEMÁTICO DA SEÇÃO TRANSVERSAL DE UM CABELO HUMANO MADURO, MOSTRANDO AS PRINCIPAIS ESTRUTURAS CELULARES, CORTEX E MEDULA, SEPARADOS POR ESPAÇOS DE AR, MACROFIBRILS E CUTÍCULA.	29
FIGURA 3 - FIO DE CABELO EM FASE ANÁGENA DE CRESCIMENTO.	30
FIGURA 4 - FIO DE CABELO EM FASE CATÁGENA DE CRESCIMENTO.	31
FIGURA 5 - FIO DE CABELO EM FASE TELÓGENA DE CRESCIMENTO.	31
FIGURA 6 - IMAGEM COM COMPARAÇÃO ENTRE FIO DE CABELO EM FASE ANÁGENA (ESQUERDA) E CATÁGENA (DIREITA).	31
FIGURA 7 - IMAGEM COM COMPARAÇÃO ENTRE FIO DE CABELO EM FASE TELÓGENA (ESQUERDA) E ANÁGENA (DIREITA).	32
FIGURA 8 - IMAGEM VISUALIZADA ATRAVÉS DE PROGRAMA COMPUTACIONAL DE FIO DE CABELO LOIRO.	34
FIGURA 9 - IMAGEM VISUALIZADA ATRAVÉS DE PROGRAMA COMPUTACIONAL DE FIO DE CABELO CASTANHO.	34
FIGURA 10 - IMAGEM VISUALIZADA ATRAVÉS DE PROGRAMA COMPUTACIONAL DE FIO DE CABELO PRETO.	35
FIGURA 11 - IMAGEM MEDULA COM ÍNDICE MEDULAR (MI) DE 0,24. AMPLIAÇÃO 430X.	37
FIGURA 12 - MODELO DE CURVATURA DOS FIOS DE CABELO.	39
FIGURA 13 - ESCALA MICROMÉTRICA/ <i>SLIDE</i> DE CALIBRAÇÃO.	41
FIGURA 14 - ALINHAMENTO ENTRE OCULAR E ESCALA MICROMÉTRICAS.	42
FIGURA 15 - AMPLIAÇÃO DA REGIÃO DE CONTAGEM DOS VALORES OCMD E EMD.	42
FIGURA 16 - MEDIÇÃO DE FIBRA CONSTITUÍDA POR FIO DE CABELO POR MICROMETRIA.	43
FIGURA 17 - IMAGEM AMPLIADA DA REGIÃO DE MEDIÇÃO DE FIBRA CONSTITUÍDA POR FIO DE CABELO POR MICROMETRIA.	43
FIGURA 18 - EXEMPLO DE CODIFICAÇÃO DE MATERIAL A SER INVESTIGADO.	45
FIGURA 19 - EXEMPLO DE CODIFICAÇÃO DE MATERIAL A SER INVESTIGADO.	46
FIGURA 20 - FIOS DE CABELO. ANÁLISE MACROSCÓPICA.	47
FIGURA 21 - FIOS DE CABELO. CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS.	48

FIGURA 22 - HASTE DO FIO DE CABELO SOB DOIS MEIOS DIFERENTES: À ESQUERDA EM INCLUSÃO DE BÁLSAMO DO CANADÁ E À DIREITA AO AR.....	50
FIGURA 23 - IMAGEM DA SEÇÃO TRANSVERSAL DE FIO DE CABELO COM AMPLIAÇÃO DE 250 VEZES E 430 VEZES.....	52
FIGURA 24 - IMAGEM DE IMPRESSÃO DE CUTÍCULA EM ESMALTE. AMPLIAÇÃO 430X.....	53

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - COMPARAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DE PELO HUMANO E NÃO HUMANO.	35
TABELA 2 - DIÂMETRO OU LARGURA APROXIMADA DAS PRINCIPAIS FIBRAS QUERATINAS.	36
TABELA 3 – CODIFICAÇÃO DE PRÉ-PREPARO DAS AMOSTRAS.	44
TABELA 4 – CODIFICAÇÃO DE PREPARO DAS AMOSTRAS.	45
TABELA 5 – CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS.	48

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1: MORFOLOGIA DA SEÇÃO TRANSVERSAL DE FIOS DE CABELO..	17
QUADRO 2: ORÇAMENTO DE INSUMOS.....	20
QUADRO 3: EQUIPAMENTOS.....	20
QUADRO 5: MATERIAIS COM DIFERENTES PREPARAÇÕES.....	51

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	JUSTIFICATIVA	14
1.2	OBJETIVO GERAL	15
1.3	MATERIAIS E MÉTODOS	16
1.3.1	Tipo de estudo	16
1.3.2	Universo	16
1.3.3	Amostra	16
1.3.4	Equipamento	18
1.3.5	Preparação do material a ser investigado	19
1.3.6	Orçamento	20
1.4	ANALISE DE DADOS	21
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	22
2.1	COLETA DE MICROVESTÍGIOS EM LOCAL DE CRIME	22
2.1.1	Métodos de detecção de Microvestígios	22
2.1.2	Métodos de coleta de microvestígios	24
2.1.2.1	Transferência e Persistência	25
2.1.2.2	Coleta de Microvestígios constituídos por fios de cabelo	25
2.1.3	Cadeia de Custódia	27
2.2	FIOS DE CABELO	28
2.2.1	Constituição dos fios de cabelo	28
2.2.2	Ciclo de crescimento dos fios de cabelo	30
2.2.3	Composição dos fios de cabelo e coloração	32
2.2.4	Características dos fios de cabelo Humano	35
2.2.5	Índice Medular	36
2.2.6	Características de interesse forense em fios de cabelo	37
2.3	MICROMETRIA	40
2.3.1	Unidades de medida	40
2.3.2	Calibração	41
3	APRESENTAÇÃO DOS DADOS E ANÁLISE	44
3.1	PREPARAÇÃO DO MATERIAL A SER INVESTIGADO (PRÉ PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS)	44
3.2	PREPARAÇÃO DAS LÂMINAS	45
3.3	MATERIAL ANALISADO	46
3.3.1	Análise das características macroscópicas	46
3.3.2	Análise das características microscópicas	49
3.3.3	Análise da seção transversal	51
3.3.4	Análise da cutícula	52
4	CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS E DISCUSSÃO	54
5	CONCLUSÕES E PERSPECTIVA DE TRABALHOS FUTUROS	56

REFERÊNCIAS.....	57
------------------	----

1 INTRODUÇÃO

A análise forense de fios de cabelo é amplamente utilizada em países desenvolvidos e sua aplicação está bem estabelecida em estudos e publicações. (ROBERTSON, VELHO, 1999, 2013). Diversas técnicas foram desenvolvidas no sentido de obter informações de amostras de fios de cabelos para fins forenses (HUANG, LANGFORD, ROBERTSON, VELHO, 2014, 2005, 1999, 2013). No Brasil não há menção no Procedimento Operacional Padrão – Perícia Criminal (POP-PC), exarado pela Secretaria Nacional de Segurança Pública (SENASP) e publicado no sítio do Ministério da Justiça (MJ), sobre coleta e análise forense de fios de cabelo (BRASIL, 2013).

O entendimento da dinâmica de um crime ou o conhecimento de sua autoria são questões fundamentais na análise de vestígios de locais de crime (VELHO, 2013). Através de análises em fios de cabelo cientistas já provaram ser possível determinar o gênero do doador (HUANG, 2014), a raça (HUANG, LANGFORD, ROBE, 2005, 1999), características do tipo de cabelo (liso, encaracolado, encarapinhado) (HUANG, JOBIM, 2014; 2006) além de extrair o DNA¹ (JOBIM, 2006), saber se o doador é usuário de substâncias entorpecentes (LANGFORD, 2005), determinar se os fios de cabelo sofreram queda natural ou foram arrancados (LANGFORD, 2005), bem como obter informações relacionadas aos produtos químicos utilizados no tratamento dos cabelos (ROBERTSON, 1999). Estas informações podem ser úteis na investigação criminal para entendimento da dinâmica do crime (*modus operandi*) e autoria.

A Perícia Oficial Brasileira é a responsável pela análise forense em fios de cabelo coletados em locais de crime em território nacional (BRASIL, 1941). Contudo não há procedimento formal específico sobre métodos de coleta e análise relacionados à Microvestígios compostos por fibras. Os POP-PC foram criados para servirem de referência aos órgãos de perícia oficial brasileiro, à Polícia Federal e à Força Nacional de Segurança Pública (BRASIL, 2013).

Um estudo publicado pelo Ministério da Justiça denominado Diagnóstico da Perícia Criminal no Brasil (BRASIL, 2012) relata a falta de equipamentos e de

¹ DNA: sigla empregada para o ácido desoxirribonucleico, em inglês *deoxyribonucleic acid* (Robertson, 1999, p. 155). Polímero composto por quatro blocos denominados nucleotídeos.

recursos humanos nos órgãos de Perícia Oficial Brasileiros. O Estado do Paraná possui apenas nove sedes do Instituto de Criminalística que atendem todos os 399 municípios do Estado. O último concurso público para contratação de Peritos Oficiais, no Estado do Paraná, ocorreu no ano de 2007.

O presente estudo tem por finalidade a elaboração de uma metodologia de análise forense de fios de cabelos por microscopia ótica, de forma a assegurar: a cadeia de custódia, o princípio da ampla defesa e do contraditório, e a identificação das características que possam servir ao processo investigativo e probatório.

O desenvolvimento de um método de análise por microscopia ótica de fios de cabelo para fins forenses se apresenta como uma ferramenta a ser somada às demais na análise de vestígios. A alternativa é apresentada como sendo de **baixo custo** de insumos e de operação, com resultados rápidos e relevantes. Somente com um conjunto de provas materiais significativas é possível garantir o pleno cumprimento das leis penais brasileiras, auxiliando a evitar erros em apurações penais, favorecendo a ampla defesa e assegurando os direitos humanos.

1.1 JUSTIFICATIVA

Segundo dados das Nações Unidas, o Brasil é um dos vinte países mais violentos do mundo em taxa de homicídio, ocupando no ano de 2012 a 16ª posição (UNODC, 2014). O relatório, denominado *Global Study on Homicide 2013*, aponta ainda que 10% dos homicídios que ocorreram no mundo em 2012 foram no Brasil. Os estudos do sociólogo Waiselfisz, responsável pelos relatórios do mapa da violência no Brasil, apontam que no ano 2012 aproximadamente 12% dos homicídios do país ocorreram na região Sul do país, sendo o Estado do Paraná responsável por 52% dos homicídios da região sul (WAISELFISZ, 2012). Tanto em números absolutos, como em termos de taxa de homicídio por população de cada 100 mil habitantes, o Paraná é o estado mais violento do Sul do Brasil.

O homicídio é um crime previsto no código penal brasileiro e apresenta uma das maiores penas prevista pelo legislador, que pode chegar a 30 anos de reclusão (CPP, 1941). Apesar de ser um dos delitos mais graves, é apenas um dentre tantos delitos que são diariamente apurados nas delegacias brasileiras. No sentido de assegurar a apuração penal de um delito os estados brasileiros contam, no âmbito

da segurança pública, com órgãos específicos para a produção da prova material. São nestes órgãos que atuam os Peritos Oficiais responsáveis pela produção da prova material.

Segundo princípio de troca de Locard (VELHO, 2013), em um crime violento em que houver contato, ocorrerá o fenômeno de transferência entre vítima, agressora e ambiente. Os vestígios provenientes desta troca poderão ser empregados cientificamente no entendimento do fato delituoso (LANGFORD, 2005). A apuração penal e a produção da prova material são fundamentais para assegurar o estado de direito, na medida em que contribuem por vezes para identificação da autoria e para o entendimento da dinâmica do crime (*modus operandi*).

Conforme publicação em jornal de grande circulação no Estado do Paraná, foram analisados 1.000 inquéritos policiais de homicídios ocorridos na capital Paranaense entre os anos de 2010 e 2013 e publicado em uma série de reportagens denominada “Crime sem Castigo”, constatou-se de que apenas 19% das investigações de homicídios contavam com alguma prova técnica, além dos dois exames básicos de corpo de delito emitidos pela Polícia Científica: Laudo de Necropsia e Laudo do Exame de Local de Morte. A série de reportagens aponta ainda um índice de condenação de apenas 4,17% dos casos, abaixo da média do país que varia entre os índices “anões” de 5% a 8%, segundo a Associação Brasileira de Criminalística (GAZETA DO POVO, 2013).

O presente estudo visa realizar análises por microscopia ótica de fios de cabelo, no sentido de verificar a aplicabilidade da técnica para fins forenses como uma alternativa de exame de baixo custo e com relevância para a perícia criminal.

1.2 OBJETIVO GERAL

Microvestígios.² constituídos por fibras de fios de cabelo apresentam características individualizado, passíveis de emprego na criminalística. O trabalho em tela buscou adequar metodologias de análise das características macroscópicas e microscópicas de fios de cabelos, úteis no emprego forense, através de microscopia ótica.

² Microvestígio são vestígios diminutos preservados em locais de crime dentre os quais se caracterizam os fios de cabelo. (VELHO, 2013).

1.3 MATERIAIS E MÉTODOS

Esta seção discorre sobre o tipo de estudo, o universo, a amostra, os equipamentos utilizados e a preparação da amostra.

1.3.1 Tipo de estudo

Segundo Severino (2010) a pesquisa experimental toma o próprio objeto em sua concretude como fonte e o coloca em condições técnicas de observação. Para Marconi (2012) a pesquisa experimental é o levantamento de dados explicativos, avaliativos e interpretativos para aplicação de um fenômeno.

Para Severino (2010) a questão da abordagem quantitativa ou qualitativa faz referência mais a seus fundamentos epistemológicos do que propriamente a especificidades metodológicas.

O estudo em tela, face às características inerentes a que se propõe, o enquadram na linha da pesquisa experimental.

1.3.2 Universo

Universo, ou população, é o conjunto de seres humanos que apresentam pelo menos uma característica em comum. (MARCONI, 2012). O estudo em tela se propõe analisar fios de cabelo, restringindo o universo amostral, portanto, a fibras naturais proveniente de folículos pilosos da região da cabeça de seres humanos capazes de produzir pelos. O universo amostral do presente trabalho é, portanto, todo fio de cabelo proveniente de seres humanos.

1.3.3 Amostra

Amostra é uma porção ou parcela, convenientemente selecionada do universo (população); é o subconjunto do universo (MARCONI, 2012). Segundo Marconi (2012) os estratos são formados pelo pesquisador, segundo as necessidades de seu estudo. Os estratos devem ser formados de maneira que nenhum indivíduo possa ser enquadrado em dois estratos diferentes, e estes devem

ser o mais homogêneos possível (MARCONI, 2012). Optou-se, neste trabalho, por realizar uma amostra de conveniência.

No estudo em tela a composição dos estratos se dá segundo o tipo de cabelo. Os três tipos fundamentais de cabelo seguem classificação associada à seção transversal proposta por Ham (1977) e descrita por Jobim (2006), quais sejam: lissótrico, cimótrico e ulótrico. As associações com as respectivas seções transversais acham-se ilustradas no Quadro 1.

Seção transversal	Tipo de cabelo
Circular	Lissótrico (liso)
Oval	Cimótrico (ondulado)
Elíptico ou reniforme	Ulótrico (crespo ou encarapinhado)

Quadro 1: Morfologia da seção transversal de fios de cabelo.
Fonte: Adaptado Jobim, 2006.

Os subconjuntos segregam-se conforme a cor do fio de cabelo. Robertson (1999, p.58, tradução nossa) descreve: “A cor dos cabelos a um observador não depende somente da pigmentação nos fios, mas também das propriedades físicas do cabelo, que podem afetar a forma como a luz interage com ele.” Ainda segundo o autor, uma série de fatores, tais como: a pigmentação do cabelo, a estrutura da cutícula, do córtex e da medula, a distribuição da granulação da pigmentação, entre outros, irão contribuir para a grande variedade de cores possíveis de serem percebidas pelo olho humano. Desta forma em “[...] comparações forenses [...]” devem ser adotados “[...] métodos **reprodutivos** de preparação do cabelo e **iluminação.**” (ROBERTSON, 1999, p. 58, tradução nossa, grifo nosso). As cores seguem cinco tipos fundamentais: castanho escuro/preto, castanho/marrom, castanho claro/loiro/amarelo, ruivo/vermelho, branco. Cabelos grisalhos geralmente são “[...] mistura de cabelos coloridos e cabelos brancos [...]” (ROBERTSON, 1999, p. 58).

Em razão do objeto de estudo em questão focar-se no método de preparação e análise de fios de cabelo, os materiais de investigação constituídos de

fios de cabelo foram coletados do próprio autor, de forma a prover matéria prima para o desenvolvimento da metodologia. Os materiais de investigação foram utilizados para observação e correlação das características das fibras com as características do doador.

1.3.4 Equipamento

Utilizou-se um microscópio ótico trinocular³ da marca Spencer com oculares de ampliação de 10x com retículo graduado, com objetivas de 2x, 10x, 43x e 97x, e lâmina de calibração para micrometria com resolução de 0,1mm e 0,01mm. A iluminação será realizada por meio de lâmpada de filamento de baixa tensão, ou por *LED*⁴ para lâminas translúcidas, e, iluminação direta com *LED* para lâminas e blocos de parafina opacos. Estes equipamentos são compatíveis com àqueles disponíveis em laboratórios forenses de microvestígios.

O microscópio ótico é composto de 12 peças básicas, conforme ilustrado na Figura 1. Este equipamento empregado conjuntamente com um retículo graduado e uma lâmina de calibração permite a micrometria: medição micrométrica dos objetos visualizados nas oculares.

O microscópio ótico ilustrado na Figura 1 é composto por:

1. Lente Ocular;
2. Tubo ou canhão;
3. Revólver ou tambor;
4. Objetivas;
5. Braço ou coluna;
6. Platina ou mesa;
7. Condensador com diafragma;
8. Lâmpada embutida;
9. Pé ou base;
10. Parafuso macrométrico;
11. Parafuso micrométrico;
12. Charriot.

³ Trinocular: Possui três oculares

⁴ LED: Sigla em inglês para *light emitter/emitting diode*



Figura 1 - Estrutura básica de um microscópio óptico.
Fonte: Adaptado de Casartelli, 1968.

Foram utilizadas três câmeras fotográficas digitais, sendo: uma câmera da marca Sony modelo DSC-HX1 com lente 2.8-5.2/5.0-100.0, uma câmera da marca Canon modelo EOS Rebel T3i com lente EF 18-55mm e uma câmera da marca Fujifilm modelo FinePix JZ300.

1.3.5 Preparação do material a ser investigado

A preparação dos materiais deu-se conforme metodologia proposta por Swaya (2009), e adotada no Instituto Médico Legal de Curitiba, qual seja: limpeza de forma individual com três aplicações de soluções de 30,0 ml (trinta mililitros) de água e hexano, álcool etílico (70%), ou hidrocarboneto similar. Posteriormente preparou-se corpos de prova em lâmina permanente para microscopia, com perfil longitudinal da fibra íntegra, impressão em lâmina semipermanente para análise de cutícula, lâminas não permanentes para microscopia com três perfis longitudinais da fibra íntegra (região do bulbo, haste e ponta), lâmina ou bloco de parafina preparado com corte da seção transversal da fibra, lâminas permanentes para microscopia com

perfis longitudinais da fibra após despigmentação com peróxido de hidrogênio ou xileno.

Foram registradas por fotografia digital as imagens produzidas no microscópio ótico, e analisadas quanto a: ampliação, facilidade de preparação e análise, informações possíveis de serem analisadas e limitações.

1.3.6 Orçamento

Os insumos necessários para a confecção dos materiais investigados estão descritos no Quadro 2.

QUANT	UN	DESCRIÇÃO	VLR.UNIT
02	CX	LAMINA P/A MICROSCOPIA 26X76 CX.C/50	3,80
01	CX	LAMINULA /A MICROSCOPIA 18X18 CX.C/100	2,50
01	FR	BALSAMO DO CANADA SINTETICO FR.C/100ML	27,00
01	LT	XYLOL P.A	19,00
01	FR	PARAFINA PURIFICADA 54-56% FR.C/500GR	19,60

Quadro 2: Orçamento de Insumos.
Fonte: Autoria própria, 2014.

Foram empregados no presente estudo os equipamentos descritos no Quadro 3.

EQUIPAMENTO	QUANTIDADE
Microscópio ótico trinocular Spencer (ampliação máxima 970x)	01
Retículo graduado	01
Slide de calibração 0,1mm, 0,01mm.	01
Bisturi de corte	01
Câmera Fotográfica Digital Sony DSC-HX1	01
Fujifilm FinePix JZ300	01
Canon EOS Rebel T3i Lente EF 18-55mm	01

Quadro 3: Equipamentos.
Fonte: Autoria própria.

Os materiais e equipamentos foram adquiridos e empregados ao longo do cronograma de mestrado. As atividades encontram-se detalhadas no cronograma de atividades.

1.4 ANÁLISE DE DADOS

Para Marconi (2012) categoria é a classe, o grupo ou o tipo em uma série classificada. As categorias por sua vez devem ser exclusivas e podem ser classificadas de forma quantitativa ou qualitativa. No presente estudo as categorias são compostas pelos estratos (tipo de cabelo) e as subcategorias pelos subgrupos (cor de cabelo). Dados quantitativos são passíveis de tabulação, que segundo Abramo (1959 apud MARCONI, 2012) é a arrumação dos dados em tabelas, de maneira a permitir a verificação das relações que eles guardam entre si. A classificação qualitativa, por sua vez, baseia-se na presença ou ausência de alguma qualidade ou característica e na classificação de tipos diferentes de dada propriedade. (MARCONI, 2012).

As categorias no estudo em tela foram analisadas qualitativamente segundo suas propriedades organolépticas de cor e morfologia da seção transversal das fibras do cabelo, e quantitativamente quanto ao posicionamento da medula, espessura e outros atributos que puderem ser mensurados por micrometria. Os registros qualitativos registrados fotograficamente. Os dados quantitativos foram tabulados e expressos, quando aplicável, de forma gráfica.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para Marconi (2003) é imprescindível correlacionar a pesquisa com o universo teórico, de forma que todo projeto de pesquisa abranja as premissas ou pressupostos teóricos sobre os quais o pesquisador fundamentará sua interpretação. Nesta seção serão abordadas as teorias necessárias ao desenvolvimento da metodologia para análise forense de fios de cabelo

2.1 COLETA DE MICROVESTÍGIOS EM LOCAL DE CRIME

Para que o presente trabalho se preste a uma aplicação Forense do Local de Crime ao laboratório, faz-se necessário, mesmo que somente sob a ótica bibliográfica, que sejam abordadas formas de detecção e coleta de microvestígios em locais de crime, bem como o conceito de cadeia de custódia.

2.1.1 Métodos de detecção de Microvestígios

Para Kehdy (Apud VELHO, 2013, p.11) “Local de crime é toda área onde tenha ocorrido um fato que assuma a configuração de infração penal e que, portanto, exija a providência da polícia”. Compreende-se que independente da espécie do crime, assim como um fato que mesmo não constituindo crime, mas, que chegue ao conhecimento da Polícia, deva ser analisado e esclarecido. Um local em que tenha ocorrido um homicídio, suicídio, furto qualificado, acidente de trânsito, acidente de trabalho, incêndio, explosão, podem ser considerados como “local de crime”.

Para Velho (2013) o local onde ocorreu o fato é uma fonte de informações objetivas e subjetivas. Para Robertson (1992), uma série de etapas devem ser cumpridas no local do crime a coletar e armazenar adequadamente os vestígios. Estas etapas são (adaptado ROBERTSON, 1992, p. 102):

- Manutenção do isolamento do local de crime. Acesso limitado ao perímetro delimitado pelo isolamento policial, evitando contaminações e perda de evidências físicas;

- Delimitar áreas para descarte de material e armazenagem dos equipamentos durante a perícia;
- Redução do tráfego de pessoas durante o processamento do local;
- Manter paramédicos, policiais civis, militares o Delegado de polícia e demais envolvidos com o atendimento da ocorrência fora do perímetro de processamento do local.

O processamento de local de crime na busca por microvestígios deve acontecer, segundo Robertson (1992) antes da realização da busca por impressões papilares (impressões digitais). Contudo, algumas técnicas de coleta de fibra, como levantamento por fita adesiva, podem potencialmente destruir impressões papilares. Deverá ser tomada uma decisão em relação a relevância do local a ser analisado, bem como a visualização da superfície com auxílio de iluminação rasante, de forma a decidir pela realização do procedimento ou não.

O principal método de detecção de microvestígios constituído por fio de cabelo é o visual. A aplicação da técnica de luz rasante, quando uma fonte luminosa é colocada em ângulo obtuso sobre a superfície, pode ser útil no auxílio a visualização. Em relação aos métodos de busca, Velho (2013) cita as três técnicas clássicas:

- Busca em espiral: Aplicada em áreas pequenas, quando a busca se inicia pela parte periférica em forma de espiral até se chegar ao centro;
- Busca por quadrante: Utilizada quando a área possui divisões espaciais bem definidas, como em uma residência, por exemplo. Divide-se a área em quadrantes e analisa-se cada uma individualmente;
- Busca em linha: Técnica que necessita de uma quantidade significativa de pessoas. Potencializa a varredura de uma área e tem maior velocidade de processamento. A área a ser analisada é separada em faixas que são analisadas por profissionais que se deslocam de forma simultânea e paralela. Todos interrompem momentaneamente o deslocamento quando algo é identificado.

Para Velho (2013) a utilização de luzes forenses associadas a lentes de aumento podem ser ferramentas adicionais úteis no reconhecimento de microvestígios. O fato é que em alguns casos o local poderá ser processado e a

coleta ser realizada de forma ampla para posterior análise em laboratório dos microvestígios.

2.1.2 Métodos de coleta de microvestígios

O exame de corpo de delito deve ser realizado no local de crime, na vítima, no agressor, na arma do crime ou em vestígios e objetos que estejam relacionados a um destes fatores. O corpo de delito é amplo e, por vezes, atemporal, e não se restringe, portanto, ao local ou à vítima, mas se estende a qualquer vestígios ou microvestígio que possa ter relação com o crime. Na realização da Perícia, o método científico deve ser empregado para que algumas perguntas sejam respondidas. Para Robertson (1992, p.107, tradução nossa) devem-se responder:

- O que ocorreu?
- Quando ocorreu?
- Porquê ocorreu?
- O que o suspeito deixou para trás?
- O que o suspeito levou consigo?

Langford (2005, p.133, tradução nossa), de forma semelhante propõem a resposta aos seguintes quesitos:

- Um crime foi cometido?
- Como foi cometido?
- Quando foi cometido?
- Onde foi cometido?
- Quem esteve envolvido?

Neste contexto Dorea (2010) expõem que a pesquisa por pelos ou fibras pode determinar a identidade do criminoso, bem com revelar em certos casos, a presença de luta na ocasião do crime. Uma vez que o local de crime é um fenômeno irreprodutível, o Perito terá de realizar um exame minucioso do local e da vítima, constatar a possível localização dos vestígios tanto no corpo, como nas vestes, além da existência em armas, móveis e objetos.

Portanto, a análise de fios de cabelo poderá auxiliar no entendimento de algumas questões como, por exemplo, a forma como um crime ocorreu ou mesmo

quem esteve envolvido. Para que esta prática seja efetiva, contudo, é necessário a integração entre a perícia e a investigação criminal.

2.1.2.1 Transferência e Persistência

O princípio da transferência está baseado no axioma postulado por Edmond Locard de que “todo contato deixa uma marca”. Para Robertson (1992), se todos os vestígios estivessem disponíveis seria possível reconstruir o evento e rastrear o autor. Contudo, na realidade muitos vestígios não são detectados.

No caso das fibras, teorias relacionadas com o fenômeno da transferência começaram a ser estudadas na Inglaterra em 1975 no Home Office Central Research Establishment (HOCRE) por Pounds e Smalldon (*apud* ROBERTSON, 1992). Nos estudos foram utilizadas fibras e observou-se que a transferência depende:

- Da área de superfície de contato;
- Do número de contatos (repetidos contatos na mesma área causam o retorno de fibras ao ponto de origem);
- Força ou pressão de contato (mais fibras transferidas com aumento da pressão);
- Da natureza do substrato.

Juntamente com o conceito de transferência está o conceito de persistência, associado ao fato das fibras permanecerem, ou não, aderidas ao novo substrato depois da transferência. A persistência seria a capacidade de uma fibra de permanecer aderida ao substrato. Segundo Robertson (1992), isto depende de inúmeros fatores, sendo que em geral a persistência reduz com o passar das horas.

Em suma, a coleta deve ser efetuada com a maior brevidade possível.

2.1.2.2 Coleta de Microvestígios constituídos por fios de cabelo

A coleta de fibras deve observar os princípios da cadeia de custódia, sendo recomendado, sempre que possível, que sejam fotografadas no local em posição em que originalmente se encontram. Após registro, a coleta deve ser efetuada de forma

a assegurar a integridade do vestígio e seu correto transporte e acondicionamento para futuras análises. No caso de fios de cabelo, por ser um microvestígio de origem biológica é recomendável, segundo Sawaya (2009) que sejam acondicionados em envelope de papel.

A coleta de fibras pode ocorrer no local do crime, no autor, na vítima, ou em objetos relacionados ao crime. Segundo Robertson (1992) podem ser empregados os seguintes métodos:

1. Coleta manual. Fibras são coletadas individualmente por meio de pinças (limpas e descontaminadas), ou com a mão revestidas de luvas descontaminadas. As fibras devem estar visíveis ao Perito. Podem ser empregadas luzes de forma direta ou rasante⁵ para melhor visualização.
2. Levantamento com fita adesiva (*tape lifting*). O uso deste método foi primeiramente proposto por “Frei-Sulzer (1951) e incentivado por Martin (1966)” (ROBERTSON, 1992, p102, tradução nossa), e, segundo alguns autores apontado como um dos métodos mais efetivos de coleta de fibras. Constitui um método simples, rápido e relativamente não invasivo. Uma fita adesiva é repetidamente tocada nas áreas em que se quer proceder a coleta, em seguida aderida a uma superfície protetiva para preservação. Uma boa superfície para preservação seria, por exemplo, um saco de polietileno (tipo *ziplock*⁶);
3. Penteando ou escovando: Comumente aplicados para remover microvestígios dos fios de cabelo, mas podem também servir de método de coleta de padrões de fios de cabelo.
4. Varredura à vácuo: Método em que se emprega um aspirador forense equipado com recipiente dotado de filtro, que retém partículas sólidas para análise. Indicado para superfícies em que outros métodos sejam inviáveis ou ineficientes.
5. Raspagem: Indicado em casos de corpos enterrados ou em decomposição. O material raspado pode ser acondicionado em papel absorvente.

⁵ Luz rasante: incidência de luz em ângulo oblíquo quase tangente a superfície de análise.

⁶ *Ziplock*: Saco plástico com fecho hermético comumente utilizado para armazenamento de vestígios.

2.1.3 Cadeia de Custódia

A portaria 82, datada de 16 de junho de 2014, exarada pela Secretaria Nacional de Segurança Pública (SENASP, 2014), e publicada no diário oficial da União (DOU 136 ISSN_1677-7042) foi um dos primeiros documentos oficiais brasileiros a tratar da cadeia de custódia. Segundo o documento, denomina-se cadeia de Custódia: “o conjunto de todos os procedimentos utilizados para manter e documentar a história cronológica do vestígio, para rastrear sua posse e manuseio a partir de seu reconhecimento até seu descarte” (BRASIL, 2014). O início da cadeia de custódia se dá com a preservação do local de crime e/ou com procedimentos policiais e periciais nos quais sejam detectadas a existência de vestígio.

A cadeia de custódia compreende, segundo Ministério da Justiça Brasileiro (2014), o rastreamento do vestígio nas seguintes etapas:

- Reconhecimento
- Fixação
- Coleta
- Acondicionamento
- Transporte
- Recebimento
- Processamento
- Armazenamento
- Descarte

Neste sentido, o Perito que assumir a custódia do material a ser analisado deverá consignar em laudo as condições da embalagem, da amostra e das informações contidas no invólucro de forma a assegurar a continuidade da cadeia de custódia.

2.2 FIOS DE CABELO

Tortora (2000) afirma que o sistema tegumentar é composto por um grupo de órgãos operando em conjunto para realizar funções especializadas, em que a pele é responsável por regulação da temperatura corporal, proteção, sensação, excreção, imunidade e síntese de vitamina D. São órgãos acessórios da pele os pelos, as glândulas e as unhas. Os pelos são crescimentos da epiderme que se distribuem variadamente sobre o corpo. Sua função primária é a proteção. O pelo da cabeça protege o couro cabeludo da lesão e dos raios solares; os supercílios protegem os olhos de partículas estranhas, o pelo das narinas protege contra inalação de insetos e partículas estranhas.

Para Hackett (*apud* ROBERTSON, 1999) o pelo é característico da pele dos mamíferos e em alguns animais possui finalidade de regulação de temperatura, proteção ou camuflagem, sendo que em seres humanos possui também finalidade de ornamentação. O pelo cuja raiz esteja incorporada à pele pode ser considerado um tecido vivo.

2.2.1 Constituição dos fios de cabelo

Para Tortora (2000, p. 88) todo cabelo “... é um fio de células fundidas, mortas, queratinizadas que consiste de uma haste e de uma raiz.” A **haste** é a porção superficial, a maior parte da qual se projeta sobre a superfície da pele. A **raiz** é a porção abaixo da superfície que penetra na derme e mesmo na pele subcutânea. Circundando a raiz, está o **folículo piloso**, que é composto de duas camadas de células epidérmicas: as **bainhas externa e interna da raiz**, circundadas por uma bainha de tecido conjuntivo. A base de cada folículo é alargada em uma estrutura em forma de cebola, o **bulbo**. Esta estrutura contém uma indentação, a **papila do pelo**, que contém muitos vasos sanguíneos e fornece nutrição para o pelo em crescimento. O bulbo também contém uma região da célula denominada **matriz** que produz novos pelos por divisão celular quando os pelos velhos são eliminados.

Em relação à seção transversal da haste, o cabelo é constituído por: medula, córtex e cutícula (HAM, 1977). Em relação à seção longitudinal possui bulbo, haste e ponta (ROBERSTON, 1999).

A forma geral celular de um cabelo maduro humano está demonstrada na Figura 2.

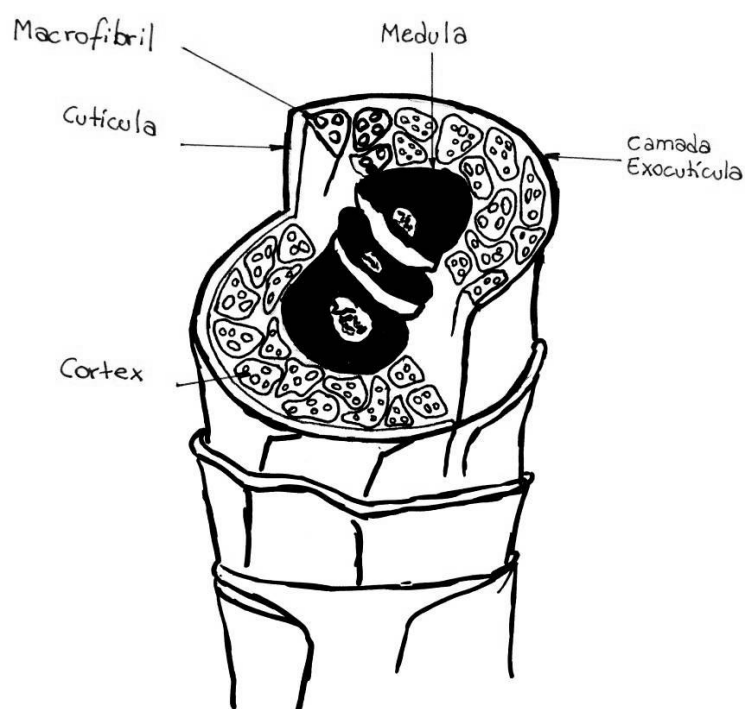


Figura 2 – Corte esquemático da seção transversal de um cabelo humano maduro, mostrando as principais estruturas celulares, cortex e medula, separados por espaços de ar, macrofibrils⁷ e cutícula.
 Fonte: Adaptado Robertson (1999, p. 15).

O **bulbo** é a parte inferior do pelo. Esta região está adjacente às células germinativas que estão organizadas em camadas e responsáveis pelo crescimento do cabelo. Para Bradfield and Gray (*apud* ROBERTSON, 1999) há uma significativa relação entre o diâmetro da raiz do cabelo e quantidade de DNA na raiz.

As células da **medula** são oriundas das células germinativas do bulbo, e, segundo Rogers (*apud* ROBERTSON, 1999), parte nuclear da fibra do cabelo.

O **cortex** localiza-se na região externa à medula e interna à cutícula. Derivada de células do bulbo.

A **cutícula** é a parte externa do fio de cabelo. Crescem de uma simples camada de tecidos germinativos, externo ao cortex (ROBERTSON, 1999).

⁷ Macrofibril: Macrofilamentos alinhados longitudinalmente e paralelo ao eixo da haste, compostos por queratina e presente no córtex. (Robertson, 1999, p. 18)

2.2.2 Ciclo de crescimento dos fios de cabelo

Segundo Tortora (2000) cada folículo piloso atravessa um **ciclo de crescimento**, que consiste de um estágio de crescimento e um estágio de repouso. Durante o estágio de crescimento o pelo é formado por células da matriz que se diferenciam, tornam-se queratinizadas e morrem. As novas células são adicionadas na base da raiz do pelo e o pelo cresce mais. Com o tempo, o crescimento do pelo cessa e o estágio de repouso inicia-se. Após o estágio de repouso, um novo ciclo de crescimento se inicia, em que um novo pelo substitui o antigo, e o pelo antigo é empurrado para fora do folículo. Em geral os pelos do couro cabeludo crescem por cerca de 3 anos e repousam por cerca de 1 a 2 anos. Em qualquer dado momento, a maioria dos pelos está em estágio de crescimento.

A fisiologia do crescimento dos cabelos pode ser estabelecida em três fases, de acordo com Robertson (1999), sendo uma de crescimento: fase **anágena** (Figura 3), uma fase de redução do crescimento: fase **catágena** (Figura 4), e uma fase de repouso, denominada **telógena** (Figura 4Figura 5). Comparações entre anágena/catágena e telógena/catágena podem ser observadas nas Figura 6 e Figura 7.

A perda normal de pelo no couro cabeludo adulto é de cerca de 100 pelos por dia. Tanto a velocidade do crescimento quanto o ciclo de reposição podem ser alterados por qualquer um dos seguintes fatores: doença, rádio e quimioterapia, dieta, idade, genética, sexo e estresse emocional grave. A velocidade de queda também aumenta por 3 a 4 meses após o parto, conforme propõem Tortora (2000).



Figura 3 – Fio de cabelo em fase anágena de crescimento.
Fonte: Autoria Própria.



Figura 4 – Fio de cabelo em fase catágena de crescimento.
Fonte: Autoria Própria



Figura 5 – Fio de cabelo em fase telógena de crescimento.
Fonte: Autoria própria.



Figura 6 – Imagem com comparação entre fio de cabelo em fase anágena (esquerda) e catágena (direita).
Fonte: Autoria própria



**Figura 7 – Imagem com comparação entre fio de cabelo em fase telógena (esquerda) e anágena (direita).
Fonte: Autoria própria.**

2.2.3 Composição dos fios de cabelo e coloração

A cor do pelo é devido à melanina. Segundo Tortora (2000) ela é sintetizada por melanócitos na matriz do bulbo, e passa às células da raiz do corpo. O pelo escuro contém principalmente melanina verdadeira. Os pelos loiros e ruivos contêm variantes da melanina em que há ferro e enxofre. O pelo grisalho ocorre com um declínio na síntese da melanina. O pelo branco resulta do acúmulo de bolhas de ar na haste do pelo.

A cor do cabelo percebida por um observador depende não somente da pigmentação, mas também de propriedades física do cabelo que podem afetar a forma como a luz interage com ele, tais como “presença ou não de medula” e “textura da cutícula” (ROBERTSON, 1999, p. 58, tradução nossa). Para fins forenses a reprodutibilidade dos métodos e equipamentos será o padrão de análise entre diferentes amostras, interagindo de maneira uniforme em termos iluminação e preparação entre as amostras. Portanto, é possível de ser obtido utilizando um mesmo equipamento e com os mesmos parâmetros de observação.

A cor do cabelo varia conforme a idade (WASSERMANN, 1974, *apud* ROBERTSON, 1999). Eles podem tanto escurecer como tornarem-se grisalhos, o que é na realidade uma mistura de fios com pigmento com fios despigmentados.

Para fins forenses a cor do cabelo pode ser mensurada usando ferramentas computacionais, que basicamente se resumem a três métodos de quantificação (BROOKS, 2011):

- Modelo *Red-Green-Blue* (RGB);
- CIE XYZ Tristimulus (1931);
- CIE L*a*b* (1976).

No presente estudo foi aplicado apenas a título de exemplo o método RGB, através da utilização do programa computacional *Digital Photo Professional* – Versão 3.13.20.0 (CANON INC. 2004-2013). Na Figura 8 é possível visualizar no canto superior direito da imagem o gráfico RGB de um fio loiro. Na Figura 9 é possível verificar a variação do gráfico para um fio de cabelo castanho, e na Figura 10 é possível observar o gráfico RGB para um fio de cabelo preto.

Para Petraco (2004, tradução nossa) existem basicamente cinco cores naturais de cabelo, que podem apresentar diversas nuances:

- Loiro;
- Ruivo;
- Castanho;
- Preto;
- Branco (despigmentado).

Além da possibilidade de existir outros tipos de cores, proveniente de coloração artificial.

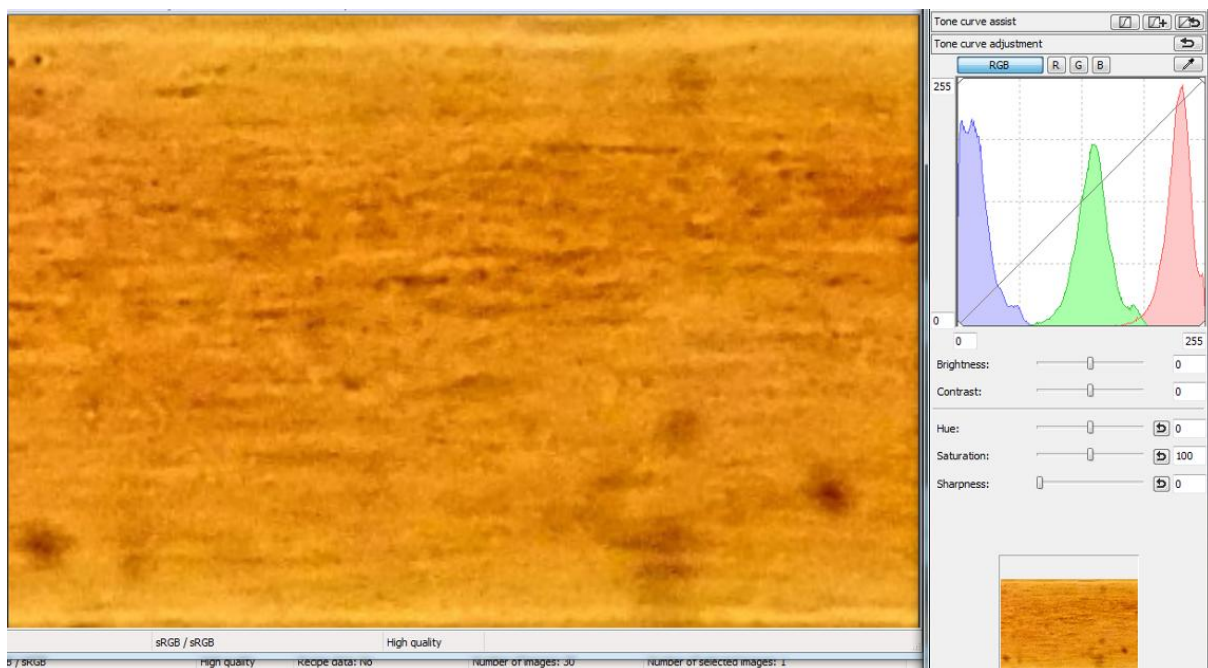


Figura 8 – Imagem visualizada através de programa computacional de fio de cabelo loiro.
Fonte: LARA, 2014.



Figura 9 – Imagem visualizada através de programa computacional de fio de cabelo castanho.
Fonte: LARA, 2014.



Figura 10 – Imagem visualizada através de programa computacional de fio de cabelo preto.
Fonte: LARA, 2014.

2.2.4 Características dos fios de cabelo Humano

Cabelos humanos são compostos por córtex, medula e cutícula (DEEDRICK, ROBERTSON, 2004, 1999). A busca por identificar se uma fibra é cabelo humano requer análise detalhada dessas regiões de forma sistemática.

A Tabela 1 lista as principais diferenças entre um pelo humano e não humano.

Tabela 1 - Comparação das características de pelo humano e não humano.

Característica	Humano	Não humano
Cor	Relativamente constante ao longo da haste	Geralmente apresentam profundas mudanças de cor
Cortex	Ocupam a maior parte da largura da haste. Maior que a medula.	Geralmente menores em largura que a medula.
Distribuição da pigmentação	Homogênea ou levemente acentuada em direção à cutícula.	Central ou mais densa em direção à cutícula.
Medula	Menor que um terço da largura da haste. Amorfa, principalmente descontínua quando presente.	Maior que um terço da largura da haste. Contínua, frequentemente variando em aparência ao longo da haste. Estrutura definida.

Fonte: Adaptado de Robertson, 1999 (tradução nossa).

Para Robertson (1999) o ideal é de que cada fibra de cabelo seja analisada separadamente, e estudada da raiz para ponta. É ainda aconselhável que análises comparativas sejam feitas. Conhecer as características dos pelos de animais mais comuns, tais como: lã, pelos de gato e de cachorro é igualmente importante para a área forense. A Tabela 2 apresenta uma relação de diâmetros de fibras naturais compostas por pelos.

Tabela 2 - Diâmetro ou largura aproximada das principais fibras queratinadas.

Fibra	Diâmetro ou Largura (μm)
Cabelo humano	
Terminal	30-120
Penugem	<4
Lã	
Lã fina	17-33
Lã grossa	33-42
Pelo de cavalo	
Crina	50-150
Rabo	75-280
Gato	~450

Fonte: Adaptado Springer, 2001 (tradução nossa).

2.2.5 Índice Medular

A análise da medula pode ser um fator de diferenciação entre um pelo humano e um proveniente de outros animais. Uma maneira é realizar o cálculo do índice medular (MI – *medullary index*). O índice medular humano é geralmente menor do que 0,33 (ROBERTSON, 1999, p. 108) e pode ser calculado, segundo Petraco (2004, p. 75) pela equação (1):

$$MI = \text{diâmetro_medular} / \text{diâmetro_da_haste} \quad (1)$$

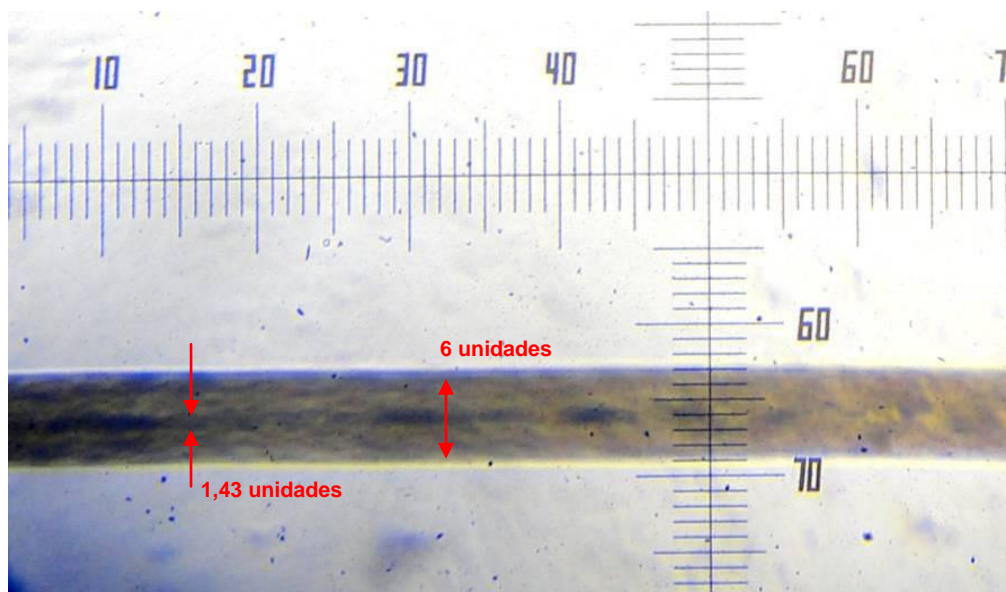


Figura 11 – Imagem medula com índice medular (MI) de 0,24. Ampliação 430x.
Fonte: Autoria própria.

A Figura 11 apresenta a imagem de uma fibra de cabelo com presença amorfa de medula. Se aplicarmos o cálculo de MI para a figura, utilizando uma medição arbitrária, obtêm-se o resultado apresentado na equação $MI = \text{diâmetro_medular} / \text{diâmetro_da_haste} = 1,43_unidades / 6_unidades = 0,24$ (2), cujo índice medular apresenta valor de 0,24.

$$MI = \text{diâmetro_medular} / \text{diâmetro_da_haste} = 1,43_unidades / 6_unidades = 0,24 \quad (2)$$

Langia (1966, *apud* ROERTSON, 1999) descreve que o índice medular aumenta com a idade e pode ser maior em cabelos brancos do que em cabelos pigmentados.

2.2.6 Características de interesse forense em fios de cabelo

Em relação ao emprego forense há três situações a serem consideradas:

1. Análise de amostra para fins de identificação se se trata de cabelo humano ou não;

2. Análise de amostra para fins de identificação de possíveis características do doador;
3. Análise para fins de identificação entre uma amostra de padrão e uma amostra questionada.

Para fins de comparação a Polícia Federal Americana⁸ (EUA, 2015) adota procedimentos de análise por microscopia ótica. Contudo, para fins de comparação adota conjuntamente análise de genética molecular (DNA⁹ Mitocondrial¹⁰).

Características macroscópicas (OGLE, PETRACO, ROBERTSON, 1999, 2004, 1999):

- Formato do cabelo;
- Grau de curvatura do cabelo;
- Textura;
- Cor;
- Comprimento.

Características microscópicas:

- Cor;
- Densidade do pigmento;
- Tamanho do granulado da pigmentação;
- Continuidade da medula;
- Opacidade da medula;
- Espessura da cutícula;
- Margem interna da cutícula;
- Superfície da cutícula;
- Textura do córtex;
- Estágio de crescimento da raiz;
- Características da ponta distal;
- Máximo diâmetro da haste;

⁸ Polícia Federal Americana: denominada no país de origem pela sigla FBI: Federal Bureau of Investigation.

⁹ DNA: sigla empregada para o ácido desoxirribonucleico, em inglês *deoxyribonucleic acid* (Robertson, 1999, p. 155). Polímero composto por quatro blocos denominados nucleotídeos.

¹⁰ DNA Mitocondrial: Sigla mt DNA (Robertson, 1999, p. 155). Marcador genético de linhagem materna.

- Aberrações da haste;
- Doenças e desordens presentes no fio de cabelo;
- Outras características;
- Presença de danos, insetos, aracnídeos ou fungos.

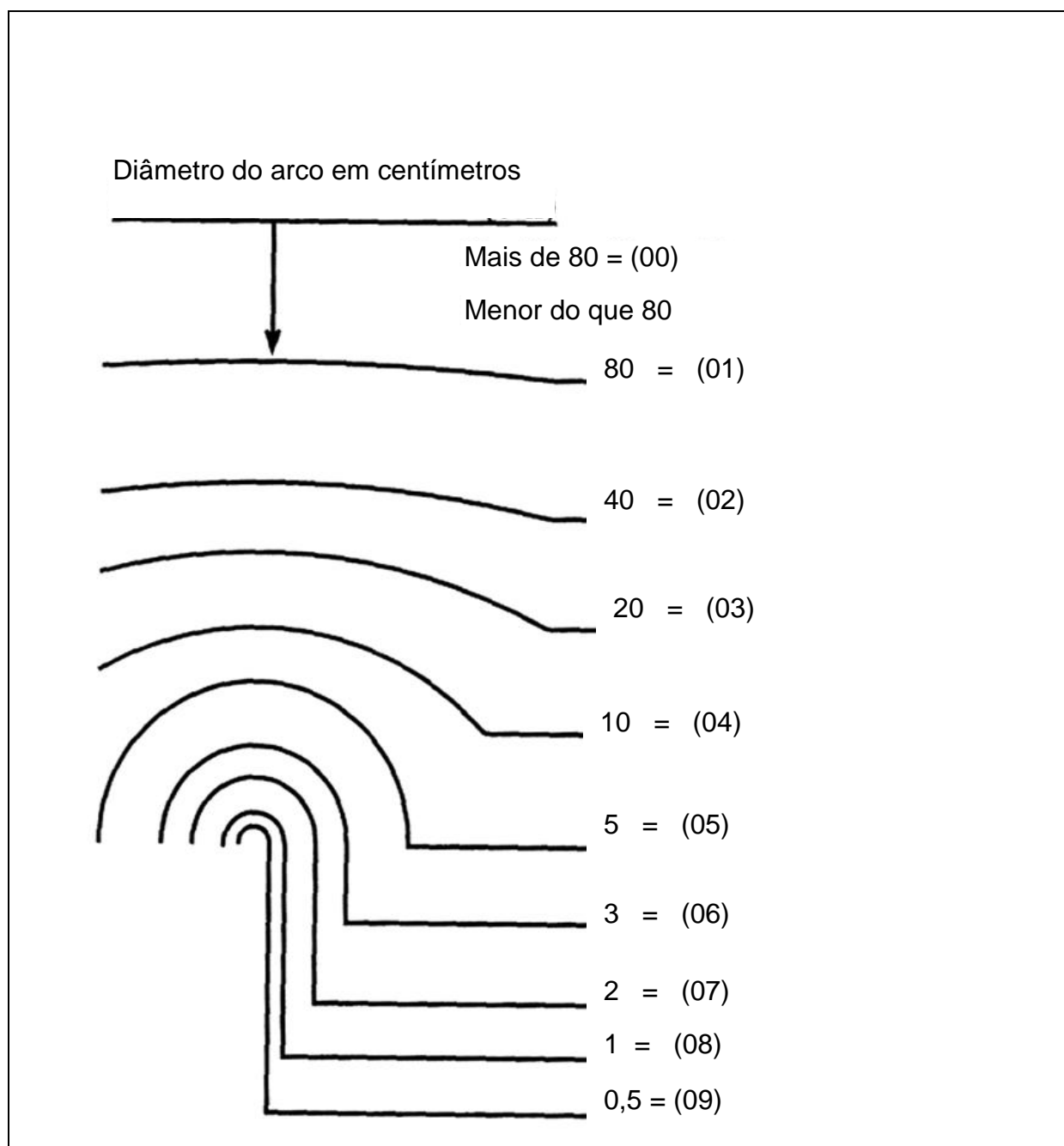


Figura 12 – Modelo de curvatura dos fios de cabelo.
Fonte: Adaptado Ogle (1999, p. 22)

Com base em modelos fornecidos por alguns autores (PETRACO, ROBERTSON, 2004, 1999) foram desenvolvidos formulários para auxiliar na análise das características macroscópicas e microscópicas, conforme se encontra ilustrado no APÊNDICE A ao APÊNDICE C.

2.3 MICROMETRIA

Segundo Petrado (2004, p. 38, tradução nossa) micrometria é a “medição de pequenas medidas lineares, ângulos e áreas com a utilização do microscópio”. Para Casartelli (1968, p.7, tradução nossa) a micrometria “é a arte de medir o tamanho dos detalhes estruturais dos objetos ou preparados que se observam ao microscópio”. É um método ótico e se distingue das medições mecânicas. Quantificar medições com o uso do microscópio ótico envolve a utilização de dispositivos, sendo que alguns dispositivos precisam de procedimentos de calibração.

2.3.1 Unidades de medida

A unidade de medida em micrometria é a micrometro segundo Casartelli (1969) que equivale a 0,001 mm. Outra equivalência para o micrometro (μm) seria 10^{-6} m, ou ainda em angstrom (Å), sendo o valor de uma micra equivalente a 10.000 Å .

No presente trabalho adotaram-se dois dispositivos, o ocular micrométrico (OMC) e a escala micrométrica (EM), que permitem, depois de calibrados, a medição de objetos com a precisão de 10,0 μm (dez micrometros).

O ocular micrométrico (OCM) possui uma escala arbitrária produzida por um disco graduado instalado no plano focal primário da ocular. Esta graduação apresenta dois eixos transversais que se intercedem na região mediana, com cem divisões em cada eixo.

A escala micrométrica (EM), ou *slide*¹¹ de calibração utilizada, possui medidas conhecidas, conforme pode ser observado na Figura 13. A escala utilizada

¹¹ *Slide*: Lâmina de vidro utilizada em microscopia.

no presente estudo possui marcação de 1,0 mm com cem divisões, permitindo, portanto, medições de até 10,0 μm , conforme acha-se ilustrado na Figura 13 indicada pelo quadrilátero vermelho apontando a escala utilizada.

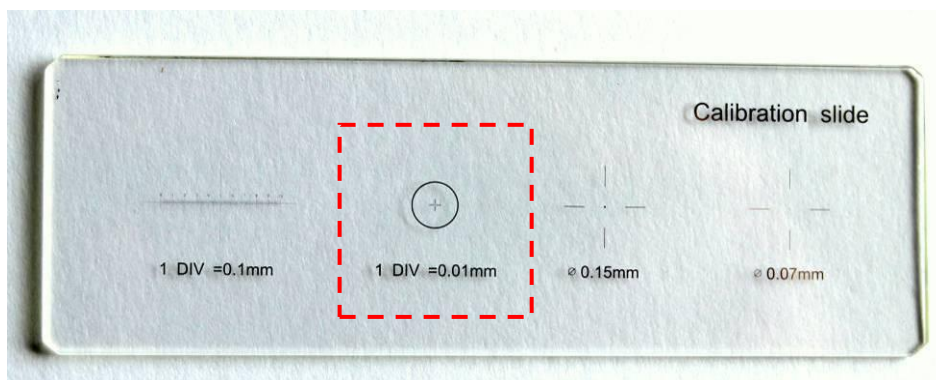


Figura 13 – Escala Micrométrica/Slide de calibração.
Fonte: Autoria própria.

2.3.2 Calibração

O processo calibração constitui um método de medição indireta. Para determinar o valor de cada divisão da ocular micrométrica (OCMD) é necessário alinhar a imagem da escala micrométrica com medidas conhecidas (EM) com a ocular (OCM), conforme demonstrado na Figura 14. Após alinhamento conta-se o número de divisões da ocular micrométrica (OCMD) e das divisões da escala micrométrica (EMD) e registram-se estes valores, conforme acha-se ilustrado na Figura 15. A equivalência segundo Petraco (2004) pode ser descrita, considerando um $K=10,0\mu\text{m}$ (precisão da Escala Micrométrica utilizada na calibração), conforme a equação **Erro! Fonte de referência não encontrada.:**

$$1OCMD = n^{\circ}_{de_EMD} \times K / n^{\circ}_{de_OCMD} \quad (3)$$

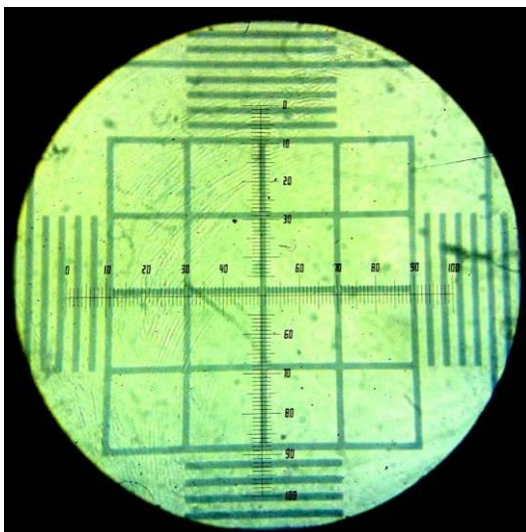


Figura 14 - Alinhamento entre ocular e escala micrométrica.
Fonte: Autoria própria.

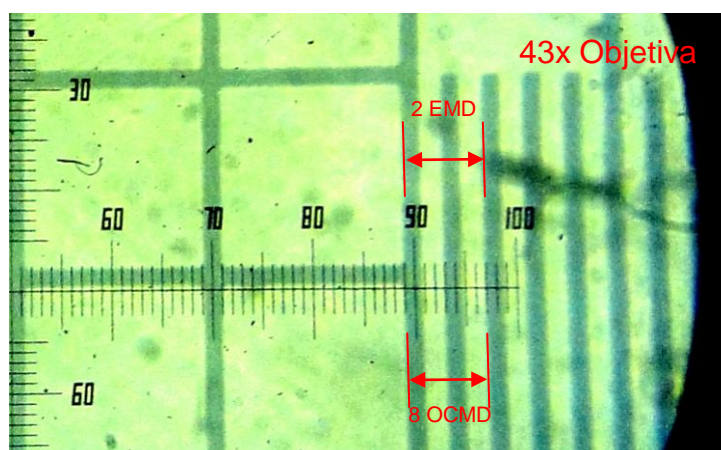


Figura 15 - Ampliação da região de contagem dos valores OCMD e EMD.
Fonte: Autoria própria.

Em que:

- OCMD = Divisão da Ocular Micrométrica. São as divisões observadas na ocular do microscópio ótico;
- EMD = Escala micrométrica com medidas conhecidas. É a escala micrométrica utilizada para calibração, posicionada sobre a mesa (platina) do microscópio, no mesmo local em que posteriormente será colocado a amostra de fio de cabelo a ser medida;
- K = Precisão da escala micrométrica. Depende do padrão utilizado, no caso do presente estudo o *slide* de calibração possui precisão de $10\mu\text{m}$;

Aplicando a equação 3 tem-se: $1OCMD = 2 \times 10 / 8 = 2,5\mu\text{m}$. Isto significa que cada divisão na ocular (OCMD) representa $2,5\mu\text{m}$.

Um exemplo da aplicação do método de medição por micrometria acha-se ilustrado na Figura 16 e em ampliação por meio de recurso computacional na Figura 17. Neste exemplo obteve-se a medida de $82\mu\text{m}$ de diâmetro no fio de cabelo analisado.

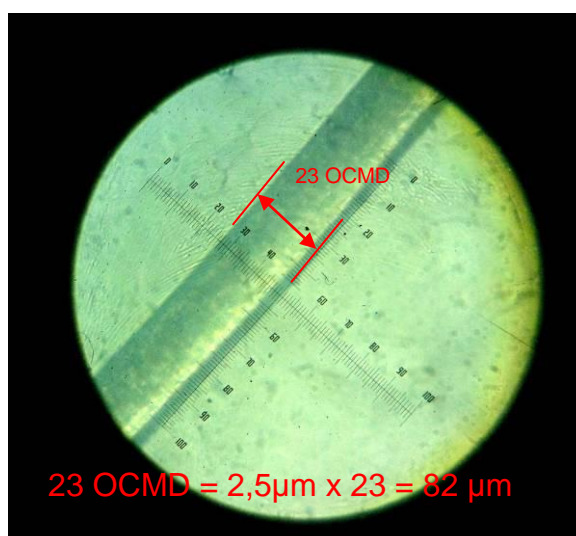


Figura 16 – Medição de fibra constituída por fio de cabelo por micrometria.
Fonte: Autoria própria.

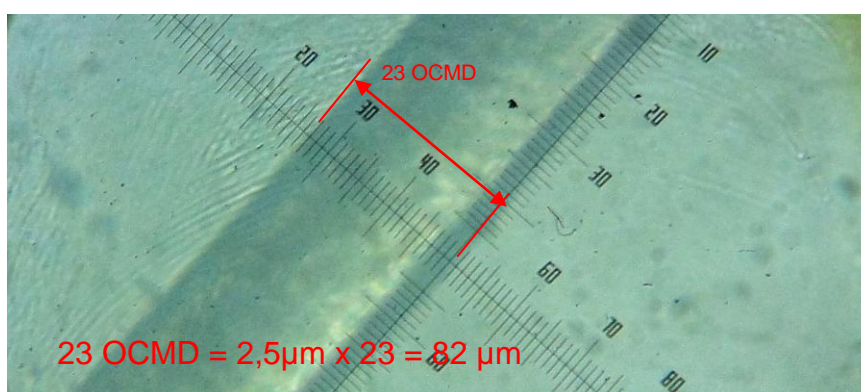


Figura 17 – Imagem ampliada da região de medição de fibra constituída por fio de cabelo por micrometria.
Fonte: Autoria própria.

3 APRESENTAÇÃO DOS DADOS E ANÁLISE

Esta seção apresenta a coleta e análise dos dados.

No sentido de organizar as informações foi desenvolvido um método próprio de codificação, conforme descrito nas seções seguintes, de forma a facilitar o procedimento de análise.

3.1 PREPARAÇÃO DO MATERIAL A SER INVESTIGADO (PRÉ PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS).

Os fios de cabelo devem passar por processo de limpeza através de três aplicações de soluções de 30,0 ml (trinta mililitros) de água e hexano, álcool etílico (70%) ou hidrocarboneto similar (SWAYA, 2009). Considerando que os materiais podem ser analisados em sua forma natural ou sofrer processo de despigmentação (descoloração), adotou-se a seguinte codificação conforme Tabela 3:

Tabela 3 – Codificação de pré-preparo das amostras.

Letra + letra (se aplicável) + número (se aplicável)			
Código	Sub Código	Número	Significado/Tempo de reação¹²
N	-	-	Natural
D	-	-	Descolorido
	P		Peróxido de Hidrogênio
-	A	-	Descolorante (acelerador)
-	X	-	Xilol
-	-	1	10 min
-	-	2	30 min
-	-	3	60 min
-	-	4	120 min
-	-	5	1 dia
-	-	6	1 semana

Fonte: Autoria própria.

As informações em relação ao preparo do material a ser investigado devem ser transcritas com marcador permanente de ponta fina para a lâmina de preparação

¹² Tempo em que as amostras ficaram submetidas a substância química descolorante.

das amostras, juntamente com a data em que foi realizado o processo de limpeza e, quando aplicável, descoloração.

Um material que tenha sofrido, por exemplo, descoloração com utilização de acelerador (descolorante) pelo período de trinta minutos deve ser identificado, no momento da preparação da lâmina, conforme ilustrado na Figura 18:

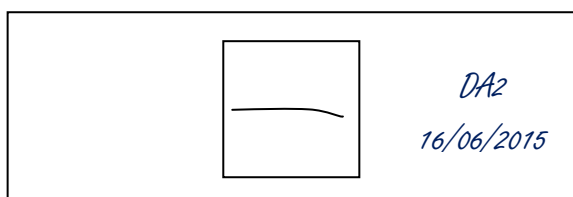


Figura 18 – Exemplo de codificação de material a ser investigado.
Fonte: Autoria própria.

3.2 PREPARAÇÃO DAS LÂMINAS.

As lâminas podem sofrer preparo permanente e não permanente. Os preparos não permanentes podem ser ao ar, ou ao xilol. Os preparos permanentes podem ser em esmalte incolor (para padrão de cutícula), ou em bálsamo do Canadá. Adotou-se, de forma arbitrária, codificação conforme descrito na Tabela 4.

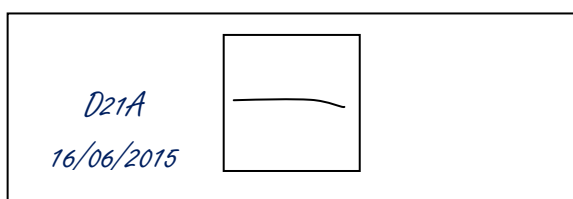
Tabela 4 – Codificação de preparo das amostras.

Letra + número + número sequencial + letra sequencial				
Código	Número	Número	Letra	Significado
A	-	-	-	Não permanente ao ar
B	-	-	-	Não permanente ao Xilol
C	-	-	-	Permanente esmalte
D	-	-	-	Permanente bálsamo Canadá
-	1	-	-	Cabelo Natural
-	2	-	-	Cabelo Descolorido
-	3	-	-	Outros
-	-	1 a 9	-	Sequencial
-	-	-	a - z	Sequencial

Fonte: Autoria própria.

As informações em relação ao preparo da amostra devem ser transcritas com marcador permanente de ponta fina para a lâmina, juntamente com a data em que foi realizado o preparo.

Um material de investigação descolorido que tenha sido preparado, por exemplo, com bálsamo do Canadá, apresentará transcrito na lâmina as informações conforme ilustrado na Figura 19.



**Figura 19 – Exemplo de codificação de material a ser investigado.
Fonte: Autoria própria.**

3.3 MATERIAL ANALISADO.

Durante os meses de Junho a Setembro de 2015 foram coletados de forma aleatória amostras do próprio autor, e preparadas de variadas maneiras no sentido de identificar as mais adequadas à prática forense.

Os resultados estão adiante apresentados.

3.3.1 Análise das características macroscópicas

Foram analisadas as características de interesse forense descritas no tópico 2.2.6, além da raiz e da ponta. Características macroscópicas (OGLE, PETRACO, ROBERTSON, 1999, 2004, 1999):

- Formato do cabelo;
- Grau de curvatura do cabelo;
- Textura;
- Cor;
- Comprimento.

A coleta de dados das características macroscópicas seguiu a tabela adaptada e desenvolvida com base na literatura, conforme acha-se ilustrada no apêndice A. Para isto foram analisados cinco fios de cabelos, coletas de forma aleatória do próprio autor, com a utilização de um pente. Os fios foram inicialmente dispostos sobre uma folha branca de papel e analisados sob uma lupa de forma a observar o tipo de cabelo, a cor refletida, a região proximal da haste (presença, ou não de bulbo), a região distal da haste (ponta). Em seguida os fios foram dispostos individualmente sobre uma superfície lisa e presos por fita adesiva, de forma a deixar a haste o mais linear possível, e com a utilização de uma régua milimetrada foram mensuradas.



Figura 20 – Fios de cabelo. Análise Macroscópica.
Fonte: Autoria própria.

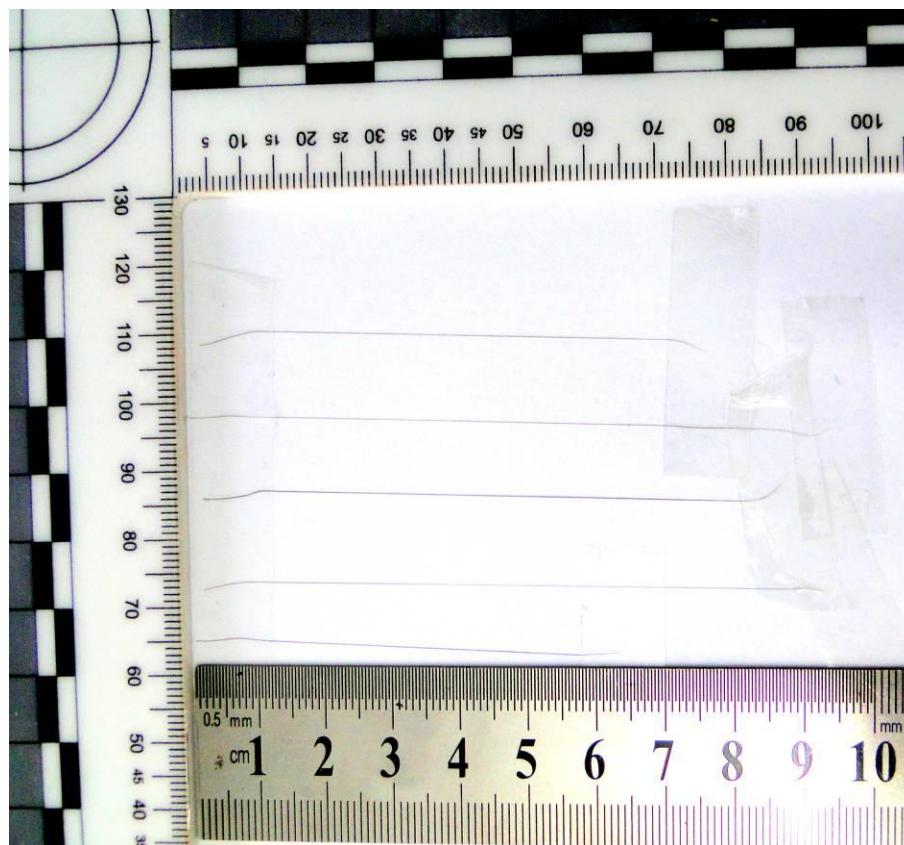


Figura 21 – Fios de cabelo. Características macroscópicas.
Fonte: Autoria própria.

Com base no modelo de curvatura de do fio proposto por Ogle (1998) e ilustrado na Figura 12, juntamente com a medição linear obteve-se as informações listadas na Tabela 5.

Tabela 5 – Características Macroscópicas.

Amostra	Formato	Curvatura	Cor	Comprimento (mm)
1	Ondulado	(06)	Castanho	66,5
2	Ondulado	(04)	Castanho	94,5
3	Ondulado	(06)	Castanho	86,5
4	Ondulado	(04)	Castanho	92,0
5	Ondulado	(06)	Castanho	65,6

Fonte: Autoria própria.

3.3.2 Análise das características microscópicas

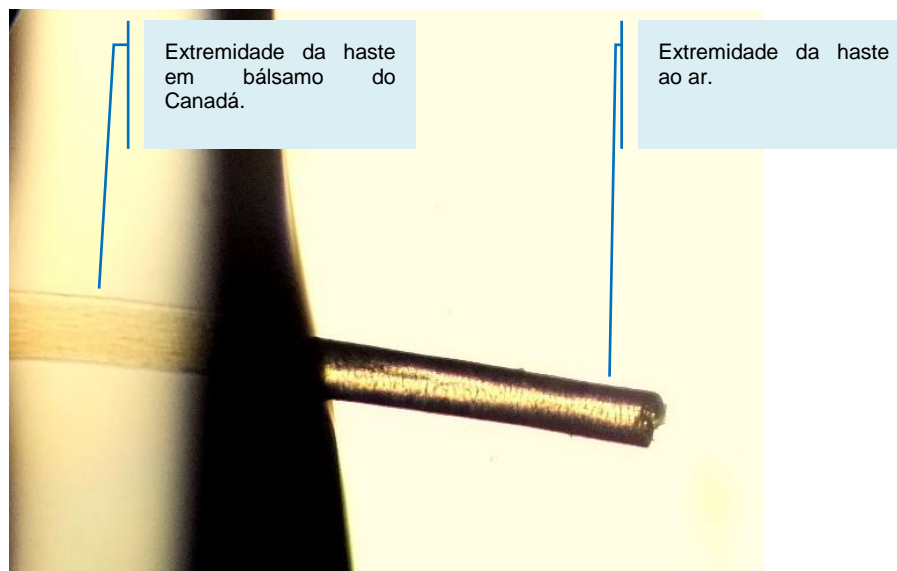
As características microscópicas de interesse forense descritas no tópico 2.2.6 foram analisadas e registradas. Características microscópicas autores (PETRACO, ROBERTSON, 2004, 1999):

- Cor;
- Densidade do pigmento;
- Tamanho do granulado da pigmentação;
- Continuidade da medula;
- Opacidade da medula;
- Espessura da cutícula;
- Margem interna da cutícula;
- Superfície da cutícula;
- Textura do córtex;
- Estágio de crescimento da raiz;
- Características da ponta distal;
- Máximo diâmetro da haste;
- Aberrações da haste;
- Doenças e desordens presentes no fio de cabelo;
- Outras características;
- Presença de danos, insetos, aracnídeos ou fungos.

Para esta etapa foram utilizados diferentes parâmetros de preparação de lâminas, conforme descrito no tópico 3.2 com materiais de estudo que foram submetidos a diferentes parâmetros e métodos de preparação, conforme descrito no tópico 3.1. Isto representa uma diversidade de tonalidades de fios de cabelos (na coloração natural, descoloridos com diferentes parâmetros de tempo de exposição e fios desprovidos naturalmente de pigmentação), e diferentes formas de preparação de lâmina.





A Figura 22 demonstra a diferença entre a observação por microscopia ótica da haste de fio de cabelo em dois diferentes meios, sendo um em inclusão de Bálsamo do Canadá e outro ao ar. Na região preparada em bálsamo é possível

visualizar as regiões internas do fio de cabelo, enquanto que ao ar é possível somente a observação da parte mais externa da cutícula.



**Figura 22 – Haste do fio de cabelo sob dois meios diferentes: à esquerda em inclusão de Bálsamo do Canadá e à direita ao ar.
Fonte: Autoria própria.**

O Quadro 4 demonstra a fotografia de quatro tipos de preparação, sendo duas com pré preparação de lavagem sem descoloração da fibra e em lâmina semi permanente de bálsamo do Canadá, uma fibra submetida a lavagem e descoloração por 60 minutos e montagem em bálsamo do Canadá, e uma fibra que submetida a lavagem e descoloração por 120 minutos com montagem semi permanente em bálsamo do Canadá.

Preparação	Imagem
Fibra: Somente lavagem Lâmina: Permanente Bálsamo Canadá	
Fibra: Somente lavagem Lâmina: Permanente Bálsamo Canadá Anomalia: <i>Pili Torti</i> ¹³ .	
Fibra: Lavagem e Descoloração com 60 minutos de exposição ao descolorante. Lâmina: Permanente Bálsamo Canadá	
Fibra: Lavagem e Descoloração com 120 minutos de exposição ao descolorante. Lâmina: Permanente Bálsamo Canadá	

Quadro 4: Materiais com diferentes preparações.
Fonte: Autoria própria

3.3.3 Análise da seção transversal

Procedida a inclusão em parafina de fibras de fios de cabelos limpas por processo de lavagem com álcool etílico, realizou-se o corte por meio de lâmina de bisturi. O bloco de parafina foi analisado em microscópio ótico com auxílio de iluminação direta. Foi possível observar a morfologia da seção transversal, conforme ilustrado Figura 23.

¹³ *Pili Torti*, segundo Petraco (2004) é uma anomalia em que a fibra apresenta uma torção ao longo do eixo da haste.

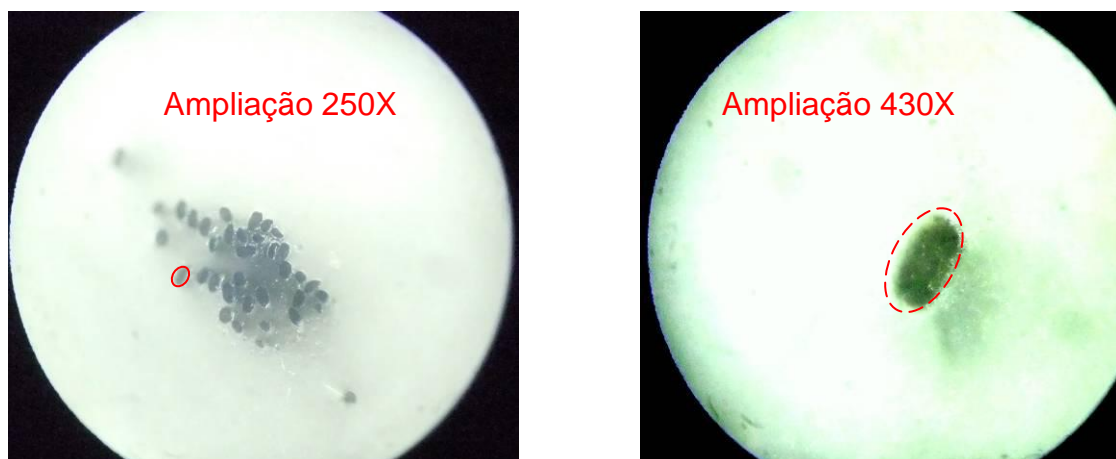


Figura 23 – Imagem da seção transversal de fio de cabelo com ampliação de 250 vezes e 430 vezes.

Fonte: Autoria própria.

O perfil oval (cimótrico) indica que se trata de um cabelo ondulado (JOBIM, 2006).

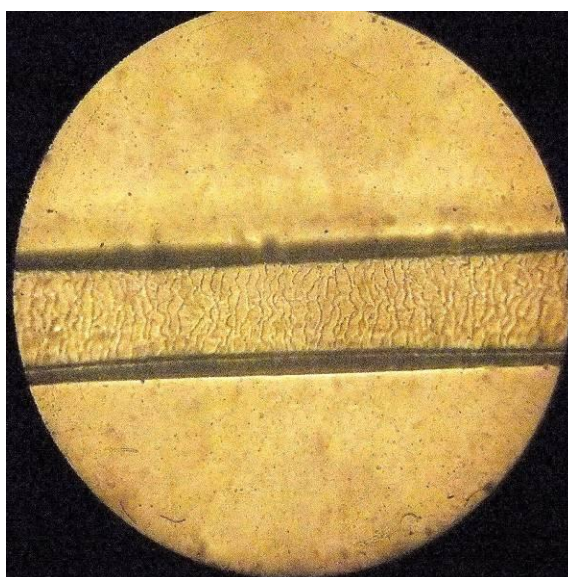
3.3.4 Análise da cutícula

Para análise da cutícula foram empregadas técnicas adaptadas de Sawaya (2009) e Miranda (2014). O protocolo de preparação de lâminas semipermanentes para impressão de cutícula foi definido conforme a seguir descrito.

PROTOCOLO PARA PREPARAÇÃO DE LÂMINAS SEMIPERMANENTES PARA ANÁLISE DE CUTÍCULA:

- 1) Coletar material;
- 2) Lavar pelos em álcool etílico comercial e secar em papel absorvente;
- 3) Passar uma fina camada de esmalte incolor sobre uma lâmina de vidro limpa e deixar secar por 10 a 20 minutos (grau de secagem ideal pode variar conforme condições climáticas);
- 4) Colocar a haste do fio de cabelo sobre a lâmina longitudinalmente, de preferência com a região proximal para esquerda e distal para direita. Caso o fio de cabelo tenha comprimento superior ao suporte, selecionar uma área de interesse;

- 5) Sobrepor uma lâmina ao material contendo o fio de cabelo e pressionar por no mínimo cinco minutos. Se possível utilizar prensa, morsa ou grampos com pressão inferior a de ruptura da lâmina;
- 6) Deixar o esmalte secar por mais 30 minutos, após término retirar cuidadosamente a lâmina superior;
- 7) Etiquetar a lâmina contendo o material e armazenar protegida de poeira e temperatura;
- 8) Analisar em microscópio ótico, conforme ilustra a Figura 24.



**Figura 24 – Imagem de impressão de cutícula em esmalte. Ampliação 430x.
Fonte: Autoria própria.**

4 CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS E DISCUSSÃO

Constatou-se com o presente estudo que a análise forense de fios de cabelo por microscopia ótica se presta para fins preliminares e para a determinação de características físicas da fibra. Contudo, a limitação da análise é a inviabilidade de utilização do método na comparação entre duas fibras. Ou seja, não é possível comparar dois fios de cabelo por microscopia ótica e assegurar se pertencem a um mesmo indivíduo. A literatura consultada cita o exame de DNA como sendo um exame confiável para determinar se dois fios pertencem a um mesmo indivíduo, ou ainda o DNA mT (Perfil Genético mitocondrial), sendo que este exame possui também suas restrições.

Não obstante a análise forense de fios de cabelo por microscopia ótica apresente restrições de utilização, através do método é possível determinar uma série de informações sobre o doador da fibra, o que pode ser fundamental no entendimento da dinâmica de um crime. A possibilidade de determinar se um fio de cabelo foi arrancado, ou se sofreu queda natural, as medidas macroscópicas e microscópicas, além das características do fio de cabelo, podem contribuir tanto em fase investigativa, como em juízo.

O método mostrou ser pouco dispendioso, sendo que muitos dos produtos químicos utilizados podem ser facilmente encontrados em prateleiras de comércios farmacêuticos comuns. Com recursos básicos de laboratório e com a utilização de um microscópio ótico, é possível reproduzir a grande maioria dos experimentos realizados no trabalho em tela. Para a Micrometria é necessário a utilização de um retículo graduado e de uma lâmina de calibração.

Considerando que em locais de crime nem sempre a quantidade de fibras constituídas por fio de cabelo é abundante, é crítica a decisão de utilização de uma análise destrutiva da fibra. Neste sentido, verificou-se que a análise da seção transversal, apesar de trazer a informação sobre o perfil morfológico transversal, nem sempre é necessária, tendo em vista que macroscopicamente é possível de se obter praticamente a mesma informação sem a necessidade de seccionar a haste do fio de cabelo.

Nos casos em que há pequena quantidade de fio de cabelo para análise, deve-se realizar antes os ensaios não permanentes, e quando necessário, ensaios complementares, como exames de perfil genético. Somente se houver extrema necessidade, quesitos específicos da Autoridade Policial ou do Juiz, ou materiais em abundância, é que devem ser utilizadas fibras para os ensaios destrutivos. Isto para assegurar a Cadeia de Custódia e os princípios da Ampla Defesa e do Contraditório.

No presente estudo, as condições de manutenção do equipamento, assim como por se tratar de um equipamento antigo, verificou-se que as imagens obtidas através de fotografia digital não integrada apresentaram sujidades e distorções. Uma vez que se trata de uma análise detalhada é importante a utilização de um equipamento em boas condições de uso.

5 CONCLUSÕES E PERSPECTIVA DE TRABALHOS FUTUROS

O principal objetivo deste trabalho foi desenvolver uma metodologia de análise das características macroscópicas e microscópicas fios de cabelos, úteis no emprego forense, através de microscopia ótica.

Para se alcançar o objetivo proposto foi realizada inicialmente uma revisão literária na busca de informações acerca das características macroscópicas e microscópicas passíveis de serem analisadas em microscópio ótico, bem como de forma poderiam ser úteis no emprego forense. Posteriormente foi reproduzida em laboratório uma gama de experimentos de maneira a verificar as implicações de cada exame na fibra analisada (fio de cabelo), os insumos utilizados e as informações obtidas através do método.

Verificou-se que a utilização de microscopia ótica é um método de baixo custo, de fácil aplicação, e de que há tanto experimentos que não deterioram a fibra como experimentos que deterioram a fibra. Com a utilização do método é possível verificar tanto características de macroscópicas como características microscópicas.

Uma das limitações mais evidentes da microscopia ótica para fins forenses é a impossibilidade de realização de comparações entre dois fios de cabelo de forma a determinar se pertencem a um mesmo indivíduo. Para esta finalidade atualmente os protocolos internacionais regulamentam a aplicação de análise de perfil genético DNA e DNA mT.

Por fim, é possível constatar o grande universo a ser estudado no campo de microvestígios que podem contribuir para a área Forense. O Brasil aparentemente possui uma grande distância da tecnologia empregada atualmente nos laboratórios dos Institutos de Criminalística e Médico Legal em relação às tecnologias empregadas em outros países. Há falta de recursos e de pessoal impactando negativamente os exames Periciais e as investigações, contribuindo para que protocolos de análise de microvestígios ainda sejam pouco utilizados.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023: Informação e Documentação: Referências: Elaboração**. Rio de Janeiro, 2002. (modelo de referência com autoria coletiva).

BRASIL. **Código de Processo Penal (1941)**. Decreto Lei nº 3.689 de 3 de Outubro de 1941. Legislação Federal.

BRASIL – MINISTÉRIO DA JUSTIÇA. **Diagnóstico da Perícia Criminal no Brasil**. <http://www.justica.gov.br/>, 2014. Disponível em <<http://portal.mj.gov.br/services/DocumentManagement/FileDownload.EZTSvc.asp?DocumentID={3A254C11-34CE-CFA-811D-9601889D572C}&ServiceInstUID={B78EA6CB-3FB8-4814-AEF6-31787003C745}>>. Acesso em 06 de agosto de 2014.

BRASIL – MINISTÉRIO DA JUSTIÇA. **Procedimentos Operacional Padrão – Perícia Criminal**. <http://portal.mj.gov.br/>, 2014. Disponível em <<http://portal.mj.gov.br/Services/DocumentManagement/FileDownload.EZTSvc.asp?DocumentID={728CAE10-E987-4151-93B2-D568AAB7D73D}&ServiceInstUID={B78EA6CB-3FB8-4814-AEF6-31787003C745}>>. Acesso em 15 de maio de 2014.

BROOKS, E. et al. **Digital imaging and image analysis applied to numerical applications in forensic hair examination**. Science and Justice, numero 51, p. 28-37, doi 10.1016, 2011.

CASARTELLI, J. D. **Microscopia teórico-prática**. 1ª ed. Bilbao, Espanha. Ediciones Urmo;1968.

DOREA, L. et al, **Criminalística**, 4ª ed. Campinas, 2010.

DEEDRICK, D. W. **Microscopy of Hair Part 1: A Practical Guide and Manual for Human Hairs**, Volume 6, nº 1, Janeiro, 2004. Disponível em: <http://www.fbi.gov/about-us/lab/forensic-science-communications/fsc/jan2004/research/2004_01_research01b.htm>. Acesso em 27 de maio de 2015.

ESTADOS UNIDADOS DA AMÉRICA (EUA). **Federal Bureau of Investigation. FBI/DOJ Microscopic Hair Comparison Analysis Review**. <http://www.fbi.gov/>, 2015. Disponível em <http://www.fbi.gov/about-us/lab/scientific-analysis/fbi-doj-microscopic-hair-comparison-analysis-review>. Acesso em 10 de junho de 2015.

FISHER B, et al., **Introduction to Criminalistics - The Foundation of Forensic Science**. 1ª ed. MA/EUA, Elsevier Academic Press; 2009.

GAZETA DO POVO. Série jornalística: **Crimes sem castigo**. www.gazetadopovo.com.br. Disponível em <<http://www.gazetadopovo.com.br/vidaecidadania/crime-sem-castigo/>>, 2014. Acesso em 06 de agosto de 2014.

GUYTON & HALL, **Tratado de Fisiologia Médica**, 12^a ed., Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

HAM A.W, **Histologia**, 7^a ed. Rio de Janeiro/RJ, Guanabara Koogan; 1977.

HUANG L; BEAUCHEMIN D, **Ethnic background and gender identification using electro thermal vaporization coupled to inductively coupled plasma optical emission spectrometry for forensic analysis of human hair**. Em J. Anal. At. Spectrom, editor. The Royal Society of Chemistry; 2014.

JOBIM L. F; COSTA L. R; SILVA M, **Identificação Humana**, Volume II, 1^aEd. Campinas/SP, Millenium; 2006.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A; **Metodologia do Trabalho Científico**, 4^a. ed. São Paulo. Atlas, 1992.

LANGFORD A, et al., **Practical Skills in Forensic Science**. 1^a ed. Harlow/UK. Pearson Education Limited; 2005.

LARA, A. G e FARIA, R. A., **Análise Forense de Microvestígios: Fios de Cabelo**, CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA BIOMÉDICA, XXIV, 2014, Uberlândia, MG. **Anais eletrônicos CBEB 2014**. Disponível em: <http://www.canal6.com.br/cbeb/2014/artigos/cbeb2014_submission_201.pdf>. Acesso em: 15 de junho de 2015.

MARCONI, M. A.; LAKATOS E. M. **Fundamentos de Metodologia Científica**, 5^a. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

_____. **Metodologia Científica**, 6^a. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

_____. **Técnicas de Pesquisa**, 7^a. ed. -6. Reimpr. São Paulo: Atlas, 2012.

MCLAREN A. C., **Cross-sectioning techniques for scanning electron microscopy**. Em Journal of Materials Science, Janeiro 1971, Volume 6, p. 89-92.

MIRANDA, G. H. B. et al, **Guia de Identificação de Mamíferos Brasileiros**, 1^a. ed. Brasília: Ciências Forenses, 2014.

OGLE, Robert. R.; FOX, Michelle J. **Atlas of Human Hair, Microscopic Characteristics**, 1^a ed, Boca Raton/USA.CRC Press; 1998.

PETRACO, N.; KUBIC, T. **Color Atlas and Manual of Microscopy for Criminalistis, Chemists, and Conservators**. 1^a ed. Boca Raton/USA. CRC Press; 2004.

ROBBINS, C. R.; **Chemical and Physical Behavior of Human Hair**. 5^a ed. Clermont Springer/USA. Springer; 2012.

ROBERTSON J., **Forensic Examination of Fibers**, 2^a ed. London/UK. Taylor & Francis; 1992.

_____. **Forensic Examination of Hair**. 1^a ed. London/UK. Taylor & Francis; 1999.

RUIZ, J. A. **Metodologia Científica**. 4^a. ed. São Paulo. Atlas, 1996.

SAWAYA, M. C. T e ROLIM, M. R. S. **Manual Prático de Medicina Legal no Laboratório - • Pelos Humanos (Novo) • Prova Pericial • Análises dos Fluidos do Corpo • Quesitos e Laudos** - 2^a Edição – Revista e Atualizada, Curitiba. Juruá Editora, 2009.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do Trabalho Científico**. 23^a. ed.São Paulo – SP, 2010.

TORCHETO, D. e ESPINDULA A., **Criminalística Procedimentos e Métodos**, 1 ed. Porto Alegre, 2005.

TORTORA, G. **Corpo Humano – Fundamentos de Anatomia e Fisiologia**. 4^a. ed. – Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 2000.

UNITES NATIONS OFFICE ON DRUGS AND CRIME. **Global Study on Homicide**. <http://www.unodc.org/>. Disponível em <http://www.unodc.org/documents/data-and-analysis/statistics/GSH2013/2014_GLOBAL_HOMICIDE_BOOK_web.pdf>. Acesso em 01 de agosto de 2014.

VELHO, J., et al, **Locais de Crime, Dos Vestígios à Dinâmica Criminosa**. 1^aed. Campinas/SP, Millenium; 2013.

WASELFISZ, J., **Mapa da Violência 2012**. <http://www.mapadaviolencia.org.br>, 2014. Disponível em <http://www.mapadaviolencia.org.br/pdf2012/mapa2012_web.pdf>. Acesso em 06 de agosto de 2014.

WASELFISZ, J., **Mapa da violência 2013: Mortes matadas por arma de fogo**. <http://www.mapadaviolencia.org.br>, 2013. Disponível em: <http://mapadaviolencia.org.br>. Acesso em 14 de março de 2013.

WHEELER, B. P., Wilson, L. J. **Practical Forensic Microscopy – A laboratory manual**. 1^aed. Richmond, KY, EUA. Wiley Blackwell, 2008.

(MODELO)

POLÍCIA CIENTÍFICA INSTITUTO DE CRIMINALÍSTICA		Nº REGISTRO									
REGISTRO DE ANÁLISE											
Análise de fios de cabelo - Folha 1											
AMOSTRA NÚMERO		1		2		3		4		5	
CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS		raiz	ponta	raiz	ponta	raiz	ponta	raiz	ponta	raiz	ponta
COMPRIMENTO (mm)											
TIPO DE CABELO											
Liso (lissótrico)											
Ondulado (cimótrico)											
Crespo (ulótrico)											
COR											
desprovido											
loiro											
castanho											
ruivo											
preto											
RAIZ											
ausente											
alongado											
bulbo											
PONTA											
natural											
cortada											
redonda											
quebrada											
dupla											
Comentários gerais											
PERITO:											
DIA		DATA				HORA					

**APÊNDICE A – Modelo de formulário de análise forense de fios de cabelo:
Características Macroscópicas.**

(MODELO)

POLÍCIA CIENTÍFICA INSTITUTO DE CRIMINALÍSTICA		Nº REP						
REGISTRO DE ANÁLISE FIOS DE CABELO								
Análise de fios de cabelo - Folha 1								
AMOSTRA NÚMERO								
CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS								
Cor (refletida)		Branca	Cinza	Loiro	Ruivo	Castanho	Preto	Outro
Comprimento (mm)								
Formato da Haste		Liso						
		Ondulado (cimótrico)						
		Crespo (ulótrico)						
COR		desprovido						
		loiro						
		castanho						
		ruivo						
		preto						
RAIZ		ausente						
		alongado						
		bulbo						
PONTA		natural						
		cortada						
		redonda						
		quebrada						
		dupla						
Comentários gerais								
PERITO:								
DIA		DATA		HORA				

**APÊNDICE B – Modelo de formulário de análise forense de fios de cabelo:
Características Macroscópicas.**

Protocolo de Análise Forense de Fios de Cabelo

Características Macroscópicas

Cor (refletida): Branco Cinza Loiro Ruivo Marrom Preto Outro

Formato da haste: Liso ondulado crespo

Comprimento (em centímetros):

Textura: Fino Médio Grosso

Características Microscópicas

Cor (Transmitida): Ausente Loiro Ruivo Marrom Preto Outro

Pigmentação Natural:

Tamanho do Pigmento

POLÍCIA CIENTÍFICA DO ESTADO DO PARANÁ INSTITUTO DE CRIMINALÍSTICA DO PARANÁ		REP:					
REGISTRO DE ANÁLISE		PÁGINA			DE		
FOLHA DE EXAME DE FIOS DE CABELO - FOLHA 2							
CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS							
	FIO N°	1	2	3	4	5	6
CARACTERÍSTICA							
PIGMENTO	NENHUM						
DENSIDADE	SUAVE MÉDIO DENSO						
PIGMENTO	CENTRAL						
DISTRIBUIÇÃO	EQUILIBRADO EXTERMIDADES						
MEDULA	NENHUMA						
DISTRIBUIÇÃO	FRAGMENTADA INTERROMPIDA CONTÍNUA						
MEDULA	AMORFA						
TIPO	ESTRUTURADA						
CUTÍCULA	EMBRICADO						
PADRÃO	ONDULADO						
ANORMALIDADES:							
OUTROS:							
PERITO:							
DATA:	HORA:						

APÊNDICE C – Modelo de formulário de análise forense de fios de cabelo.