

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DE SANTA CATARINA
CÂMPUS JARAGUÁ DO SUL
CURSO TÉCNICO EM QUÍMICA (MODALIDADE: INTEGRADO)

**ANÁLISE DA CONCENTRAÇÃO DE FORMALDEÍDO (FORMOL) EM PRODUTOS
CAPILARES UTILIZADOS NA ESCOVA PROGRESSIVA**

BEATRIZ CAROLINE MEYER
FELIPE ZANGHELINI BENEVENUTTI
JEFERSON NASCIMENTO CORREIA
KAMILA TECILA
MAIELY DÖGE
MYLENA LARISSA DE ARAÚJO
NATASHA GOMES PIMENTA

JARAGUÁ DO SUL
2014

BEATRIZ CAROLINE MEYER
FELIPE ZANGHELINI BENEVENUTTI
JEFERSON NASCIMENTO CORREIA
KAMILA TECILA
MAIELY DÖGE
MYLENA LARISSA DE ARAÚJO
NATASHA GOMES PIMENTA

**ANÁLISE DA CONCENTRAÇÃO DE FORMALDEÍDO (FORMOL) EM PRODUTOS
CAPILARES UTILIZADOS NA ESCOVA PROGRESSIVA**

Projeto de Pesquisa desenvolvido no eixo formativo diversificado “Conectando Saberes” do Curso Técnico em Química (Modalidade Integrado) do Instituto Federal de Santa Catarina – Câmpus Jaraguá do Sul.

Orientadora: Prof^a MSc. Lenita Bianchetti Spliter.

Coorientador: Prof. Giovani Pakuszewski.

Coordenadora: Prof^a MSc. Anne Cristine Rutsatz Bartz.

JARAGUÁ DO SUL

2014

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1 TEMA | 4 |
| 2 DELIMITAÇÃO DO TEMA | 4 |
| 3 PROBLEMA | 4 |
| 4 HIPÓTESES | 5 |
| 5 OBJETIVOS | 6 |
| 5.1 Objetivo Geral..... | 6 |
| 5.2 Objetivos Específicos..... | 6 |
| 6 JUSTIFICATIVA | 7 |
| 7 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 11 |
| 7.1 Propriedades de aldeídos e cetonas..... | 11 |
| 7.1.1 Toxicidade dos aldeídos..... | 14 |
| 7.2 Formaldeído..... | 14 |
| 7.2.1 Características gerais do formaldeído..... | 14 |
| 7.2.2 Características da substância química formaldeído..... | 15 |
| 7.2.3 Produção do formaldeído..... | 17 |
| 7.2.4 Ciclo toxicológico do formaldeído..... | 18 |
| 7.2.5 Toxicidade do formaldeído e sintomas de intoxicação..... | 19 |
| 7.2.6 Carcinogênese do formol e tipos de câncer associados a sua exposição..... | 21 |
| 7.2.7 Legislação nacional sobre a composição de formaldeído em alguns produtos..... | 22 |
| 7.2.8 Aplicações e exposições ocupacionais ao formaldeído/formol..... | 25 |
| 7.2.8.1 Uso como alisante de cabelos..... | 26 |
| 7.2.8.2 Outras aplicações e exposições comuns ao formaldeído/formol | 27 |
| 7.2.9 Exposições não-ocupacionais ao formaldeído/formol..... | 27 |
| 7.3 Técnicas qualitativas e quantitativas de análise do formaldeído..... | 28 |
| 7.3.1 Análises qualitativas..... | 28 |
| 7.3.1.1 Testes químicos oxidativos para aldeídos/formaldeído..... | 29 |
| 7.3.1.2 Espectroscopia no infravermelho..... | 31 |
| 7.3.2 Análise quantitativa..... | 32 |
| 7.3.2.1 Cromatografia: o que é e suas classificações..... | 32 |
| 7.3.2.2 Descrição da cromatografia..... | 34 |
| 7.3.2.3 Cromatografia com Gás..... | 36 |
| 7.3.2.4 Cromatografia com Gás-Espectrometria de Massas..... | 37 |
| 8 METODOLOGIA | 39 |
| 9 CRONOGRAMA | 41 |
| REFERÊNCIAS | 42 |
| ANEXO A | 49 |

1 TEMA

Análise da concentração de formaldeído (formol) em produtos capilares utilizados na escova progressiva.

2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Análise da concentração de formaldeído (formol) nos produtos capilares utilizados na escova progressiva em alguns salões de beleza do município de Jaraguá do Sul.

3 PROBLEMA

Segundo o Instituto Nacional de Câncer (INCA, 2014) e a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa (1), 2014), o formol é classificado como um composto carcinogênico e seu uso indevido ocasiona diversos riscos à saúde, como queda de cabelo, queimadura do couro cabeludo, ardência dos olhos, falta de ar e enjoos e câncer nas vias aéreas superiores quando ocorrem várias exposições à substância, podendo levar a morte. Com isso, o uso do formaldeído (formol) nos produtos cosméticos capilares é permitido apenas como conservante na concentração de 0,2%, durante suas fabricações (RDC nº 162, de 11 de setembro

de 2001). Diante disso, qual a concentração de formaldeído presente nos produtos capilares utilizados na escova progressiva em salões de beleza de Jaraguá do Sul?

4 HIPÓTESES

- Os produtos utilizados como alisantes na escova progressiva, em salões de beleza de Jaraguá do Sul, apresentam o formaldeído (formol) em concentrações superiores à permitida pela Anvisa (0,2%);
- Poucos produtos utilizados como alisantes na escova progressiva em salões de beleza de Jaraguá do Sul não apresentam o formaldeído em concentrações superiores à permitida pela Anvisa (0,2%);
- Os produtos alisantes que apresentam o formaldeído em suas composições químicas não apresentam o mesmo nos seus rótulos, sendo que alisantes registrados no Ministério da Saúde devem trazer seus componentes nos seus rótulos (ANVISA (2), 2014).

5 OBJETIVOS

5.1 Objetivo Geral

Determinar qualitativa e quantitativamente o formaldeído (formol) nos produtos capilares utilizados na escova progressiva em alguns salões de beleza de Jaraguá do Sul.

5.2 Objetivos Específicos

- Realizar o levantamento bibliográfico sobre o formaldeído (formol) e suas técnicas de análise qualitativa e quantitativa;
- Detectar a presença de formaldeído nos produtos capilares utilizados na escova progressiva em salões de beleza jaraguenses através do Teste de Tollens e da Espectroscopia no Infravermelho;
- Determinar a concentração de formaldeído nos produtos capilares utilizados na escova progressiva em salões de beleza jaraguenses através da Cromatografia Gasosa;

- Verificar se a concentração de formaldeído nos produtos capilares utilizados na escova progressiva excede o limite estabelecido pela Anvisa (0,2%);
- Analisar os rótulos dos produtos para alisamento capilar mais utilizados nos salões pesquisados;
- Comparar as informações dos rótulos com os resultados analíticos.

6 JUSTIFICATIVA

Nos últimos anos tem-se percebido uma maior preocupação das pessoas com a estética e a aparência de seus cabelos, quer seja esta por motivos sociais, profissionais ou mesmo por pura vaidade.

Desde os tempos mais remotos, a forma e a aparência dos cabelos indicavam se a pessoa era, por exemplo, um rei ou um escravo. Hoje, na sociedade globalizada e em rede, os cabelos podem indicar diversas características como o estilo e a personalidade, o estado de saúde, o nível de cuidados pessoais e a autoestima de cada pessoa, além das aspirações individuais de elegância, liberdade e outros aspectos importantes, ou seja, os cabelos constituem a personalidade individual de cada pessoa (GOMES, 1999).

Além da função biológica principal de proteção e da função estética, o cabelo tem importância comercial (REISCH, 2000). Atualmente, a indústria cosmética mundial encontra-se num estágio bastante avançado, marcada pelo surgimento de novos produtos (GOMES, 1999). O segmento que inclui xampus, condicionadores e produtos de tratamento para os fios de cabelo, gira o mercado global de 115 milhões de dólares por ano, a preço do varejo, representando o maior segmento da indústria de cosméticos e de higiene pessoal (REISCH, 2000).

“Atualmente, percebe-se, no Brasil, uma preferência em relação aos cabelos lisos” (VELASCO *et al.*, 2014, p. 1). Os produtos para alisamento e relaxamento de cabelos, que são processos químicos usados para alisar os cabelos excessivamente cacheados, estão em evidência no mercado brasileiro e são lançados com as mais diversas denominações: escova japonesa, inteligente, orgânica, definitiva, progressiva, com chocolate, com leite, com formol, entre outras (SCHUELLER, 2002; VARELA, 2007).

No primeiro semestre de 2004, surgiu no Rio de Janeiro um método de alisamento capilar muito eficiente chamado escova progressiva (MABA, 2008). Este procedimento promete um alisamento duradouro, em torno de 1 a 4 meses, que segundo o INCA (2014) deve ser realizado múltiplas vezes para que se alcance o efeito desejado. Desde o seu surgimento, o método é utilizado em escala crescente nos salões de beleza. Existem diversos tipos de escova progressiva, a maioria delas apresenta formaldeído na composição química (INCA, 2014; VELASCO *et al.*, 2014).

A Anvisa proibiu o uso do formaldeído (formol) como alisante. O uso do formaldeído nos produtos cosméticos capilares é permitido apenas como conservante na concentração de 0,2%, durante suas fabricações (RDC nº 162, de 11 de setembro de 2001). A Anvisa também proibiu a comercialização do formol em estabelecimentos como drogarias, farmácias, supermercados e lojas de conveniências (RDC nº 36, de 17 de junho de 2009).

Com isso, o INCA (2014) supõe que o formol vem sendo adicionado aos cabelos a critério de cada especialista. Qualquer adição de formol em produtos já prontos não é permitida, acarretando riscos à saúde da população e constituindo-se em infração sanitária nos termos da Lei n. 6.437, de 20 de agosto de 1977, e em crime hediondo pela legislação brasileira, de acordo com o art. 273 do Código Penal (ANVISA (1), 2014).

O formaldeído é um gás produzido mundialmente e que possui diferentes aplicações, sendo utilizado em hospitais, em laboratórios de anatomia, nas indústrias do papel, da madeira e de móveis, na fabricação de tecidos, na produção de outros produtos químicos e nos salões de beleza, nos alisamentos. Em sua forma

líquida (misturado à água e ao álcool) é chamado de formalina ou formol, que corresponde a uma solução aquosa 37% a 50% de formaldeído e 6% a 15% de álcool, cuja função é a de estabilizante (GERBERICH; STAUTZENBERGER; HOPKINS, 1980 *apud* INCA, 2014; INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER - IARC, 2004 *apud* INCA, 2014; OCCUPATION SAFETY AND HEALTH ADMINISTRATION - OSHA, 2011 *apud* INCA, 2014).

A partir de julho de 2004, a International Agency for Research on Cancer (IARC) classificou este composto como carcinogênico (Grupo 1), tumorogênico e teratogênico por produzir efeitos na reprodução para humanos e algumas espécies de animais. “O formol é tóxico se ingerido, inalado ou tiver contato com a pele” (INCA, 2014, p. 6).

O uso indevido do formol ocasiona diversos riscos à saúde, tais como: queimadura e descamação do couro cabeludo, queda do cabelo, ardência e lacrimejamento dos olhos, falta de ar, tosse, dor de cabeça, ardência e coceira no nariz. Várias exposições à substância podem causar danos ainda mais sérios, como dores de barriga, enjôos, vômitos, desmaios, feridas na boca, narina e olhos, e câncer nas vias aéreas superiores podendo até levar a morte (ANVISA (1), 2014).

As notificações de danos causados por produtos para alisamento capilar triplicaram no 1º semestre de 2009 em comparação com todo o ano de 2008, devido ao uso indevido de formol (e também de glutaraldeído) como substâncias alisantes (INCA, 2014). Ao ser utilizado nas escovas progressivas, o formol causa malefícios tanto aos profissionais cabeleireiros, que aplicam esses produtos diariamente, como também aos clientes que realizam esse procedimento. O perigo da toxicidade do formol está presente também em demais ambientes de trabalho, já citados.

Devido ao crescente número de alisamentos sendo realizados em todo o país (VELASCO *et al.*, 2014), aos perigos que a substância formaldeído traz ao organismo humano, podendo causar danos irreversíveis ao couro cabeludo ou levar à morte se inalado em grandes concentrações (INCA, 2014), bem como ao levantamento bibliográfico realizado pela equipe, onde constatou-se a ausência de pesquisas relacionadas ao tema formaldeído (formol) presente em produtos capilares usados nas escovas progressivas em Santa Catarina, especialmente no

município de Jaraguá do Sul, a pesquisa aqui proposta consiste na “Análise da Concentração de Formaldeído (formol) em Produtos Capilares Utilizados na Escova Progressiva” em salões de beleza de Jaraguá do Sul”.

Considerando que Jaraguá do Sul (município do estado de Santa Catarina) conta com 353 estabelecimentos da beleza, segundo a Vigilância Sanitária, este grande número de salões nos despertou a curiosidade em determinar a concentração de formaldeído (formol) nos produtos capilares de alguns salões de beleza jaraguenses.

7 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

7.1 Propriedades de aldeídos e cetonas

Dentre os compostos orgânicos de odores mais potentes e variados, estão as moléculas que têm ligações duplas carbono-oxigênio, o grupo carbonila (Figura 1) (VOLLHARDT; SCHORE, 2004). O carbono e o oxigênio do grupo carbonila estão hibridados sp^2 . Estes átomos e os dois grupos ligados ao carbono estão no mesmo plano, cujos ângulos de ligação são próximos a 120° . Perpendiculares a este plano estão os dois orbitais p , um no carbono e outro no oxigênio, que formam a ligação π . O átomo de oxigênio tem dois pares de elétrons não-ligantes localizados em dois orbitais sp^2 . O oxigênio é mais eletronegativo do que o carbono. Esta propriedade polariza a ligação dupla carbono-oxigênio, com uma carga parcial positiva no carbono e uma carga negativa de mesmo valor no oxigênio (VOLLHARDT; SCHORE, 2004).

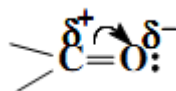


Figura 1: Grupo carbonila.

Fonte:

<http://www.iq.ufrgs.br/ead/quimicapop/material/Funcaocarboniladaaldeidoecetona.pdf>

Existem duas classes de compostos carbonilados: os aldeídos, classe que contém o grupo funcional $-CHO$ (Figura 2), em que o átomo de carbono do grupo carbonila se liga a pelo menos um hidrogênio, sendo que o grupo $-CHO$ pode se ligar covalentemente através de um elétron de valência simples à esquerda do

átomo de carbono para formar um grupo de compostos com a estrutura geral RCHO (Figura 3), e as cetonas, em que o carbono se liga a dois outros carbonos, formando a estrutura geral R₂CO (Figura 3) (VOLLHARDT; SCHORE, 2004). Em um aldeído, o grupo carbonila está sempre na extremidade da cadeia de carbonos, e os grupos R podem ser alifáticos ou aromáticos. Já nas cetonas o grupo carbonila está em qualquer outra posição (JONES; ATKINS, 2001).

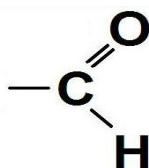


Figura 2: Grupo funcional dos aldeídos.

Fonte: <http://www.mundoeducacao.com/quimica/aldeidos.htm>

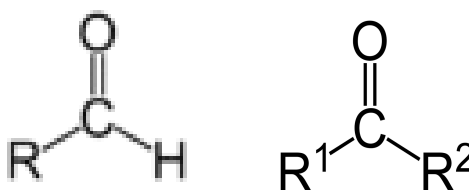


Figura 3: Diferença nas fórmulas estruturais de aldeídos e cetonas.

Fonte: <http://www.infoescola.com/quimica/funcoes-oxigenadas/>

Os aldeídos e as cetonas são isômeros, ou seja, duas substâncias que possuem a mesma fórmula molecular (mesmo conjunto de átomos) e diferente fórmula estrutural (diferente arranjo entre os átomos). Possuem isomeria plana, para observar a diferença entre estes compostos é suficiente a fórmula estrutural plana, e a isomeria cetona-aldeído é uma das mais importantes, sendo considerada uma isomeria plana de função, pois a diferença entre os compostos se encontra justamente no grupo funcional (FONSECA, 1993).

A polarização da função carbonila faz com que os pontos de ebulição de aldeídos e cetonas sejam mais altos do que os dos hidrocarbonetos de peso molecular semelhante, porém, não formam pontes de hidrogênio, por isso, têm ponto de ebulição (PE) mais baixo que os álcoois e ácidos carboxílicos comparáveis. Os compostos carbonilados de baixo peso molecular são completamente miscíveis em

água, no entanto, os compostos com mais de seis carbonos são praticamente insolúveis em água, já que a cadeia hidrocarbônica é hidrofóbica (VOLLHARDT; SCHORE, 2004; NETTO, 1991).

Outras propriedades dos aldeídos podem ser consideradas: são solúveis na maioria dos solventes orgânicos comuns, como álcool, éter e benzeno; com o aumento da cadeia carbônica, os aldeídos passam a ter cheiros e aromas agradáveis e suas moléculas maiores são constituintes de diversas essências, como a de amêndoas (benzenocarbaldeído) e a vanilina (3-metóxi-4-hidroxibenzenocarbaldeído); são compostos bastante reativos, sendo os aldeídos alifáticos mais reativos que os aldeídos aromáticos porque quando a carbonila está ligada ao núcleo aromático, os elétrons da ligação dupla do grupo carbonila entram em ressonância com os elétrons do núcleo aromático, diminuindo a reatividade do composto (ou aumentando sua estabilidade) (FONSECA, 2010).

Aldeídos e cetonas são muito abundantes na natureza. Contribuem com o aroma e o sabor de muitos alimentos e participam das funções biológicas de muitas enzimas. Além disso, a indústria utiliza aldeídos e cetonas como reagentes e solventes em sínteses. Por exemplo, são produzidas mais de 1,9 milhão de toneladas de formaldeído nos Estados Unidos para uso em materiais isolantes em construções e em resinas adesivas que ligam partículas de finas folhas de madeira e materiais aglomerados. Na verdade, o grupo carbonila é muitas vezes considerado a função mais importante da Química Orgânica (VOLLHARDT; SCHORE, 2004; MC MURRY, 2011).

O aldeído mais importante na indústria é o formaldeído (membro mais simples, mais abundante e mais perigoso de todos os aldeídos), e a cetona mais importante é a propanona (acetona). Em solução em água, o formaldeído é usado como desinfetante e fungicida, sendo também usado na preparação de resinas fenólicas. Já a propanona é importante na preparação do hidroperóxido do cumeno, sendo comercializada como solvente e reagente inicial na produção de outros materiais industriais (VOLLHARDT E SCHORE, 2004).

7.1.1 Toxicidade dos aldeídos

Os aldeídos apresentam capacidade de irritar os olhos e as vias aéreas superiores em humanos, causar dores de cabeça, sensação de desconforto e de irritabilidade. Há relatos de incidência de asma causada por irritação no trato respiratório superior devido à exposição ao formaldeído (ABRANTES; ASSUNÇÃO; HIRAI, 2005).

Os aldeídos de peso molecular baixo são mais tóxicos que os aldeídos de peso molecular alto. A toxicidade diminui com o aumento da cadeia de carbono. Os aldeídos aromáticos são menos tóxicos do que os aldeídos alifáticos de baixo peso molecular (PATNAIK, 2011).

O ponto de reação em qualquer aldeído é o grupo carbonila que é suscetível aos processos de oxidação e redução. Os metabólitos tóxicos do aldeído são seus produtos da oxidação, os quais são na grande maioria, mas não exclusivamente, ácidos, cuja formação é catalisada por enzimas. A toxicidade é atribuída ao fato de que tanto na reação do aldeído como do seu metabólito com proteínas e com compostos que formam hemoglobina, o funcionamento biológico é afetado (PATNAIK, 2011).

Entre os aldeídos, o formaldeído é carcinogênico humano comprovado na lista da IARC, 2006, classificado no Grupo 1 (PATNAIK, 2011).

7.2 Formaldeído

7.2.1 Características gerais do formaldeído

“A evolução da indústria química e a necessidade da praticidade exigida pelo consumidor provocaram um progressivo avanço no consumo de produtos químicos nos salões de beleza, hospitais, domicílios, entre outros” (SCARABELO, 2007, p. 1). Um dos produtos químicos produzidos e utilizados mundialmente é o

formaldeído.

O formaldeído (CH_2O) é um gás produzido mundialmente e foi descoberto por Butlerov em 1859, passando a ser comercialmente fabricado em 1990, em grande escala, a partir da oxidação do metanol. Em sua forma líquida é chamado de formol, que corresponde a uma solução aquosa 37 a 50% de formaldeído e 6 a 15% de álcool (GERBERICH; STAUTZENBERGER; HOPKINS, 1980 *apud* INCA, 2014; IARC, 2004 *apud* INCA, 2014; OSHA, 2011 *apud* INCA, 2014).

O formaldeído é uma substância presente no ambiente, originado por fontes naturais ou antropogênicas. É encontrado no estado gasoso em condições ambientes, sendo um composto inflamável, que pode formar com o ar misturas explosivas; é solúvel em água; incolor e apresenta um odor pungente e bastante característico (GOYER, 2007 *apud* VIEGAS, 2010; INTERNATIONAL PROGRAMME ON CHEMICAL SAFETY, 1991, *apud* VIEGAS, 2010).

Segundo Tang *et al.* (2009 *apud* INCA, 2014), o formaldeído é um produto importante para a economia global, sendo a China o país que mais o produz e o consome no mundo. O Brasil é um médio produtor de formaldeído, mas essa produção experimentou um grande incremento a partir da década de 90.

A utilização do formaldeído é bastante geral e diversificada: ele é muito utilizado em resinas sintéticas, fenólicas, ureicas e melamínicas, adesivos, abrasivos, plásticos, esmaltes sintéticos, tintas e vernizes, isolantes elétricos, lonas de freio, entre outras. Ele também é liberado no ambiente pelos veículos, na fumaça do cigarro, no uso de desinfetantes, conservantes e na produção e uso de fungicidas e germicidas (IARC, 2004 *apud* INCA, 2014).

7.2.2 Características da substância química formaldeído

Segundo o INCA (2014) o formaldeído é também chamado de formalina, metil aldeído, metileno glicol, óxido de metileno, metanal, formalida 40, morbicida,

BFV, formalite, aldeído fórmico, Yde, Ivalon, Karsan, Lysoform, Oxometano, Oximetileno.

O formaldeído é o aldeído alifático mais simples e um dos mais abundantes (além do acetaldeído) e importantes no ambiente (Figura 4) (IARC, 2006 *apud* INCA, 2014; AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY - ATSDR, 2007 *apud* INCA, 2014, NACIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC, 1981 *apud* INCA, 2014; PATNAIK, 2011). A sua elevada reatividade resulta da presença de uma ligação dupla polarizada entre o átomo de carbono e o de oxigênio, enquanto que a sua elevada pressão de vapor (516 kPa) explica a sua grande volatilidade (NAYA; NAKANISHI, 2005 *apud* VIEGAS, 2010). Suas principais características estão representadas na Tabela 1.

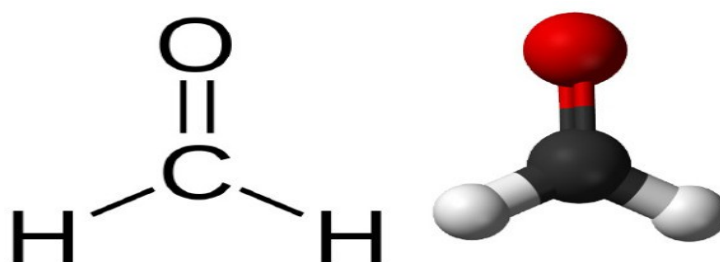


Figura 4: Formaldeído.

Fonte: <http://albertasbuvoteisus.wordpress.com/2014/01/31/47-formaldeidas/>

Tabela 1: Principais Características Físicas e Químicas do Formaldeído

| | |
|------------------------------------|---|
| Fórmula molecular | CH ₂ O |
| Peso molecular | 30,03 g/mol |
| Ponto de fusão | - 92 °C |
| Ponto de ebulição | - 19 °C |
| Temperatura de auto-ignição | 424 °C |
| Limites de explosividade (LEI/LES) | 7% - 73% |
| Pressão de vapor | 516 kPa |
| Solubilidade | Elevada em água e solventes como álcool, acetona e éter |

Fonte: ATSDR, 1999 *apud* Viegas, 2010.

Na presença de ar e à temperatura ambiente, ele polimeriza rapidamente

dando origem a paraformaldeído (precipitado branco de fórmula $(\text{CH}_2\text{O})_x$). Também reage violentamente com agentes oxidantes como os peróxidos e com agentes redutores pode produzir calor e formar gases inflamáveis (IARC, 2006 *apud* INCA, 2014; INDUKERN, 2014).

O formaldeído reage de forma relativamente rápida com outras substâncias existentes no ar, sob a influência da radiação solar, o que torna o seu tempo de semi-vida (tempo necessário a que se reduza a metade uma determinada concentração) curto (VIEGAS, 2010).

Ao reagir com o ácido clorídrico ou outros cloretos inorgânicos, forma o éter bis(clorometílico), substância que apresenta propriedades cancerígenas para o homem (ATSDR, 1999 *apud* INCA, 2014; IARC, 2006 *apud* INCA, 2014; INDUKERN, 2014). Contudo, apresenta um baixo potencial de bioacumulação nos organismos vivos (INTERNATIONAL PROGRAMME ON CHEMICAL SAFETY, 1991 *apud* VIEGAS, 2010).

7.2.3 Produção do formaldeído

O formaldeído é obtido através da oxidação do metanol. Ele está enquadrado entre as 25 substâncias químicas mais abundantemente produzidas no mundo e possui várias finalidades, sendo muito utilizado em soluções de ureia e tioureia, resinas fenólicas e melamínicas, nos ésteres de celulose, na seda sintética, nos corantes, vidros, espelhos, explosivos, na fabricação de germicidas, no embalsamento de cadáveres e como anti-séptico. Além disso, é um bom desinfetante e não provoca o endurecimento excessivo dos tecidos, revelando-se um ótimo meio para conservar e armazenar material de biópsias e peças cirúrgicas (ATSDR, 2007 *apud* VIEGAS, 2010; TANG *et al.*, 2009 *apud* VIEGAS, 2010; MORAL, 1993).

7.2.4 Ciclo toxicológico do formaldeído

O formaldeído está presente em concentrações baixíssimas na maior parte dos organismos, tecidos e células (HECK; CASANOVA, 2004 *apud* VIEGAS, 2010). Ele existe naturalmente no organismo humano, sendo um produto derivado de metabolismos diversos (como os da serina, da glicina, da metionina, da colina, da sarcosina, da homoserina e da desmetilação de compostos N-, S- e O-metil) (IARC, 1995 *apud* VIEGAS, 2010).

Devido à sua solubilidade na água, o formaldeído que penetra por inalação ou por ingestão é rapidamente absorvido nos tratos respiratório e gastrointestinal e fortemente metabolizado em formiato na própria zona de absorção, o qual, por sua vez, é removido através da circulação sanguínea (ATSDR, 1999 *apud* VIEGAS, 2010; IARC, 2006 *apud* VIEGAS, 2010).

O formaldeído absorvido, por sua vez, reage instantaneamente com aminas primárias e secundárias, tióis, hidroxilas e amidas para formar derivados de metilol. Pode ligar-se de forma reversível à cisteína para formar tiazolidina-4-carboxilato. Pode também unir-se a ureia para formar adutos hidroximetil ou, ainda, reagir com macromoléculas como o DNA (ácido desoxirribonucleico), RNA (ácido ribonucleico) e proteínas para formar adutos reversíveis ou irreversíveis (ligações cruzadas) (IARC, 2006 *apud* VIEGAS, 2010).

Existem várias enzimas envolvidas no processo de oxidação do formaldeído. Dessas, sobressai o papel da desidrogenase do formaldeído (ADH_3) como principal responsável pela metabolização deste agente químico (HECK; CASANOVA, 2004 *apud* VIEGAS, 2010; VON SCHULTE; BERNAUER; MADLE, 2006 *apud* VIEGAS, 2010; ATSDR, 1999 *apud* VIEGAS, 2010).

Os metabolitos resultantes da ação destas enzimas, que correspondem ao ácido fórmico (CH_2O_2) e ao dióxido de carbono (CO_2), são eliminados do organismo através da urina e do ar exalado (Figura 5) (VON SCHULTE; BERNAUER; MADLE, 2006 *apud* VIEGAS, 2010; IARC, 2006 *apud* VIEGAS, 2010;

NATIONAL INDUSTRIAL CHEMICALS NOTIFICATION AND ASSESSMENT SCHEME, 2006 *apud* VIEGAS, 2010).

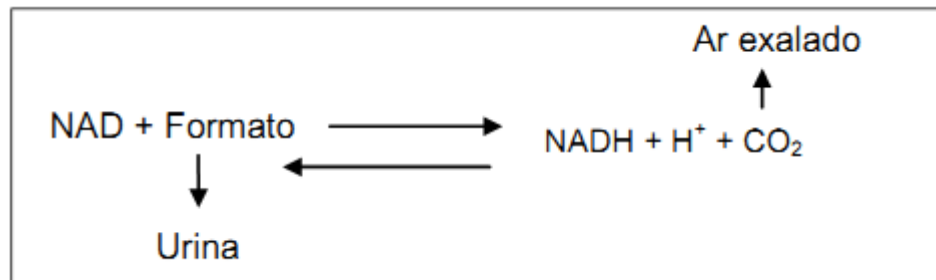


Figura 5: Eliminação dos metabólitos (VIEGAS, 2010).

7.2.5 Toxicidade do formaldeído e sintomas de intoxicação

O formaldeído (formol) é tóxico se ingerido, inalado ou tiver contato com a pele, por via intravenosa, intraperitoneal ou subcutânea (INCA, 2014). Devido à sua reatividade e rápido metabolismo nas células da pele, trato gastrointestinal e pulmões, os efeitos locais do formaldeído apresentam um papel mais importante comparado com os efeitos sistêmicos (VARGOVÁ *et al.*, 1993).

Da mesma forma, a localização das lesões corresponde principalmente às zonas do organismo expostas às doses mais elevadas, ou seja, o desenvolvimento dos efeitos tóxicos dependerá mais da intensidade da dose externa do que da duração da exposição (ATSDR, 1999 *apud* VIEGAS, 2010; VINCENT; JEANDEL, 2006 *apud* VIEGAS, 2010; IARC, 2006 *apud* VIEGAS, 2010).

Conforme o grupo de estudos da Organização Mundial da Saúde (OMS), exposições à concentrações de formaldeído menores de 0,05 ppm são aceitáveis, enquanto que concentrações maiores que 0,10 ppm são preocupantes (ANVISA (1), 2014). Abaixo, segue a tabela do INCA (Tabela 2) sobre os efeitos do formaldeído (formol) de acordo com a exposição e a sua duração.

Tabela 2: Efeitos do formaldeído em humanos após exposições de curta duração.

| Média de concentração | Tempo médio | Efeitos à saúde da população geral |
|------------------------------|-----------------------------|---|
| 0,8 - 1 ppm* | Exposições repetidas | percepção olfativa |
| até 2 ppm | Única ou repetida exposição | irritante aos olhos, nariz e garganta |
| 3 – 5 ppm | 30 minutos | lacrimação e intolerância por algumas pessoas |
| 10 – 20 ppm | Tempo não especificado | dificuldade na respiração e forte lacrimação |
| 25 – 50 ppm | Tempo não especificado | edema pulmonar, pneumonia, perigo de vida |
| 50 – 100 ppm | Tempo não especificado | pode causar a morte |

* ppm: partes do contaminante por milhão de partes de ar

Fonte: INCA (2014) - Adaptado de World Health Organization – WHO (1989); IARC (1995); WHO Regional Office for Europe (1987).

Os sintomas mais frequentes em caso de intoxicação estão ligados à inalação, à ingestão, ao contato com a pele e aos olhos.

Ao ser inalado, o formaldeído pode desencadear fortes dores de cabeça, tosse, falta de ar, vertigem, dificuldade para respirar e edema pulmonar, irritação ou inflamação nos olhos, nariz, mucosas, faringe, laringe e no trato respiratório superior e sensação de queimação e pressão no tórax. Em altas concentrações pode levar à tosse, bronquite, pneumonia ou laringite (INCA, 2014; BERNSTEIN *et al.*, 1984; KILBURN *et al.*, 1985; ANDERSEN; PROCTOR, 1982).

Quando ingerido, ele causa imediata e intensa dor na boca e faringe; dores abdominais com náuseas, vômito e possível perda de consciência, coma e morte por falência respiratória. Ocasionalmente pode promover diarreia (com possibilidade de sangue nas fezes), pele pálida, fria e úmida além de sinais de choque como dificuldade de micção, convulsões e estupor. Além disso, podem ocorrer danos degenerativos no fígado, rins, coração e cérebro (INCA, 2014).

O contato com o vapor ou com a solução na pele pode deixá-la esbranquiçada e áspera e acaba acarretando na atrofia e na necrose da parte da pele que esteve em contato com o formaldeído. Longos períodos de exposição podem causar dermatite e hipersensibilidade, rachaduras na pele (ressecamento), ulcerações e queimaduras (INCA, 2014; INDUKERN, 2014; PATNAIK, 2011).

Quando esse contato ocorre com os olhos, ele pode causar conjuntivite e também queimadura nos mesmos (INCA, 2014; INDUKERN, 2014).

A exposição ao formaldeído durante a gestação pode causar abortos espontâneos, má formação congênita, baixo peso ao nascer, infertilidade e endometriose (IARC, 2006).

7.2.6 Carcinogênese do formol e tipos de câncer associados a sua exposição

Os primeiros indícios de carcinogenicidade do formaldeído foram realizados pelo Chemical Industry Institute of Toxicology (CIIT), dos Estados Unidos, em 1978, relatando o desenvolvimento de cancro nasal em ratos laboratorialmente expostos à esta substância (IARC, 2005).

Em 1981, a IARC realizou uma avaliação do formaldeído, considerando-o como um agente cancerígeno do grupo 2A (provavelmente carcinogênico) (BINETTI, COSTAMAGNA E MARCELLO, 2006 *apud* INCA, 2014).

A partir de julho de 2004, a IARC classificou esse composto como carcinogênico (que promove a formação de câncer) (Grupo 1), tumorogênico e

teratogênico (responsável pelas malformações), por produzir efeitos na reprodução para humanos e algumas espécies de animais. Em relação ao câncer, não há níveis seguros de exposição (INCA, 2014).

No ano de 2006, o formaldeído foi classificado pela IARC como “cancerígeno humano”, com base num estudo realizado com embalsamadores e trabalhadores expostos a formaldeído diariamente (HAUPTMANN *et al.*, 2004 *apud* INCA, 2014; IARC, 2006 *apud* INCA, 2014).

Os tipos de câncer que são associados à exposição de formaldeído são o de nasofaringe, a leucemia e o adenocarcinoma nasal. A evidência da sua conduta carcinogênica em seres humanos é, entretanto, limitada (INCA, 2014).

O câncer de nasofaringe, também chamado neoplasia maligna de nasofaringe, é um evento raro, porém apresenta um dos piores prognósticos dentre os tumores malignos de cabeça e pescoço. Além do formol, existem os fatores ambientais/ocupacionais associados a ele (INCA, 2014).

A leucemia é evidenciada em profissionais expostos ao formaldeído, porém esta evidência não é suficiente (INCA, 2014).

O adenocarcinoma nasal existe, porém também apresenta evidência limitada em humanos causado pelo formaldeído (INCA, 2014).

7.2.7 Legislação nacional sobre a composição de formaldeído em alguns produtos

Segundo a Anvisa (2014), o valor limite recomendável de formaldeído, que separa as condições de ausência e de presença de agressão à saúde humana, deve ser determinado a partir de evidências científicas. Esses valores são preestabelecidos pela legislação e conhecidos como padrões de referências ou de tolerância.

A formalina ou formaldeído na forma de vapor são altamente tóxicos. Diante disso, a Anvisa estabeleceu que o uso do formaldeído (formol) é permitido apenas como conservante (substância adicionada aos produtos com a finalidade de preservá-los de danos causados por microorganismos, bem como de proteger o consumidor de contaminação) na concentração de 0,1% em produtos de higiene oral e 0,2% nos que não são destinados à higiene oral, conforme consta na Tabela 3 (RDC nº 162, de 11 de setembro de 2001).

Tabela 3: Concentração Máxima Permitida de Formaldeído e Paraformaldeído como Conservantes.

| Nº ORD | Substância (Nome INCI) | Máxima Concentração Autorizada | Limitações | Condições de Uso e Advertência |
|---------------|--|--|-----------------------|---|
| 5 | Formaldeído e paraformaldeído (+) (FORMALDEHYDE e PARAFORMALDEHYDE) | 0,1% (em produtos de higiene oral) 0,2% (outros produtos não destinados à higiene oral). (expresso como formaldeído livre) | Proibido em aerossóis | Contém formaldeído (somente para concentrações superiores a 0,05% no produto final) |

Fonte: RDC nº 162 de 11 de setembro de 2001 - Estabelece a Lista de Substâncias de Ação Conservante para Produtos de Higiene Pessoal, Cosméticos e Perfumes.

A Anvisa também estabeleceu seu uso como endurecedor de unhas na concentração de 5%, conforme a Tabela 4 (RDC Nº 15, de 26 de março de 2013).

Tabela 4: Concentração máxima de formaldeído permitida em endurecedores de unhas.

| Nº ORD | Substância | Campo de aplicação e/ou utilização | Concentração máxima autorizada no produto final | Condições de uso e advertências que devem constar no rótulo |
|--------|-------------|------------------------------------|---|--|
| 3 | Formaldeído | Produtos para endurecer as unhas | 5% calculados como formaldeído | 1) Proteger as cutículas com óleos 2) Contém formaldeído (somente para concentrações superiores a 0,05% no produto final) |

Fonte: RDC nº 15, de 26 de março de 2013 - Aprova o Regulamento Técnico "Lista de Substâncias de Uso Cosmético: Acetato de chumbo, Pirogalol, Formaldeído e Paraformaldeído" e dá outras providências.

No Brasil, a Portaria nº 3.214/78 estabeleceu como limite de tolerância para trabalhadores expostos ao formaldeído o valor de 1,6 ppm para uma jornada de até 48 horas semanais, sendo considerado um agente químico cujos limites de tolerância não podem ser ultrapassados em momento algum na jornada de trabalho. O grau de insalubridade a ser considerado no caso de sua caracterização é máximo. Observa-se que, na legislação brasileira, o limite de exposição do trabalhador ao formaldeído foi estabelecido em 1978, estando acima do aceitável pelas organizações internacionais de saúde, não levando em consideração os vários estudos já realizados em relação à concentração de formaldeído no ambiente e os efeitos adversos à saúde (INCA, 2014).

Além disso, a Anvisa proibiu o uso do formol em produtos de limpeza (detergentes, desinfetantes, alvejantes e demais materiais saneantes), conforme a RDC nº 35, de 03 de junho de 2008.

Mais recentemente, em 17 de julho de 2009, outra resolução foi publicada no Diário Oficial da União (DOU) – a RDC nº 36, que “proíbe a exposição, a venda e a entrega ao consumo de formol ou de formaldeído (solução a 37%) em drogaria, farmácia, supermercado, armazém e empório, loja de conveniência e drugstore”.

Ela discorre ainda sobre a adição de formol ou de formaldeído em produtos cosméticos destinados aos salões de beleza ou demais estabelecimentos, sendo esta proibida e configurada como infração sanitária nos termos da Lei

nº 6.437, de 20 de agosto de 1977 (Art. 2º); e como crime hediondo pela legislação brasileira, de acordo com o Art. 273 do Código Penal (ANVISA (1), 2014), pois acarreta riscos à saúde da população.

Todos os produtos registrados pela Anvisa que apresentam o formaldeído na sua composição têm as concentrações da substância dentro dos limites previstos na legislação vigente. Contudo, quando o produto não é registrado, sua composição não foi avaliada, e com isso, ele pode conter substâncias proibidas ou de uso restrito, em condições e concentrações inadequadas ou não permitidas, o que acarreta riscos à saúde da população (ANVISA (3), 2014).

Por isso, a Anvisa alerta que produtos sem registro não sejam utilizados, sendo que o consumidor pode entrar em contato com a Vigilância Sanitária Municipal, Estadual ou com a Anvisa, caso encontre irregularidades (ANVISA (3), 2014).

7.2.8 Aplicações e exposições ocupacionais ao formaldeído/formol

No passado, a exposição ao formaldeído era muito maior, principalmente durante processos de trabalho como o envernizamento de móveis e pisos de madeiras, acabamentos têxteis e tratamento de peles. Atualmente, existe uma política de redução dos níveis de formol na fabricação de resinas (INCA, 2014).

Além das aplicações e exposições mais comuns do formaldeído ou formol, elas podem ocorrer ainda por profissionais que trabalham em fundições, na indústria de fibra vítrea sintética, na produção de plásticos, nas ruas, devido às emissões veiculares, por bombeiros e por trabalhadores de prédios públicos (IARC, vol88 completo, 2006 *apud* INCA, 2014), na agricultura, já que é utilizado como conservante para forragem, desinfetante, na preservação de cevada e açúcar de beterraba, e também no tratamento de peles e couros, carvão e no processamento de borrachas e abrasivos (INCA, 2014).

A seguir estão suas aplicações e exposições ocupacionais mais comuns.

7.2.8.1 Uso como alisante de cabelos

Nos últimos anos, no Brasil, os salões de beleza têm utilizado extensivamente o formol como alisante capilar nas denominadas escovas progressivas. A Anvisa proibiu o uso do formol com essa função e também a sua venda. Essa proibição veio com o fato da triplicação do uso desse produto como alisante capilar no primeiro semestre de 2009, em comparação com todo ano de 2008. Então, como não há produtos com formol autorizados pela Anvisa com a função de alisar os cabelos, supõe-se que o mesmo vem sendo adicionado aos cabelos a critério de cada especialista (INCA, 2014).

O formaldeído se liga às proteínas da cutícula e aos aminoácidos hidrolizados da solução de queratina, formando um filme endurecedor ao longo do fio, impermeabilizando-o e mantendo-o rígido e liso. O efeito é o mesmo da calda da maçã do amor: por fora, lindo e brilhante, mas, por dentro, desidratado e quebradiço. O fio torna-se apto à fratura, em consequência dos traumas normais do dia a dia, como pentear e prender os cabelos (MOREIRA *et al.*, 2014).

O maior problema, contudo, é que o formol é volátil e, depois de aquecido, uma maior quantidade é inalada tanto por quem aplica como por quem se submete ao tratamento. Além disso, em inúmeras mulheres o formol causou queda de cabelo, ardência nos olhos, queimaduras no couro cabeludo e problemas respiratórios, conforme a Figura 7 (MOREIRA *et al.*, 2014; LORENZINI, 2010).



Figura 7: Danos provocados pela escova progressiva à base de formol (ANVISA (1), 2014).

Por isso, é importante ressaltar a existência de outros alisantes autorizados pela Anvisa, sendo eles: ácido tioglicólico, hidróxido de sódio, hidróxido de potássio, hidróxido de cálcio, hidróxido de lítio e hidróxido de guanidina alumínio, que são permitidos pela legislação brasileira (ANVISA (4), 2014).

O uso do formol no alisamento capilar é mais detalhadamente abordado no Anexo A, com maiores informações sobre o tema que não se encaixam na fundamentação, contudo, também apresentam grande importância.

7.2.8.2 Outras aplicações e exposições comuns ao formaldeído/formol

O formol ou formaldeído é também utilizado em hospitais, em laboratórios de histopatologia, em laboratórios de anatomia e preservação de cadáveres, na indústria de produtos de madeira e papel, na construção civil, na fábrica de tecidos e artigos de vestuário, etc. Nesses ambientes, estudantes, técnicos de laboratório, profissionais da saúde e limpeza e demais trabalhadores são expostos à substância (IARC, 2006 *apud* INCA, 2014).

7.2.9 Exposições não-ocupacionais ao formaldeído/formol

O formaldeído está presente no ar ambiente e constitui cerca de 50% de todos os aldeídos, tendo origem tanto em fontes naturais, como antropogênicas. A população também pode entrar em contato com o formol através do uso de cosméticos. Além disso, o formaldeído é utilizado como agente bacteriostático em alimentos e está presente na fumaça do cigarro (PATNAIK, 2011; COSMETIC INGREDIENT REVIEW EXPERT PANEL, 1984 *apud* INCA, 2014;

RESTANI; RESTELI; GALLI, 1992 *apud* INCA, 2014; ATSDR, 1999 *apud* INCA, 2014; WHO, 2001 *apud* INCA, 2014).

7.3 Técnicas qualitativas e quantitativas de análise do formaldeído

As análises qualitativa e quantitativa do formaldeído podem ser feitas de várias formas.

Ele pode ser analisado por técnicas instrumentais como a Cromatografia Gasosa - Gas Chromatography (GC), a Colorimetria, a Polarografia e a Cromatografia em fase gasosa/ espectrometria de massa - Gas Chromatography/ Mass Spectrometry (GC/MS).

Existem também outras técnicas presentes na literatura, como a Espectroscopia no Infravermelho e os testes oxidativos de Tollens e de Fehling.

7.3.1 Análises qualitativas

Nessa pesquisa, serão utilizados o Teste de Tollens e a Espectroscopia no Infravermelho para a análise qualitativa do formaldeído.

7.3.1.1 Testes químicos oxidativos para aldeídos/formaldeído

Quando aldeídos são expostos a agentes oxidantes, eles reagem porque o carbono ligado ao oxigênio na carbonila adquire caráter positivo, visto que o oxigênio é mais eletronegativo e atrai mais fortemente os elétrons da ligação química. Assim, um oxigênio nascente que estiver no meio irá atacar esse carbono, colocando-se exatamente entre a ligação carbono-hidrogênio. Forma-se então um composto do grupo dos ácidos carboxílicos (Figura 8) (JONES; ATKINS, 2001).

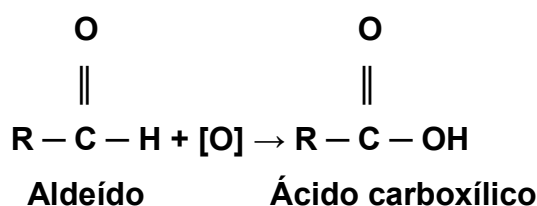


Figura 8: A reação de oxidação ocorre apenas nos aldeídos.

Fonte: <http://www.brasilecola.com/quimica/reacao-oxidacao-aldeidos-cetonas.htm>

Segundo Vollhardt e Schore (2004), apesar do uso de testes químicos para a determinação de grupos funcionais ter se tornado uma raridade devido ao advento de técnicas espectrométricas, eles ainda são usados quando podem ocorrer falhas nos testes analíticos. Os dois testes de açúcares que são utilizados usam a oxidação fácil dos aldeídos e ácidos carboxílicos.

O primeiro deles é o teste de Fehling. É um óxido cúprico na presença de tartarato duplo de sódio e potássio (solução de cor azulada). Se o composto sofrer oxidação, quando em contato com aldeídos (Figura 9), o cátion cúprico Cu^{2+} , sofre redução passando a cátion cuproso Cu^{1+} , que precipita na forma de um óxido Cu_2O , de cor vermelho-tijolo (FONSECA, 1993).

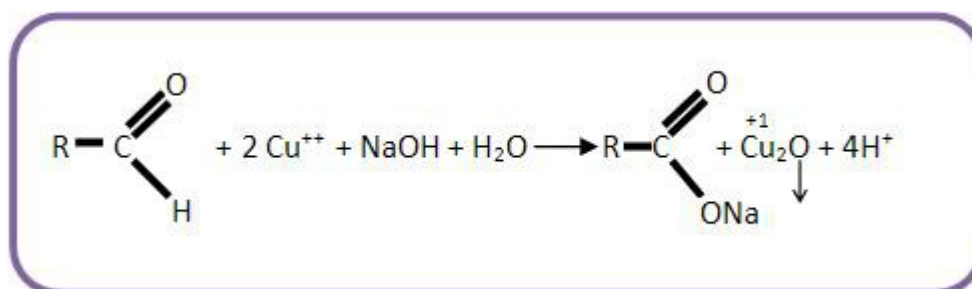


Figura 9: Reação ocorrida no teste de Fehling.

Fonte: <https://www.google.com/search?q=testede+fehling&source>

O segundo teste químico é o teste de Tollens, também conhecido como espelho de prata. É uma solução amoniacal de nitrato de prata, usada para a diferenciação dos aldeídos e das cetonas. Se o composto inorgânico Ag(NH₃)₂OH (reagente de Tollens) sofrer oxidação, ou seja, quando estiver em contato com algum aldeído, o cátion Ag⁺ sofre redução formando prata metálica que se deposita nas paredes do tubo de ensaio, onde ocorreu a reação química (Figura 10), dando origem ao denominado “espelho de prata” (FONSECA, 1993).

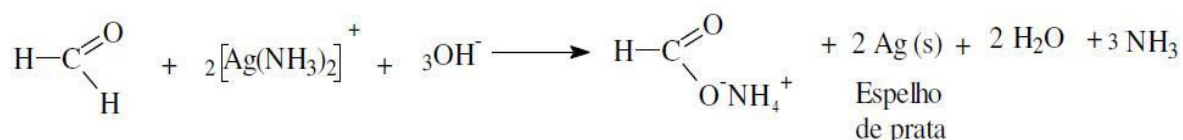


Figura 10: Reação ocorrida no teste de Tollens.

Fonte: <http://www.engquimicasantosp.com.br/2012/10/reagente-de-tollens.html>

É importante ressaltar que os testes de Fehling e Tollens não são comumente usados em sínteses em grande escala, contudo, a reação de Tollens é empregada industrialmente na produção de espelhos de prata em superfícies de vidro, como, por exemplo, no interior de garrafas térmicas (VOLLHARDT; SCHORE, 2004).

7.3.1.2 Espectroscopia no Infravermelho

A técnica descrita a seguir foi retirada de Haack (2010), tendo em vista sua importância e abordagem simples constatadas pela equipe.

A espectroscopia no infravermelho é certamente uma das mais importantes técnicas analíticas disponíveis atualmente. Uma das grandes vantagens desta técnica é que grande parte das amostras, em praticamente qualquer estado físico, pode ser estudada. Líquidos, soluções, pastas, pós, filmes, fibras, gases e superfícies podem ser analisados com uma escolha criteriosa de técnica de amostragem e de sua preparação.

A Radiação Infravermelha (IR) corresponde aproximadamente à parte do espectro eletromagnético situada entre as regiões do visível e das micro-ondas. A porção de maior utilidade na análise e identificação de materiais está situada entre 4000 cm^{-1} e 400 cm^{-1} ($2,5\text{ }\mu\text{m}$ e $25\text{ }\mu\text{m}$), o chamado infravermelho médio.

A espectroscopia no infravermelho é baseada nas vibrações dos átomos numa molécula. Um espectro no infravermelho é comumente obtido pela passagem de radiação infravermelha através de uma amostra e determinação da fração da radiação incidente que é absorvida em cada frequência (energia) ou comprimento de onda.

Ao absorver radiação infravermelha as moléculas são excitadas a estados de energia maiores. Esse processo é quantizado, ou seja, apenas certas frequências (energias) são absorvidas e essa absorção corresponde a variações de energia na ordem de 8 a 40 kJ/mol^2 .

Apesar do processo de absorção no infravermelho ser quantizado, o espectro costuma aparecer como uma série de bandas, em vez de linhas, porque a cada mudança de nível de energia vibracional corresponde uma série de mudanças de níveis rotacionais. As linhas se sobrepõem dando lugar às bandas observadas, bandas de vibração-rotação. A frequência ou comprimento de onda de absorção de uma radiação depende das massas relativas dos átomos, das constantes de força das ligações e da geometria dos átomos na estrutura do composto.

Cada frequência de absorção presente num espectro no infravermelho

corresponde a uma frequência de vibração de uma parte de uma molécula da amostra.

As posições das bandas nos espectros no infravermelho podem ser apresentadas em comprimento de onda (μm) ou número de ondas (cm^{-1}), e as intensidades das bandas em porcentagem de transmitância (%T) ou absorbância (A). A transmitância é a razão entre a energia radiante transmitida por uma amostra e a energia radiante que nela incide. A absorbância é o logaritmo decimal do inverso da transmitância, isto é, $A = \log_{10} (1/T)$. As intensidades das bandas podem ainda ser apresentadas em termos semiquantitativos: F = forte, m = média, f = fraca.

7.3.2 Análises quantitativas

Nessa pesquisa, será utilizada a técnica Cromatografia Gasosa para a análise quantitativa do formaldeído.

7.3.2.1 Cromatografia: o que é e suas classificações

A cromatografia é um processo de separação de misturas que consiste em diversos tipos de técnicas, sendo estas decorrentes de diferentes componentes e aplicações. Uma das vantagens da cromatografia é a sua capacidade de tomar os componentes individuais de uma amostra e isolá-los uns dos outros para que possam ser mais facilmente identificados ou medidos (HAGE; CARR, 2012).

O processo é uma combinação de separação e detecção, que se baseia no grau de atração entre o analito e a fase fixa. Utiliza-se de fases móvel, estacionária (fixa) e de um suporte (Figura 11). A fase que indica inicialmente a técnica de cromatografia a ser usada é a móvel, que fica acima da coluna caso este

seja o suporte, e é o componente que faz a substância se mover até o final da coluna, chamado então de fase móvel, pois ele se desloca junto à mistura em questão. A fase estacionária permanece o tempo todo no sistema revestindo ou estando ligada à coluna, tendo a função de retardar o movimento do composto. O suporte é onde a fase estacionária está revestida ou ligada. Essa combinação das fases estacionária e móvel e do suporte associada a um equipamento compõe um dispositivo conhecido como cromatógrafo (HAGE; CARR, 2012).

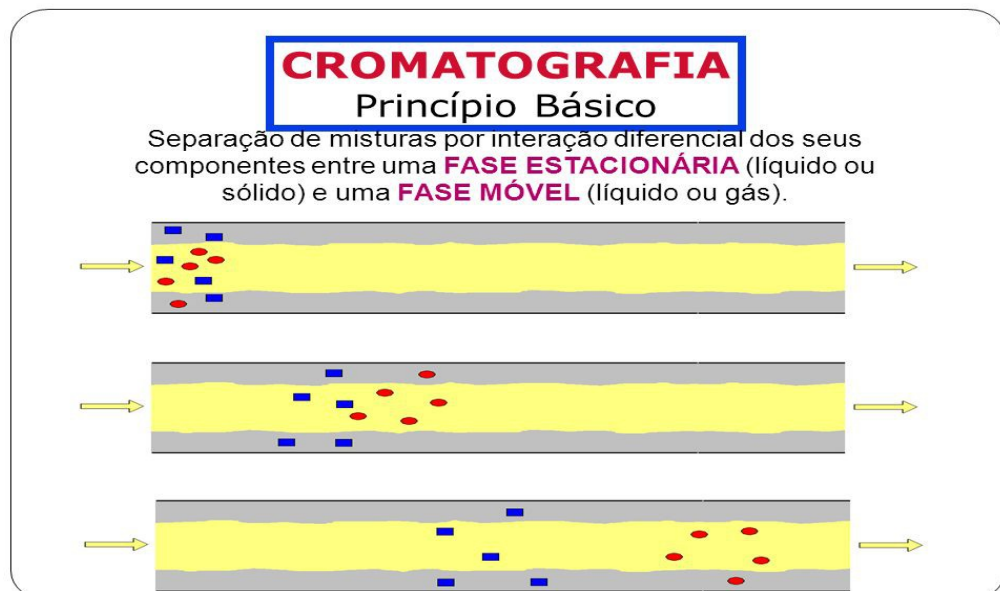


Figura 11: Princípio básico da cromatografia.

Fonte: <http://slideplayer.com.br/slide/88553/>

As categorias de cromatografia variam de acordo com a substância que é usada nas fases móvel e estacionária (HAGE; CARR, 2012).

O agrupamento dos tipos de cromatografia se dá pelos componentes do método: as fases móvel e estacionária e o suporte. A principal maneira de categorizar técnicas cromatográficas é de acordo com sua fase móvel. Existem ainda agrupamentos de acordo com o tipo de suporte que o método utiliza (HAGE; CARR, 2012).

Na classificação de acordo com a fase móvel, quando a mesma

corresponde a um gás, é chamada de Cromatografia Gasosa (CG); sendo ela um líquido, a técnica utilizada é a Cromatografia Líquida (CL). Existem ainda subclassificações de acordo com a fase estacionária e seu mecanismo de separação. Na CG, existe a cromatografia gás-sólido ou a cromatografia líquido-sólido. Na CL, existem as cromatografias de adsorção, de partição, de troca iônica, de exclusão e de afinidade (HAGE; CARR, 2012).

Na classificação de acordo com suporte, quando o suporte fica junto à fase estacionária em uma coluna, é chamada de cromatografia em coluna, sendo chamada de cromatografia de leito recheado quando a coluna é preenchida com partículas de suporte que contêm a fase estacionária; se a coluna não tiver um suporte e a fase estacionária estiver colocada diretamente sobre a parede interior da coluna, a técnica é então denominada de cromatografia tubular aberta; se o suporte e a fase estacionária estiverem sobre um papel filtro, uma lâmina de plástico ou de vidro a técnica é chamada de cromatografia planar (HAGE; CARR, 2012).

7.3.2.2 Descrição da cromatografia

A maneira mais utilizada na cromatografia em análises químicas consiste em injetar um pequeno volume de amostra em uma coluna e observar o tempo ou o volume de fase móvel que cada componente da amostra leva para passar através do sistema. Nesse caso, o movimento de solutos através da coluna é chamado de eluição, e a fase móvel usada para passar solutos através da coluna é conhecida como eluente (HAGE; CARR, 2012).

O termo tempo morto (t_M) refere-se ao tempo necessário para uma substância totalmente sem interação (ou não retida) passar pela coluna. Se uma substância possui interação (ou é retida) pela fase estacionária, ela se deslocará mais devagar através da coluna e sairá em algum momento posterior. O tempo médio desse processo é conhecido como tempo de retenção (t_R) da substância. O comprimento desse tempo de retenção é determinado pela estrutura da substância

submetida à eluição, bem como os tipos de fase estacionária e de fase móvel a serem utilizados no sistema cromatográfico. A relação entre o tempo de retenção e a estrutura química torna t_R útil como um meio de identificar os picos nos cromatogramas, que são os gráficos que mostram a resposta medida por um detector no final da coluna em função do tempo ou de volume de fase móvel necessário para a eluição (HAGE; CARR, 2012).

Outra maneira de descrever o movimento de substâncias em cromatografia é feita através do volume de eluição. O volume médio de fase móvel que é preciso para mover um composto através da coluna é chamado de volume de retenção do composto (V_R). O volume de fase móvel necessário para eluir uma substância totalmente não retida é conhecido como volume morto da coluna (V_M) (HAGE; CARR, 2012).

À medida que substâncias químicas se deslocam através de um sistema cromatográfico, a largura da região que contém cada composto torna-se gradualmente mais ampla. Esse processo é conhecido como alargamento de pico, e ocorre mesmo em substâncias com pouca ou nenhuma ligação com a fase estacionária (HAGE; CARR, 2012).

A primeira informação que a cromatografia pode fornecer sobre uma amostra de múltiplos componentes é a aparência geral no cromatograma. Por meio do número, posição e tamanho dos picos, obteremos um padrão de impressão digital ou perfil químico que é característico da amostra a ser analisada. Além disso, uma segunda informação pode ser obtida por meio da posição de cada pico, utilizando-se os tempos de retenção e o os volumes de retenção da substância submetida à eluição. Tais valores, estão relacionados com a estrutura da substância química (HAGE; CARR, 2012).

Uma terceira informação que pode ser obtida por cromatografia é a quantidade de um composto que está presente na amostra. A obtenção dessa informação exige que o composto esteja claramente separado dos demais componentes da amostra (HAGE; CARR, 2012).

7.3.2.3 Cromatografia com Gás

Compostos voláteis podem ser separados pela *cromatografia com gás*, em que a fase móvel é, usualmente, um gás relativamente não-reativo, como hélio, nitrogênio ou hidrogênio. O resultado é apresentado frequentemente como um *Cromatograma* (Figura 12), que mostra como cada soluto foi eluído, e as áreas dos picos indicam quanto de cada componente está presente. A identidade do soluto que produziu cada pico pode ser determinada comparando-se sua posição contra uma base de dados de compostos conhecidos (ATKINS e JONES, 2006).

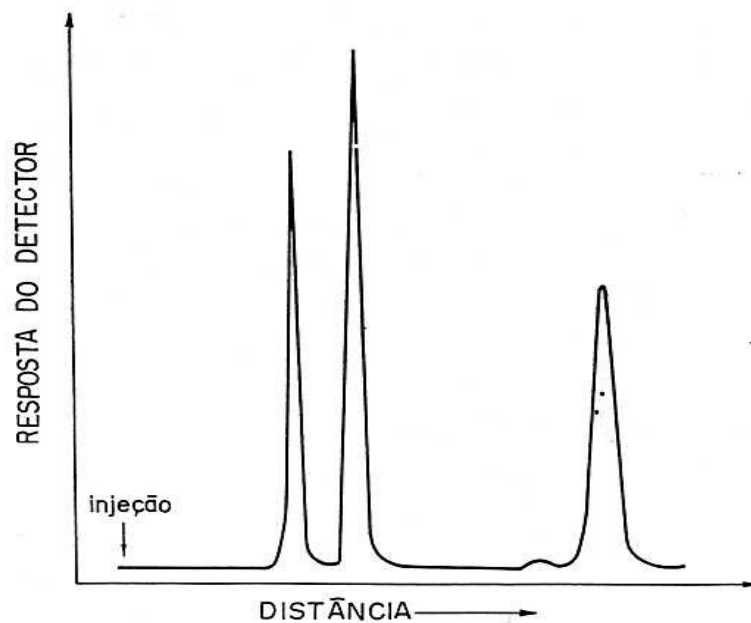


Figura 12: Cromatograma.

Fonte: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAABJ9gAG/cromatografia-gasosa>

Na *Cromatografia de Partição Gás-Líquido* (GLPC), a fase estacionária é um líquido que cobre as partículas do tubo ou as paredes dele. Geralmente o tubo é muito estreito e longo (100 m), e tem de ser enrolado em espiral (Figura 13). Os solutos são separados, por sua solubilidade relativa nas fases gás e líquido. Na *Cromatografia de Adsorção Gás-Sólido*, as partículas sólidas revestem o interior do tubo estreito. Os vapores do soluto são separados pela diferente atração às

partículas sólidas. Tanto na cromatografia de partição gás-líquido e na cromatografia de adsorção gás-sólido, a polaridade relativa determina a distância entre os picos (ATKINS; JONES, 2006).

À medida que o vapor deixa o tubo, os componentes na amostra são detectados por dispositivos, como os detectores térmicos de condutividade. Esses instrumentos medem continuamente a condutividade térmica do gás transportador, que se modifica quando um soluto está presente (ATKINS; JONES, 2006).

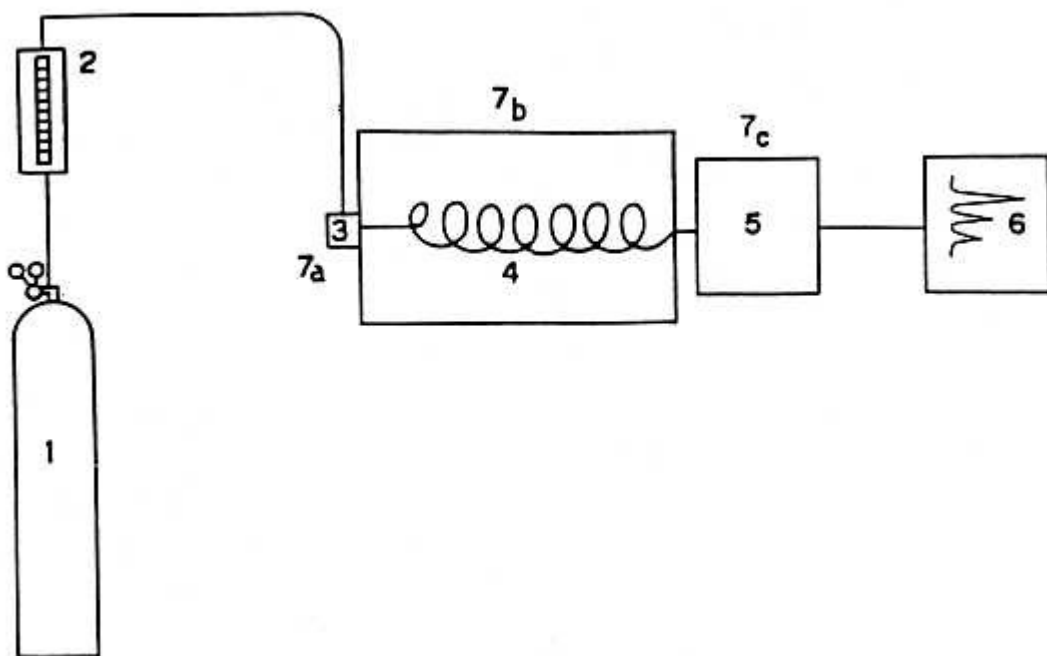


Figura 13: Cromatógrafo a gás.

Fonte: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAABJ9gAG/cromatografia-gasosa>

7.3.2.4 Cromatografia com Gás-Espectrometria de Massas

O *Cromatógrafo a Gás-Espectrômetro de Massas* (GC-MS) produz um espectro de massas de cada componente, bem como suas massas e posições no cromatograma. Esse sistema de detecção é usado quando não se dispõe de amostras-padrão para ajudar a determinar as identidades dos solutos. Um feixe de

Íons bombardeia cada composto que sai do cromatógrafo. O composto se quebra em íons de diferentes massas e fornece um conjunto de picos estreitos ao invés de um só pico por composto. A quantidade relativa de cada fragmento é determinada e usada para ajudar a identificar o composto (ATKINS; JONES, 2006).

8 METODOLOGIA

Para a análise da concentração de formaldeído em produtos capilares utilizados na escova progressiva, serão coletadas amostras em alguns salões de beleza do município de Jaraguá do Sul e serão feitas, posteriormente, as análises qualitativas e quantitativa das mesmas. A pesquisa será realizada durante o segundo semestre de 2014.

A primeira etapa da pesquisa consistirá na coleta de amostras dos produtos capilares mais utilizados na escova progressiva em alguns salões do município de Jaraguá do Sul, distribuídos pelos bairros onde os membros da equipe residem e estudam, sendo eles: Amizade, Ilha da Figueira, João Pessoa, Nereu Ramos, Nova Brasília, Santa Luzia, Três Rios do Norte e Centro de Jaraguá do Sul.

Inicialmente, conversaremos com os profissionais dos salões para a permissão da coleta de amostras. Para isso, será feita a explicação do projeto de forma objetiva e também a entrega da carta de apresentação do IFSC, para formalizar a pesquisa junto ao salão de beleza. Então, serão coletadas três amostras de 30 mL em cada salão, que serão armazenadas em recipientes especiais que permitirão o acondicionamento e a conservação das mesmas. A visita nos salões consistirá ainda no registro da presença ou não do formaldeído (formol) nos rótulos dos produtos cujas amostras serão coletadas, para futura comparação com os resultados analíticos.

Após a coleta, a segunda etapa consistirá nas análises qualitativas das amostras, que serão realizadas através do Teste de Tollens e da Espectroscopia no Infravermelho. O Teste de Tollens será realizado no Laboratório de Química do IFSC – Câmpus Jaraguá do Sul. Já a Espectroscopia no Infravermelho será realizada no Laboratório de Química do IFSC – Câmpus São José. Através de ambas as técnicas, poderá ou não ser detectada a presença de formaldeído nas amostras.

A terceira etapa consistirá então na análise quantitativa das soluções cuja

presença do formaldeído foi detectada. Esta será realizada através da técnica Cromatografia Gasosa, no Laboratório de Química do IFSC – Campus São José. Após a sua realização, serão obtidas as concentrações de formaldeído presentes nas amostras.

Por fim, os dados das amostras serão tabulados e a última etapa será a comparação dos mesmos com a concentração de formaldeído estabelecida pela Anvisa (0,2%) e também com seus respectivos rótulos. Assim, será verificado o cumprimento ou não da legislação pelos salões de beleza pesquisados.

A revisão bibliográfica continuará sendo realizada durante todo o processo para o aprofundamento da pesquisa.

9 CRONOGRAMA

Abaixo encontra-se o cronograma que servirá de base para a equipe para a execução da pesquisa proposta.

| Atividades Períodos (Meses) | Agosto | Setembro | Outubro | Novembro | Dezembro |
|--|---------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| Aprofundamento da revisão bibliográfica | X | X | X | X | |
| Coleta de amostras de produtos capilares | X | X | | | |
| Tabulação dos rótulos das amostras | X | X | | | |
| Análises qualitativas | | X | X | X | |
| Análise quantitativa | | | X | X | |
| Análise dos dados | | | X | X | |
| Relatório da versão final | | | X | X | |
| Elaboração do banner | | | | X | |
| Entrega e apresentação do relatório de pesquisa | | | | | X |

REFERÊNCIAS

ABRANTES, R.; ASSUNÇÃO, J. V.; HIRAI, E. Y. **Caracterização das emissões de aldeídos de veículos do ciclo diesel**. Saúde Pública, São Paulo, n. 39, p.479-485, 2005.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (1) – Anvisa. **Alisantes e formol – o que você precisa saber**. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/cosmeticos/material/Folder_%20Alisantes_Formol.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2014.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (2) – Anvisa. **Cosméticos**. Disponível em: <http://www.ccs.saude.gov.br/visa/folheteria/o_Cosmeticos.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2014.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (3) – Anvisa. **Escova Progressiva, Alisantes e Formol**. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/cosmeticos/alisantes/alisante_formol.htm>. Acesso em: 7 maio 2014.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (4) – Anvisa. **Formol e glutaraldeído como alisantes – diga NÃO ao uso indevido**. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/cosmeticos/alisantes/escova_progressiva.htm>. Acesso em: 6 abr. 2014.

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY - ATSDR. **Formaldehyde sampling of FEMA temporary-housing trailers**. Atlanta : ATSDR, 2007.

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY - ATSDR. **Toxicological profile of formaldehyde**. Atlanta : ATSDR, 1999.

ANDERSEN, I.; PROCTOR, D. F. **The nose, upper airway physiology and the atmospheric environment**. 1. ed. New York: Amsterdam Elsevier Biomedical Press, 1982.

ATKINS, P. e JONES, L. **Princípios de Química: Questionando a Vida Moderna e o Meio Ambiente**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. 968 p.

BERNSTEIN, R. et al. **Inhalation exposure to formaldehyde: an overview of its toxic epidemiology, monitoring, and control**. American Industrial Hygiene Association Journal. V. 11, n. 45. Ohio, 1984. p. 778-785. Jones, 2001.

BINETTI R.; COSTAMAGNA F. M.; MARCELLO I. **Development of carcinogenicity classifications and evaluations: The case of formaldehyde**. 2006. Ann Ist Super Sanita 42: 132–143.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Aprova o Regulamento Técnico "LISTA DE SUBSTÂNCIAS DE USO COSMÉTICO: ACETATO DE CHUMBO, PIROGALOL, FORMALDEÍDO E PARAFORMALDEÍDO" e dá outras providências. Resolução RDC n. 15, de 26 de março de 2013.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Dispõe sobre a proibição a exposição, a venda e a entrega ao consumo de formol ou de formaldeído (solução a 37%) em drogaria, farmácia, supermercado, armazém e empório, loja de conveniência e drugstore. Resolução RDC n. 36, de 17 de junho de 2009.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Estabelece a Lista de Substâncias de Ação Conservante para Produtos de Higiene Pessoal, Cosméticos e Perfumes. Resolução RDC n. 162, de 11 de setembro de 2001.

BRASIL. Ministério de Estado do Trabalho. Aprova as Normas Regulamentadoras - NR - do Capítulo V, Título II, da Consolidação das Leis do Trabalho, relativas a Segurança e Medicina do Trabalho. Portaria n. 3.214, de 8 de junho de 1978.

CARR, J. D.; HAGE D. S. **Química Analítica e Análise Quantitativa**. 1. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2012. 705 p.

Cosmetic Ingredient Review Expert Panel. **Final report on the safety assessment of formaldehyde**. J. Am. Coll Toxicol.: 1984. 3. 157-184.

FONSECA, M. R. M. **Química Integral**, 2º grau. São Paulo: FTD, 1993. Volume único.

FONSECA, M. R. M. **Química: meio ambiente, cidadania, tecnologia**. 1. ed. São Paulo: FTD, 2010. Coleção química, meio ambiente, cidadania, tecnologia; v. 3.

GERBERICH, H.R.; STAUTZENBERGER, A.L. & HOPKINS, W.C. **Formaldehyde**. In: Mark, H.F., Othmer, D.F., Overberger, C.G., Seaborg, G.T. & Grayson, N., eds, Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, 1980. 3rd Ed., Vol. 1, New York, John Wiley & Sons, p. 231-250.

GOMES, Álvaro Luiz. **O uso da tecnologia cosmética no trabalho do profissional cabeleireiro**. 1 ed. São Paulo: Editora SENAC São Paulo, 1999. 122 p.

GOYER, N. **Exposition au formaldéhyde en milieu de travail: la pathologie**. Montréal: Institut de Recherche Robert-Sauvé en Santé et en Sécurité du Travail, 2007.

HAACK, M. C. **Análise de materiais por espectroscopia no infravermelho dentro do sistema de gestão de qualidade conforme ABNT NBR ISSO/IEC 17025**. 2010. 50 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

HAUPTMANN, M. *et al.* **Mortality from solid cancers among workers in formaldehyde industries**. 2004. Am J Epidemiol 159(12): 1117-1130.

HECK, H.; CASANOVA, M. **The implausibility of leukemia induction by formaldehyde : a critical review of the biological evidence on distant-site toxicity**. Regulatory Toxicology and Pharmacology. 40 : 2 (October 2004) 92-106.

INDUKERN do Brasil Química Ltda. **Ficha de informações sobre produtos químicos – formol**. Disponível em:
<http://indukern.com.br/arquivosUp/70_FORMOLDEIDO_ESTABILIZADO_37.pdf>.

Acesso em: 6 mar. 2014.

INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER – INCA. **Formol ou Formaldeído**. Disponível em: <http://www1.inca.gov.br/conteudo_view.asp?ID=795>. Acesso em: 6 mar. 2014.

INTERNACIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER - IARC. 2004. **IARC classifies formaldehyde as carcinogenic to humans**. In IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Lyon, France: World Health Organization.

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER – IARC. 2005. La OMS considera cancerígeno el formaldeído. **Revista Española de Patología**. 38: 1 62-63.

INTERNACIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER - IARC. 2006. **IARC list of carcinogenic agents**. Geneva, Switzerland: World Health Organization.

INTERNATIONAL PROGRAMME ON CHEMICAL SAFETY. **Formaldehyde: health and safety guide**. Geneva: World Health Organization, 1991. [Consult. 21 Nov. 2007]. Disponível em: <<http://www.inchem.org/documents/hsg/hsg/hsg057.htm>>.

JONES, Loretta; ATKINS, Peter W. **Princípios de Química: Questionando a Vida Moderna e o Meio Ambiente**. Porto Alegre: Bookman, 2001. 729 p.

KILBURN, K. H. *et al.* **Pulmonary and neurobehavioral effects of formaldehyde exposure**. Archives of Environmental Health. V. 40. Washington. 1985. p. 254-260.

KOHLER, R. C. O. **A química da estética capilar como temática no ensino de química e na capacitação dos profissionais da beleza**. 2011. 113 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências) – Universidade Federal de Santa Maria – RS.

LORENZINI, S. **Percepções dos cabeleireiros sobre à toxicidade do formaldeído**. 2010. 34 f. Monografia (Especialização em Saúde Pública) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

MABA, I. **Efeitos maléficos do formaldeído em formulações de alisamento capilar**. 2008. 41 f.. Monografia (Bacharelado em Química) - Universidade Regional de Blumenau (Centro das Ciências Exatas e Naturais - Departamento de Química) – Blumenau.

MC MURRY, J. **Química Orgânica**. 7. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011. 1141 p.

MORAL, R. Laboratório de anatomia patológica. Madrid: McGraw-Hill, 1993.

MOREIRA, A. M. *et al.* **Tratamentos estéticos e cuidados dos cabelos: uma visão médica**. Disponível em:
<http://www.rspdermato.med.br/images/online/artigo_cuidadoscabelos.pdf>. Acesso em: 18 abr. 2014.

NATIONAL INDUSTRIAL CHEMICALS NOTIFICATION AND ASSESSMENT SCHEME - NICNAS. **Formaldehyde**. Sydney, Australia: NICNAS, 2006.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Commercial production, properties and uses of aldehydes**. In COMMITTEE ON ALDEHYDE, NATIONAL RESEARCH COUNCIL – Formaldehyde and other aldehydes. Washington, DC : National Academy Press, 1981. 20-35.

NAYA, M. ; NAKANISHI, J. **Risk assessment of formaldehyde for the general population in Japan**. Regulatory Toxicology and Pharmacology. 43 : 3 (December 2005) 232-248.

NETTO, C. G. **Química básica: Química Orgânica**. 2. ed. São Paulo: Editora Scipione, 1991. 312 p.

OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH ADMINISTRATION – OSHA.

Formaldehyde. Disponível em:

<https://www.osha.gov/OshDoc/data_General_Facts/formaldehyde-factsheet.pdf>.

Acesso em 2011.

PATNAIK, P. **Guia Geral: Propriedades nocivas das substâncias químicas.** Belo Horizonte: Ergo Editora, 2011. 484 p.

PEYREFITTE, G.; MARTINE, M. C.; CHIVOT, M. **Estética-Cosmética:** cosmetologia, biologia geral, biologia da pele. São Paulo. 1998.

REISCH, M. **Chemical Engineering.** Revista News, v. 20, n. 3, p. 15-20, march 2000.

RESTANI, P.; RESTELLI, A.R & GALL, C.L. **Formaldehyde and hexamethylenetetramine as food additives: chemical interactions and toxicology.** Food Addit. Contam., 1992. 9. 597-605.

SCARABELO, Janiele Fregulia. **Validação de metodologia para análise e investigação de formol em produtos usados em alisamentos de cabelos.** Tubarão: Unisul, 2007. 1 p. (Programa Unisul de Iniciação Científica – PUIC).

SCHUELLER, Randi. **Iniciação a química cosmética:** v.2. São Paulo: Tecnopress, 2002. Atmospheric Environment. 39 : 28. p. 5149-5156.

TANG, X. *et al.* **Formaldehyde in China: Production, consumption, exposure levels, and health effects.** 2009. Environ Int 35(8): 1210-1224.

VARELA, Antonio Edson Martins. **Um estudo sobre os princípios ativos dos produtos para alisamento e relaxamento de cabelos oferecidos atualmente no mercado brasileiro.** Balneário Camboriú: Universidade do Vale do Itajaí, 2007. 22 p.

VARGOVÁ, M.; WAGNEROVÁ, J.; LISKOVÁ, A. **Subacute immunotoxicity study of formaldehyde in male rats**. Drug and Chemical Toxicology. 16: 3 (1993) 255-275.

VELASCO, Maria Valéria R.; BABY, André R.; BALOGH, Tatiana S.; VILLA, Ricardo T.; BEDIN, Valcinir. **Escova progressiva: Abordagem crítica do uso de formaldeído em procedimentos de alisamento**. Disponível em: <<http://www.pelesaudavel.org/site/pdfs/Escova20progressiva.pdf>>. Acesso em: 23 mar. 2014.

VIEGAS, S. P. C. **Estudo da exposição profissional a formaldeído em laboratórios hospitalares de anatomia patológica**. 2010. 280 f.. Tese (Especialização em saúde ambiental e ocupacional) – Universidade Nova de Lisboa (Escola Nacional de Saúde Pública) – Lisboa.

VINCENT, R. ; JEANDEL, B. **Exposition professionnelle au formaldéhyde en France : informations fournies par la base de données Colchic**. Hygiène et sécurité du travail. 203 (June 2006) 19-33.

VOLLAHRDT, K. Peter C.; SCHORE, Neil E. **Química Orgânica: estrutura e função**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2004. 1112 p.

VON SCHULTE, H. ; BERNAUER, U. ; MADLE, S. **Assessment of the carcinogenicity of formaldehyde (CAS No. 50-00-00)**. Berlim : Bundesinstitut fur Risikobewertun, 2006.

WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO. **Air quality guidelines for Europe**. 2nd ed. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe, 2001.

ANEXO

ANEXO A - O formol e os cabelos

Apesar das leis que proíbem o uso de formol como alisante de cabelos, a procura pelos efeitos do uso de formol nos cabelos continua crescente. Portanto, mesmo que a Anvisa venha aos poucos elaborando leis cada vez mais restritivas quanto ao uso de formol e propondo sua substituição em vários produtos, como os alisantes, o uso do formol como alisantes de cabelos tem sido muito intenso em todo o país, ganhando inclusive mais atenção pela mídia (INCA, 2014).

O cabelo através da história

Os cabelos são impregnados de simbologia, eles recebem grande atenção desde a Antiguidade. Na pré-história, o troglodita já se esforçava para tratar e arrumar seus cabelos, fato comprovado nos achados arqueológicos, como pentes e navalhas de pedra. Porém, foi no Egito, há aproximadamente cinco mil anos, que a arte de cuidar dos cabelos chegou ao auge. Foi nessa época que surgiram perucas sofisticadas, as quais mostravam a habilidade dos cabeleireiros, que gozavam de grande prestígio na corte dos faraós (KOHLENER, 2011).

Atualmente percebemos a grande variedade de transformações nos cabelos desde os mais elaborados penteados e as cores mais vibrantes ou neutras, até as modificações na estrutura, tornando-os lisos ou cacheados.

Os produtos atuais usados nos alisamentos e relaxamentos dos cabelos foram criados primeiramente para o processo de ondulação dos fios, sendo conhecido no Brasil como “permanente”. O método de ondulação de cabelos também tem sido praticado desde os tempos dos antigos egípcios (VARELA, 2007).

Alisamentos capilares

Segundo Varela (2007), a primeira solução química de ondulação de cabelos foi produzida por Nessler, em 1906, e consistia em uma pasta de bórax (borato de sódio). Uma solução baseada em tioglicolato de amônio surgiu na década de 30, quando foi introduzida como primeira ondulação fria, que substituiu virtualmente os métodos de ondulação a calor.

O “relaxamento” ou “alisamento” de cabelos são os nomes dados ao processo reativo usado para alisar os cabelos excessivamente cacheados. O alisamento dos fios pode ser feito mecanicamente pressionando os cabelos com implementos quentes (transformação temporária) ou quimicamente (transformação permanente). Os alisantes funcionam de maneira parecida aos onduladores permanentes, mas em termos gerais, há uma diferença principal em processos de alisamento e ondulação: os alisamento tendem a quebrar mais as ligações químicas entre os aminoácidos dos fios de cabelo (VARELA, 2007).

Segundo a Anvisa (1) (2014), alisantes são todos os produtos cosméticos, sejam nacionais ou importados, que têm a finalidade de alisar os cabelos. É importante ressaltar que todos os alisantes devem ser registrados na Anvisa.

Os alisantes possuem substâncias ativas que podem ser empregadas em sua composição, tais como: Ácido Tioglicólico, Hidróxido de Sódio, Hidróxido de Potássio, Hidróxido de Cálcio, Hidróxido de Lítio, Hidróxido de Guanidina, entre outras (ANVISA (1), 2014).

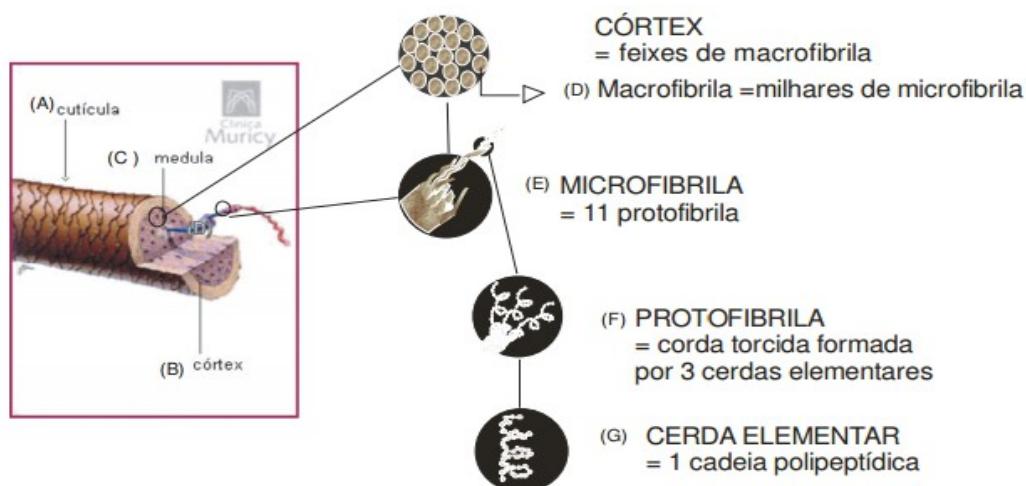
O processo de alisamento químico ou “relaxamento de cabelo” não acarreta danos para a saúde da população, desde que o produto atenda às exigências estabelecidas na legislação sanitária e o procedimento seja realizado seguindo as orientações do fabricante e por profissionais competentes (ANVISA (2), 2014).

No processo de alisamento capilar, o produto pode ser o mesmo, embora as técnicas diferentes. O processo de alisamento danifica mais o fio porque muitas das ligações químicas que mantêm a integridade do fio podem ser rompidas: as de

força média, iônicas (salinas) e as fortes, ligações entre os átomos de enxofre (dissulfeto). Entre os danos causados por consequências dos alisamentos estão: a diminuição da resistência do fio, aumento da porosidade e danos à cutícula, que resulta na perda do brilho, maciez e dificuldade para pentear. Os danos causados por processos químicos são acumulativos e após o processo, o cabelo possui pouca ou nenhuma capacidade de recuperação natural, por isso não se deve combinar uma sequência de processos (VARELA, 2007).

A estrutura bioquímica do fio de cabelo

Os princípios ativos dos produtos para alisamento agem diretamente sobre a estrutura química do fio. A Figura 14 mostra um desenho esquemático sobre a estrutura física do fio de cabelo e as suas fibras. O cabelo é uma massa de queratina formada por três camadas celulares concêntricas de fora para dentro: a cutícula, o córtex e a medula (VARELA, 2007).



Fonte: <http://www.clinicamuricy.com.br>.

Figura 14: Desenho esquemático da estrutura bioquímica do fio de cabelo (CLÍNICA MURICY *apud* VARELA, 2007).

A queratina, como outras proteínas, é formada por aminoácidos em forma

de íons com cargas positivas e negativas. Esses aminoácidos podem formar grandes estruturas poliméricas através de ligações amidas entre o grupo ácido de um aminoácido e o amino de outro. Para a queratina ter uma estrutura organizada, modelada e fixa, formam-se outras ligações químicas adicionais, ligações estas relacionadas na Figura 15, que dispõem de três modos: (1) A formação de pontes de hidrogênio entre cadeias polipeptídicas paralelas: são consideradas fracas, quebram-se com a simples ação da água, porém são numerosas e significativas para a estabilização da estrutura da proteína; (2) A formação de ligações salinas entre ligações paralelas de ácidos e bases: algumas cadeias de polipeptídios possuem grupos ácidos e outros básicos, por isso há a formação de sais (ligações iônicas), que são consideradas de força média; (3) A formação de ligações pelos átomos de enxofre ou dissulfeto: são ligações fortes (VARELA, 2007).

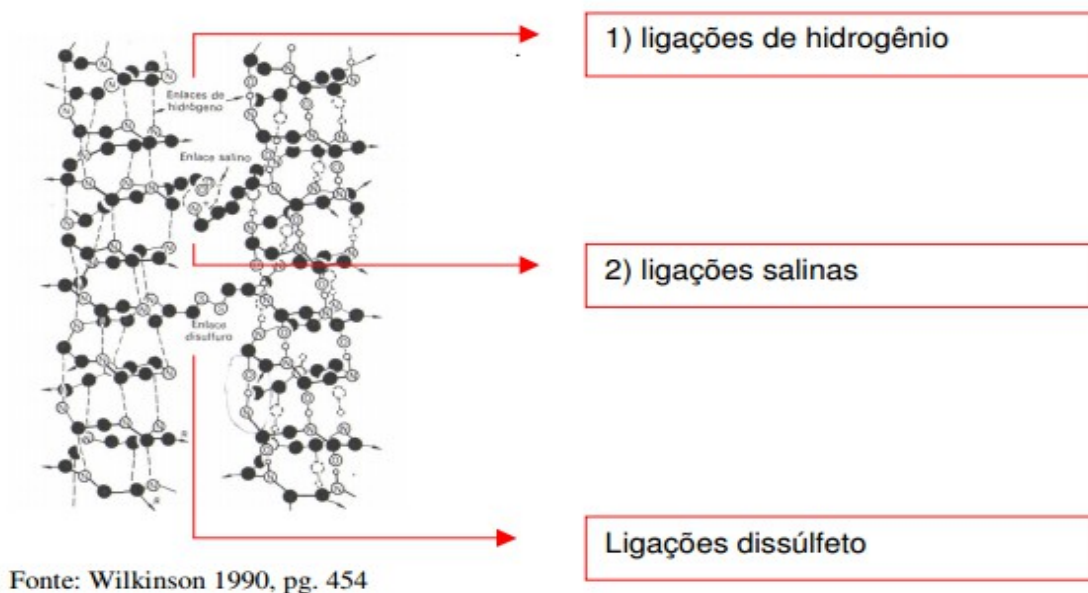


Figura 15: Desenho esquemático das ligações químicas (WILKINSON, 1990 apud VARELA, 2007).

A influência dessas ligações em relação a estrutura do fio estão bem definidas. Por exemplo: se as ligações dissulfeto se quebram, o cabelo se debilita, mas não partirá se forem mantidas íntegras as ligações salinas (iônicas). Da mesma maneira acontece com as ligações salinas, se forem mantidas as dissulfetos

(VARELA, 2007).

Formaldeído no processo de alisamento capilar

“No primeiro semestre de 2004, surgiu no Rio de Janeiro um método com mais eficiência chamado de escova progressiva. Esta técnica deixa os cabelos ondulados e crespos com uma aparência de liso” (MABA, 2008, p. 10).

O mau cheiro da formulação, dores de cabeça e irritação nos olhos causaram certa desconfiança nos proprietários e frequentadores dos salões de beleza. A conclusão da Anvisa foi de que essas formulações continham uma alta concentração de formaldeído na sua composição, sendo que as pessoas nos próprios salões estavam misturando formol, queratina e cremes e aplicando em clientes (ANVISA, 2008 *apud* MABA, 2008).

Em ambos os casos, o formol é adicionado aos produtos durante o processo de fabricação, na indústria, e não depois que o produto já está pronto. Qualquer outro uso fora dessas finalidades e concentrações acarreta sérios riscos à saúde da população (ANVISA (1), 2014).

O uso de formol para alisamento capilar tornou-se frequente, pois, além de mais barato, é um processo rápido e que deixa os fios com brilho intenso. Sua venda em farmácias é proibida. A solução é empiricamente misturada à queratina líquida, que consiste em aminoácidos carregados positivamente e ao creme condicionador. O produto final é aplicado aos fios e espalhado com o auxílio de um pente. Em seguida, utilizam-se secador e piastra (MOREIRA *et al.*, 2014).

O formaldeído se liga às proteínas da cutícula e aos aminoácidos hidrolizados da solução de queratina, formando um filme endurecedor ao longo do fio, impermeabilizando-o e mantendo-o rígido e liso. O efeito é o mesmo da calda da maçã do amor: por fora, lindo e brilhante, mas, por dentro, desidratado e quebradiço. O fio torna-se apto à fratura, em consequência dos traumas normais do dia a dia, como pentear e prender os cabelos (MOREIRA *et al.*, 2014).

O maior problema é que o formol é volátil e, depois de aquecido, uma

maior quantidade é inalada tanto por quem aplica como por quem se submete ao tratamento. O seu uso como alisante não é permitido devido à volatilização. Para atingir o efeito alisante, o formaldeído deverá ser empregado em concentrações de 20 a 30%, o que é totalmente vetado (MOREIRA *et al.*, 2014).

Além disso, em inúmeras mulheres o formol causou queda de cabelo, ardência nos olhos, queimaduras no couro cabeludo e problemas respiratórios (LORENZINI, 2010).

Percepções dos cabeleireiros e dos clientes sobre a toxicidade do formaldeído

Os profissionais cabeleireiros estão expostos a um grande número de produtos químicos, como o formaldeído, presente em grande parte dos produtos utilizados para o processo de alisamento capilar. Diante disso, constatou-se em uma pesquisa realizada por Lorenzini (2010) em salões de beleza, que os profissionais e os donos dos salões não têm informações concretas sobre a legislação e os riscos da toxicidade do formaldeído e que não utilizam todos os equipamentos de proteção necessários.

Constatou-se que há vários produtos vendidos para os salões de beleza que contêm formaldeído em sua composição. Estes produtos são utilizados para o alisamento capilar, parecendo haver desconhecimento da legislação pelos cabeleireiros, o que tem proporcionado o uso do formaldeído. Pouco se sabe a respeito da perspectiva em relação à saúde no ambiente de trabalho dos cabeleireiros. Ao realizar uma pesquisa sobre os efeitos respiratórios da exposição ao formaldeído, Lorenzini (2008) constatou que os mesmos desconhecem a toxicidade do produto, pois não utilizam os equipamentos adequados de proteção individual (EPI's) e trabalham em ambientes sem ventilação adequada. Evidenciou-se também que o formaldeído, bem como demais produtos químicos, está causando danos a estes profissionais, principalmente ao sistema respiratório (LORENZINI, 2010).

Segundo Lorenzini (2010), 332 mulheres do Rio de Janeiro procuraram a Vigilância Sanitária da cidade para reclamar de reações causadas pela técnica de escova progressiva. As queixas se referiam a queda de cabelo, ardência nos olhos, queimaduras no couro cabeludo e problemas respiratórios, sendo dois salões interditados e trinta e seis multados .

Nesse sentido, Lorenzini (2010) afirma que a Anvisa vem mostrando a sua preocupação, alertando a população sobre os riscos do uso de produtos que não estejam registrados e que podem causar graves problemas a saúde. As Vigilâncias Sanitárias Estaduais e Municipais vem também encontrando produtos sem registro da Anvisa, sendo utilizados sem controle e com altas dosagens de formol, proporcionando casos de queda de cabelo, queimaduras, irritações nos olhos, problemas respiratórios, além de morte por choque anafilático.

Por outro lado, Lorenzini (2010) também afirma em sua pesquisa que os consumidores, muitas vezes, sabem da utilização de formol e concordam com o seu uso no alisamento, uma vez que o mesmo garante uma maior durabilidade ao alisamento, mesmo com todos os riscos que esse procedimento apresenta.