



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE QUÍMICA

CAROLINA BATISTA GROT

**COSMÉTICOS PARA ESMALTAÇÃO DAS UNHAS: UMA REVISÃO
BIBLIOGRÁFICA COM ÊNFASE EM ESMALTE TRADICIONAL, ACRÍLICO E
GEL UV**

Uberlândia - MG

2026

Carolina Batista Grott

**COSMÉTICOS PARA ESMALTAÇÃO DAS UNHAS: UMA REVISÃO
BIBLIOGRÁFICA COM ÊNFASE EM ESMALTE TRADICIONAL, ACRÍLICO E
GEL UV**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Química da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Química Industrial.

Área de concentração: Química Orgânica

Orientador: Prof. Dr. Welington de Oliveira Cruz

Uberlândia - MG

2026

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

G881 Grott, Carolina Batista, 1998-
2026 COSMÉTICOS PARA ESMALTAÇÃO DAS UNHAS: UMA REVISÃO
BIBLIOGRÁFICA COM ÊNFASE EM ESMALTE TRADICIONAL, ACRÍLICO
E GEL UV [recurso eletrônico] / Carolina Batista Grott. - 2026.

Orientadora: Welington de Oliveira Cruz.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade
Federal de Uberlândia, Graduação em Química Industrial.

Modo de acesso: Internet.

Inclui bibliografia.

Inclui ilustrações.

1. Tecnologia química. I. Cruz, Welington de Oliveira, 1966-,
(Orient.). II. Universidade Federal de Uberlândia. Graduação em
Química Industrial. III. Título.

CDU: 660.2

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:

Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091

Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074



ATA DE DEFESA - GRADUAÇÃO

Curso de Graduação em:	Química Industrial				
Defesa de:	Trabalho de Conclusão de Curso - QGB056				
Data:	05/03/2026	Hora de início:	08:30	Hora de encerramento:	10:30
Matrícula do Discente:	11811QID025				
Nome do Discente:	Carolina Batista Grott				
Título do Trabalho:	COSMÉTICOS PARA ESMALTAÇÃO DAS UNHAS: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA COM ÊNFASE EM ESMALTE TRADICIONAL, ACRÍLICO E GEL UV				

A carga horária curricular foi cumprida integralmente?	(x) Sim () Não
--	----------------------

Reuniu-se em formato remoto (Google Meet/Microsoft Teams) em sala criada pela coordenação do curso, a Banca Examinadora, designada pelo Coordenador do Curso de Graduação em Química Industrial, assim composta: Prof. Dr. Welington de Oliveira Cruz - **Orientador(a)**; Prof.^a Dr.^a Viviani Alves de Lima - Titular; Prof.^a Dr.^a Amanda Danuello Pivatto - Titular e Prof.^a Dr.^a Raquel Maria Ferreira de Sousa - Suplente.

Iniciando os trabalhos, o(a) presidente da mesa, Dr. Welington de Oliveira Cruz, apresentou a Comissão Examinadora e o(a) candidato(a), agradeceu a presença do público, e concedeu ao(à) discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do(a) discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do curso.

A seguir o(a) senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(às) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

(X) Aprovado(a) Nota: _96_ pontos
() Reprovado(a)

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Welington de Oliveira Cruz, Professor(a) do Magistério Superior**, em 05/03/2026, às 10:35, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Amanda Danuello Pivatto, Professor(a) do Magistério Superior**, em 05/03/2026, às 10:36, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Viviani Alves de Lima, Professor(a) do Magistério Superior**, em 05/03/2026, às 10:38, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **7094635** e o código CRC **E69CB61C**.

Referência: Processo nº 23117.012040/2026-30

SEI nº 7094635

In Memoriam

Dedico este trabalho ao meu pai,
pelo amor incondicional e incentivo aos estudos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, ao meu amado pai, Reginaldo, que, mesmo não estando mais presente fisicamente, permanece vivo em minha memória, em meus valores e em cada conquista que realizo. Seu amor incondicional me formou, me fortaleceu e me acompanhará para sempre, sendo fonte constante de inspiração e coragem ao longo da minha vida.

À minha mãe, aos meus irmãos e a toda a minha família, expresso minha profunda gratidão pelo carinho, apoio e compreensão ao longo de toda essa trajetória. Sou imensamente grata por tê-los comigo.

Aos meus amigos, dos mais antigos aos que conheci durante a caminhada acadêmica, agradeço pelo companheirismo, pelo apoio e pelos momentos vividos, que permanecem marcados em minha memória.

Ao meu amor e companheiro de vida, Felipe, deixo meu sincero agradecimento por ser meu alicerce, meu porto seguro e por caminhar ao meu lado em todos os momentos, com amor e apoio incondicionais.

Aos professores e colaboradores da UFU, minha gratidão pelas contribuições, diretas ou indiretas, que foram fundamentais para minha formação acadêmica e para a conclusão do curso de Química Industrial.

RESUMO

Os cosméticos utilizados na esmaltação das unhas apresentam formulações complexas, compostas por diferentes classes de matérias-primas, selecionadas para conferir estética, durabilidade e desempenho na aplicação. Entre os principais produtos comercializados destacam-se os esmaltes tradicionais, os sistemas acrílicos e os géis fotopolimerizáveis, que se diferenciam quanto à composição química, ao mecanismo de cura e ao potencial de risco à saúde humana. Os esmaltes convencionais são baseados em nitrocelulose, solventes orgânicos, plastificantes e pigmentos, mantendo-se predominantes no mercado. Já os sistemas acrílicos e os géis UV utilizam monômeros e oligômeros (met)acrilados ativados quimicamente ou por radiação UVA, proporcionando maior resistência mecânica do revestimento. Entretanto, tais formulações podem desencadear efeitos adversos, como dermatite de contato alérgica, danos ao tecido ungueal e riscos fotobiológicos decorrentes da exposição às lâmpadas UV/LED utilizadas na cura do gel. Assim, esta revisão bibliográfica discute aspectos químicos, mecanismos de polimerização, regulamentação sanitária e possíveis implicações toxicológicas, ressaltando a importância do uso seguro e da qualificação profissional no manejo desses cosméticos.

Palavras-chave: nitrocelulose; polimerização; monômeros (met)acrilados; dermatite de contato alérgica; toxicologia.

ABSTRACT

Cosmetic products used for nail coating present complex formulations, composed of different classes of raw materials, selected to provide aesthetics, durability, and performance during application. Among the main products marketed, traditional nail polishes, acrylic systems, and UV-curable gels stand out, each differing in chemical composition, curing mechanism, and potential health risks. Conventional nail polishes are based on nitrocellulose, organic solvents, plasticizers, and pigments, remaining predominant in the market. In contrast, acrylic systems and UV gels use chemically or photo-activated (meth)acrylate monomers and oligomers, providing greater mechanical resistance to the coating. However, these formulations may trigger adverse effects, including allergic contact dermatitis, damage to the nail tissue, and photobiological risks associated with exposure to UV/LED lamps used for gel curing. Therefore, this literature review discusses chemical aspects, polymerization mechanisms, sanitary regulation, and potential toxicological implications, emphasizing the importance of safe application practices and professional qualification in handling these cosmetic products.

Keywords: nitrocellulose; polymerization; (meth)acrylate monomers; allergic contact dermatitis; toxicology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura química celulose.....	18
Figura 2 - Reação de nitração da celulose	19
Figura 3 - Estrutura química tosilamida/formaldeído	20
Figura 4 - Reação entre o formaldeído e o ácido cromotrópico	21
Figura 5 - Estrutura química acetato de etila (a) e acetato de butila (b).....	23
Figura 6 - Estrutura química álcool isopropílico	23
Figura 7 - Estrutura química tolueno	24
Figura 8 - Esquema da câmara de medição da exposição a compostos orgânicos voláteis oriundos da esmaltação de unhas	25
Figura 9 - Estrutura química dibutilftalato	29
Figura 10 - Estrutura química citrato de acetil tributila	30
Figura 11 - Estrutura química (1 <i>R</i>)-(+)-cânfora (a) e (1 <i>S</i>)-(-)-cânfora (b)	32
Figura 12 - Estrutura química metacrilato de etila (a) e acrilato de etila (b).....	34
Figura 13 - Estrutura química PMMA (a), PEMA (b) e BPO (c)	35
Figura 14 - Mecanismo reacional da polimerização do monômero EMA via polimerização radicalar com o iniciador BPO	36
Figura 15 – Monômeros monofuncionais (a) e multifuncionais (b) (met)acrilados usados em unhas de gel	39
Figura 16 – Unidade base de oligômeros de trimetilhexil dicarbamato Di-HEMA usados em géis UV flexíveis para unhas	40
Figura 17 - Fotoiniciadores comuns usados em géis de unha UV.....	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comparação entre produtos de grau 1 e grau 2	14
Tabela 2 - Composição de formulações de esmaltes de unha	17
Tabela 3 - Toxicidade orgânica associada aos metais Hg, Pb, Cr, Cd e As	27
Tabela 4 - Efeitos adversos relacionados ao uso de unhas artificiais	37

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
ATBC	Citrato de Acetil Tributíla
BPO	Peróxido de Benzoíla
CLAE	Cromatografia Líquida de Alta Eficiência
DAC	Dermatite Alérgica de Contato
DMPT	N,N-dimetil-p-toluidina
EMA	Metacrilato de Etila
FDA	<i>Food and Drug Administration</i>
LED	<i>Light Emitting Diode</i>
MMA	Metacrilato de Metila
NC	Nitrocelulose
nm	Nanômetro
RDC	Resolução de Diretoria Colegiada
RTS-F	Resina Toluenossulfonamida-formaldeído
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
TE	Temperatura de Ebulição
TPO	Óxido de difenil (2,4,6-trimetilbenzol) fosfina
T _g	Temperatura de Transição Vítrea
UE	União Europeia
UV	Ultravioleta

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. OBJETIVOS.....	15
2.1 Objetivos específicos.....	15
3. METODOLOGIA.....	15
4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	16
4.1 ESMALTE TRADICIONAL.....	16
4.1.1 Resinas.....	17
4.1.1.1 Nitrocelulose.....	18
4.1.1.2 Resina toluenossulfonamida-formaldeído.....	19
4.1.2 Solventes.....	21
4.1.2.1 Acetato de etila e Acetato de butila.....	22
4.1.2.2 Álcool isopropílico.....	23
4.1.2.3 Tolueno.....	23
4.1.3 Corantes.....	25
4.1.4 Plastificantes.....	28
4.1.4.1 Citrato de acetil tributíla.....	30
4.1.4.2 Cânfora.....	31
4.1.5 Agentes tixotrópicos.....	32
4.2 ACRÍLICO.....	33
4.2.1 Composição química e mecanismo de cura.....	33
4.2.2 Efeitos adversos associados ao uso.....	36
4.3 GEL UV.....	38
4.3.1 Composição química e mecanismo de cura.....	38
4.3.2 Efeitos adversos associados ao uso.....	42
5. CONCLUSÃO.....	44
6. REFERÊNCIAS.....	45

1. INTRODUÇÃO

Os cosméticos estão presentes na vida humana desde as civilizações antigas, tendo passado por um processo contínuo de evolução quanto às suas funções, composições e formas de aplicação. A definição oficial de cosméticos, segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), engloba produtos aplicados externamente no corpo para fins de limpeza, conservação, alteração da aparência ou manutenção em bom estado (Galembeck; Csordas, 2009; Brasil, 2022).

Evidências datadas de cerca de 3000 a.C. indicam que civilizações antigas, entre elas Egito, China e Mesopotâmia, utilizavam combinações de substâncias naturais, incluindo cera de abelha, clara de ovo, gelatina, goma-arábica e pétalas de flores, associadas a pigmentos, como a henna (*Lawsonia inermis*), para colorir as unhas, atribuindo a esse costume um simbolismo associado à posição social, à beleza e à espiritualidade. No Egito Antigo, há registros de que a rainha Cleópatra recorria à henna para tingir as unhas em tons avermelhados, expressando elegância e poder (Schueller; Romanowski, 2001; Tsatalis; Rajabi-Estarabadi; Tosti, 2018).

Com o advento da industrialização e os avanços das ciências químicas no século XX, as formulações rudimentares deram lugar a produtos com composições mais complexas e eficazes. Nesse período, destacaram-se os esmaltes tradicionais, baseados em nitrocelulose (NC) e solventes orgânicos, que proporcionavam maior brilho e acabamento aperfeiçoado frente às formulações rudimentares. Paralelamente, desenvolveram-se técnicas de aprimoramento artificial das unhas, como as unhas de acrílico e as unhas de gel, materiais sintéticos que conferem resistência e durabilidade superiores à da unha natural, ampliando as opções estéticas e funcionais para os usuários (De Paula *et al.*, 2025).

O mercado global de cosméticos voltados para o cuidado com as unhas tem apresentado crescimento expressivo nas últimas décadas. Estimativas de 2023, indicam que o setor de esmaltes foi avaliado em aproximadamente US\$ 16,23 bilhões, com projeção de alcançar cerca de US\$ 25,82 bilhões até 2030. Embora os esmaltes tradicionais mantenham relevância em função de sua acessibilidade e variedade de cores, observa-se um aumento significativo na demanda por esmaltes de longa duração, métodos de extensão artificial e designs artísticos das unhas, denominados “*nail art*”. Esse crescimento é impulsionado tanto pela influência das redes sociais quanto pela busca por personalização e exclusividade, especialmente entre o público jovem (Grand View Research, 2023).

Ainda nesse cenário, o Brasil se destaca como o segundo maior mercado mundial do setor, atrás apenas dos Estados Unidos da América (EUA). Dados do SEBRAE indicam que as consumidoras brasileiras destinam, em média, 30% de sua renda mensal a serviços e produtos relacionados à beleza e à estética. Ademais, levantamentos apontam que cerca de 27% das mulheres no país alteram a cor do esmalte ao menos uma vez por semana, demonstrando a elevada demanda por serviços de manicure e pedicure no país (SEBRAE, 2015; Lima *et al.*, 2019; Brasil Beauty News, 2025).

Do ponto de vista fisiológico, a unha (ou placa ungueal) consiste em uma estrutura córnea predominantemente formada por queratina, proteína fibrosa que confere resistência e proteção às extremidades dos dedos. Originando-se da matriz ungueal, essa lâmina apresenta crescimento contínuo e desempenha funções essenciais, como a proteção das pontas digitais, a facilitação da manipulação de objetos e a contribuição para a percepção tátil. A preservação da integridade e da saúde dessa estrutura é fundamental para o bem-estar geral, servindo como indicativo da manutenção da aparência e do estado sistêmico do organismo (Bologna; Jorizzo; Schaffer, 2015).

Apesar dos benefícios estéticos, o uso frequente desses cosméticos pode ocasionar efeitos adversos, como reações alérgicas, irritações cutâneas, sensibilização e danos à estrutura da unha natural. Certos componentes químicos presentes em esmaltes e produtos para alongamento das unhas podem apresentar potencial tóxico ou sensibilizante, especialmente quando utilizados de forma inadequada ou por períodos prolongados (Reinecke; Hinshaw, 2020; Scheers; Andre; Richert, 2024).

Em virtude desses possíveis riscos, cada país estabelece regras e normas para a produção e comercialização de cosméticos por meio de órgãos reguladores competentes. No Brasil, essa responsabilidade cabe à ANVISA, que define critérios de segurança, eficácia e qualidade, regulando composição, rotulagem, registro e fiscalização dos produtos, em consonância com as diretrizes internacionais da Organização Mundial da Saúde (OMS) e da Organização das Nações Unidas (ONU) (Gasperi, 2015).

As regulamentações classificam os cosméticos em diferentes graus de risco, conforme suas características e forma de uso. Na **Tabela 1**, apresenta-se uma comparação entre os cosméticos Grau 1 e Grau 2, com destaque para os produtos utilizados na esmaltação e alongamento artificial das unhas (Brasil, 2022).

Tabela 1 - Comparação entre produtos de grau 1 e grau 2

Classificação	Grau 1	Grau 2
Definição	Produtos de baixo risco para a saúde, de uso externo, sem ingredientes que possam causar efeitos adversos significativos.	Produtos que possuem maior potencial de risco, podendo causar reações adversas ou efeitos cumulativos, exigindo maior controle.
Exemplos comuns	Esmaltes tradicionais, removedores de esmalte, cremes hidratantes para as mãos.	Produtos acrílicos, gel UV para alongamento, <i>primers</i> com substâncias agressivas.
Necessidade de registro	Registro simplificado ou notificação à ANVISA.	Registro obrigatório e controle rigoroso pela ANVISA.
Rotulagem	Informações básicas sobre uso e composição.	Informações detalhadas, incluindo advertências e contraindicações.
Fiscalização	Fiscalização padrão, menor rigor.	Fiscalização rigorosa, com controle contínuo.

Fonte: Adaptado de Brasil (2022).

Ainda que existam diretrizes específicas, a crescente popularidade dos produtos para unhas (tanto em salões quanto no uso domiciliar), aliada à ampla variedade disponível, ressalta a importância de compreender sua composição química. Destaca-se que usuários e profissionais da área, como os *nail designers*, estão potencialmente expostos a componentes que podem causar efeitos prejudiciais à saúde, frequentemente subestimados em razão da desinformação, de tutoriais inadequados e de tendências disseminadas nas redes sociais (Wang; Lipner, 2024).

Nesse contexto, a Química Orgânica revela-se fundamental para compreender as estruturas, propriedades e reações de compostos presentes nos cosméticos para unhas. Esse conhecimento não apenas contribui para a escolha consciente e segura dos produtos, mas também permite otimizar formulações e desenvolver alternativas mais seguras e sustentáveis, reforçando a relevância deste estudo. Assim, ao longo deste trabalho, conduzido por meio de

revisão bibliográfica, serão abordados os cosméticos voltados à esmaltação das unhas, com foco em três exemplos representativos: esmaltes tradicionais, acrílico e géis UV. Serão discutidas algumas das matérias-primas empregadas nessas formulações, relacionando suas funções químicas, segurança de uso e potenciais efeitos prejudiciais, promovendo uma visão integrada entre estética, tecnologia e química.

2. OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo realizar uma revisão bibliográfica abrangente sobre a química envolvida nos cosméticos utilizados na esmaltação das unhas, com ênfase em três categorias amplamente empregadas: esmaltes tradicionais, acrílico e géis UV.

2.1 Objetivos específicos

- Apresentar os diferentes produtos e tecnologias empregadas no embelezamento das unhas;
- Descrever a composição geral dos esmaltes tradicionais, acrílicos e géis UV, destacando suas funções e classificações químicas;
- Avaliar os riscos à saúde associados ao uso desses cosméticos.

3. METODOLOGIA

O presente estudo trata-se de uma revisão bibliográfica, sobre o tema “Cosméticos para Esmaltação das Unhas: Uma Revisão Bibliográfica com Ênfase em Esmalte Tradicional, Acrílico e Gel UV”, baseando-se na consulta de trabalhos previamente desenvolvidos sobre o tema, elaborados a partir de diferentes metodologias. Buscou-se reunir, analisar e expor as informações obtidas, favorecendo a compreensão e discussão crítica do conteúdo abordado.

A elaboração desta revisão teve como principal ferramenta a pesquisa fundamentada em materiais publicados sobre o tema; como livros, publicações em revistas e periódicos, e artigos científicos, selecionados através de consultas a banco de dados virtuais, como PubMed, PubChem, Repositórios Institucionais, Science Direct, ResearchGate, SciELO, CAPES, além de sites de importância nacional como ANVISA e SEBRAE.

Os descritores para a coleta de dados utilizados foram: esmalte de unha, unhas de acrílico, esmalte em gel, *nail polish*, *acrylic nails*, *gel nail polish*, *UV gel*. As buscas

concentraram-se em publicações dos últimos dez anos (2015–2025), com o objetivo de compreender o panorama atual sobre o tema. No entanto, também foram consideradas referências de períodos anteriores, especialmente entre 2000 e 2014, quando apresentavam relevância científica para a compreensão dos fundamentos químicos envolvidos nos cosméticos utilizados na esmaltação das unhas. O critério de inclusão dessas referências baseou-se na importância conceitual e metodológica dos estudos, priorizando trabalhos clássicos, revisões amplamente citadas e pesquisas que descrevem a composição química, os mecanismos de polimerização e os potenciais efeitos toxicológicos desses produtos.

4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1 Esmalte tradicional

Os **esmaltes de unha tradicionais**, também denominados laca ou verniz, começaram a ser desenvolvidos na década de 1920, em decorrência dos avanços da indústria automotiva e da descoberta da nitrocelulose como polímero formador de filme. A partir desse marco, em 1930, o empresário norte-americano Charles Revson incorporou pigmentos à formulação transparente, criando o primeiro esmalte colorido, e, em 1932, fundou a Revlon, pioneira na fabricação exclusiva desse cosmético. Essa inovação permitiu o surgimento de uma ampla gama de cores e acabamentos, consolidando a popularidade dos esmaltes, impulsionada pela praticidade de aplicação e pela influência das tendências culturais e estéticas ao longo do tempo (Pagano, 2013; Reis; Braibante; Miranda, 2014).

Atualmente, o mercado de esmaltes apresenta uma ampla variedade de produtos, que incluem não apenas aqueles destinados à coloração das unhas, mas também formulações voltadas ao cuidado e ao fortalecimento da lâmina ungueal. Observa-se, ainda, a expansão do setor com o desenvolvimento de produtos inovadores, como os esmaltes hipoalergênicos, também denominados “*n-free*”, em que “n” indica o número de componentes potencialmente irritantes removidos da composição, e os esmaltes “verdes”, que priorizam o uso de matérias-primas de origem vegetal e de menor impacto ambiental, evidenciando a crescente preocupação dos consumidores com saúde, segurança e sustentabilidade (Pagano, 2021; Cosmetics Online, 2022; SEBRAE, 2023).

Os esmaltes tradicionais consistem, de modo geral, em formulações constituídas por resinas, solventes, corantes, plastificantes e agentes tixotrópicos (Draelos, 2022). A **Tabela 2**

apresenta as principais classes de matérias-primas utilizadas nessas formulações e suas respectivas funções.

Tabela 2 - Composição de formulações de esmaltes de unha

Classes de matéria-prima	Função
Resinas	Formador de filme; brilho; resistência; flexibilidade e adesão.
Solventes	Veículo para resina e pigmentos.
Corantes	Estética.
Plastificantes	Mantém a resina flexível para evitar lascamento.
Agentes Tixotrópicos	Controla o fluxo; mantém os pigmentos em suspensão.

Fonte: Adaptado de Draelos (2022).

Considerando a diversidade de finalidades e composições que caracterizam as formulações de vernizes para unhas, torna-se essencial compreender os insumos que as constituem. Nesse sentido, nos subtópicos subsequentes serão descritas as principais características e funcionalidades das classes de matérias-primas, mencionadas na Tabela 2, com destaque para exemplos de substâncias comumente empregadas em cada categoria.

4.1.1 Resinas

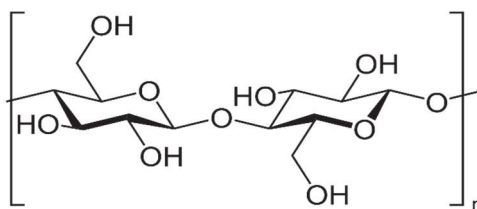
As resinas utilizadas na formulação de esmaltes de unha são, em geral, sintéticas e termoplásticas, caracterizando-se pela capacidade de amolecimento ao calor e solidificação ao resfriamento, o que possibilita sua moldagem e a formação do filme sobre a unha após a secagem do produto. Essas substâncias poliméricas podem ser classificadas em dois grupos principais: resinas duras e brilhantes, como a nitrocelulose e os copolímeros de acrilatos; e as resinas adesivas e flexíveis, como a resina tosilamida/formaldeído, o polivinil butiral e diversas resinas de poliéster (Pagano, 2013; Draelos, 2022).

4.1.1.1 Nitrocelulose

A **nitrocelulose** (NC) destaca-se por ser o principal agente formador de filme primário, sendo responsável por criar a película contínua e sólida após a evaporação dos solventes. O uso deste material possui benefícios como brilho e disponibilidade altos, e custo e toxicidade baixos (Fiume *et al.*, 2016; De Paula *et al.*, 2025).

A principal matéria-prima da NC é a **celulose**, extraída predominantemente da polpa da madeira e das fibras aderidas à semente de algodão. Quimicamente, a celulose pertence à classe dos carboidratos, é um polímero natural de alto peso molecular, com estrutura linear composta por unidades de glicose ligadas por ligações glicosídicas do tipo β -(1 $\rightarrow$ 4) ao longo de sua cadeia (Claudino, 2014; Alinat *et al.*, 2015). Sua estrutura está descrita na **Figura 1**.

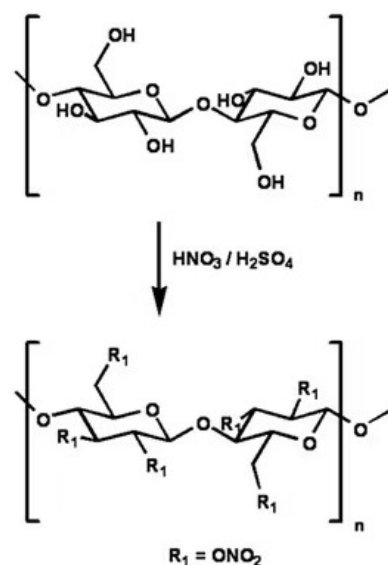
Figura 1 - Estrutura química celulose



Fonte: A autora (2025).

Para se obter a NC, a celulose é submetida a uma **reação de nitração** utilizando uma mistura sulfonítrica (MSN) entre o ácido sulfúrico (H_2SO_4) e o ácido nítrico (HNO_3). Cada unidade repetitiva de glicose possui três grupos hidroxila (-OH) reativos (um grupo hidroxila primário na posição C6 e dois grupos hidroxila secundários nas posições C2 e C3) que podem sofrer nitração, resultando na formação de grupos nitrato ($-\text{ONO}_2$) por esterificação desses grupos -OH (Santos, 2001; Alinat *et al.*, 2015; Câmpara, 2025). A representação da reação citada pode ser observada na **Figura 2**.

Figura 2 - Reação de nitração da celulose



Fonte: Pagano (2013).

O teor de nitrogênio (%N) é um dos principais critérios na seleção da NC, ele representa a quantidade de nitrogênio presente na molécula, expressa em porcentagem em relação à massa total. Esse parâmetro influencia diretamente as propriedades físico-químicas da resina, sendo:

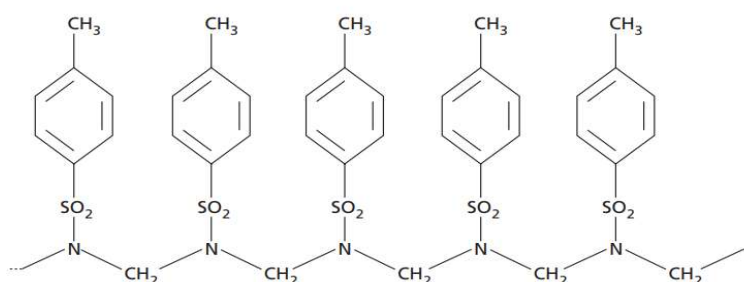
- Baixo teor de nitrogênio (<12,5%): NC mais solúvel em solventes orgânicos, usada em tintas, vernizes, esmaltes e adesivos;
- Alto teor de nitrogênio (>12,5%): NC menos solúvel, mais reativa, usada em propelentes e explosivos (grau explosivo) (Gismatulina; Budaeva; Sakovich, 2018; Santos *et al.*, 2021).

4.1.1.2 Resina toluenossulfonamida-formaldeído

A nitrocelulose é raramente empregada de forma isolada, tendo suas propriedades aprimoradas pela associação com outras resinas. Graças à sua ampla compatibilidade com diferentes polímeros, é incorporada a diversas formulações, nas quais resinas coadjuvantes (ou de modificação) são utilizadas para melhorar a aderência, o brilho e o teor de sólidos do produto. Entre essas, destaca-se a **resina toluenossulfonamida-formaldeído (RTS-F)**, também chamada de resina de tosilamida/formaldeído, que, quando associada à NC, confere ao esmalte maior resistência, brilho e durabilidade, além de reduzir a retração do filme formado (Miliauskas, 2017; Martins *et al.*, 2022).

Quimicamente, trata-se de uma macromolécula formada pela polimerização por condensação entre a *p*-toluenossulfonamida (tosilamida) e o formaldeído. O composto aromático ($C_7H_9NO_2S$) apresenta um anel benzênico substituído por um grupo metil ($-CH_3$) na posição para (4) e um grupo sulfonamida ($-SO_2NH_2$). O formaldeído (CH_2O), ou metanal, reage com o grupo amino da tosilamida, originando ligações metileno ($-CH_2-$) que unem as unidades monoméricas. O polímero de condensação obtido, cuja estrutura está representada na **Figura 3**, pode variar conforme o grau de polimerização e as condições reacionais (Chiva *et al.*, 1993).

Figura 3 - Estrutura química tosilamida/formaldeído



Fonte: Draelos (2022).

A resina de tosilamida–formaldeído (RTS-F) é um dos principais alérgenos associados a esmaltes, pois mantém sua estrutura química mesmo após a secagem, permanecendo ativa na superfície ungueal. Dessa forma, mesmo no esmalte seco, pode continuar a provocar reações locais, além de induzir dermatite alérgica de contato (DAC) ectópica, especialmente na face (pálpebras, boca e queixo) e na área cervical. Estudos, incluindo dados do *North American Contact Dermatitis Group* (NACDG) e publicações recentes dos Anais Brasileiros de Dermatologia (2024), confirmam sua alta frequência como causa de DAC. Embora algumas marcas tenham substituído a RTS-F por resinas epóxi de tosilamida, essas alternativas também apresentam potencial sensibilizante (Hafner; Rodrigues; Lazzarini, 2020; Lipman; Tosti, 2021; Lazzarini; Masselli; Hafner, 2024).

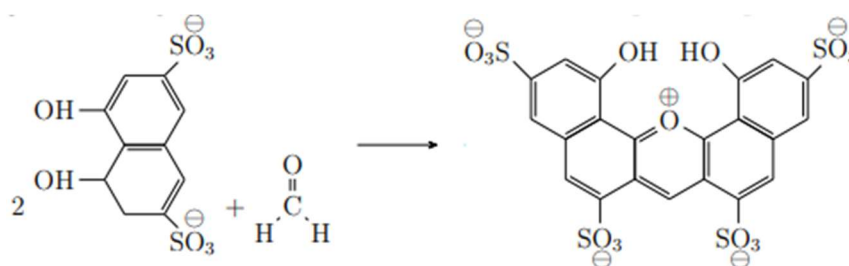
Além disso, o formaldeído, composto volátil presente em algumas formulações cosméticas como conservante ou endurecedor, também está presente como contaminante residual da RTS-F. Classificado como sensibilizante dérmico, está associado a casos de DAC e, mesmo em baixas concentrações, pode provocar irritações nas mucosas dos olhos, nariz e garganta, além de estar relacionado ao desenvolvimento de cânceres, como o de nasofaringe. Reconhecido pela Agência Internacional de Pesquisa em Câncer (IARC) como carcinogênico para humanos, seu uso é regulamentado no Brasil pela ANVISA, que permite até 0,2% de

formaldeído livre em produtos cosméticos e até 5% em endurecedores de unhas, determinando a obrigatoriedade de indicação em rótulo quando a concentração ultrapassa 0,05% (Lazzarini *et al.*, 2017; Piassalonga, 2025; ANVISA, 2019b).

Dado o conhecimento da toxicidade associada ao uso do formaldeído e seus derivados em produtos para as unhas, algumas marcas vendem seus produtos declarando-os “livres de formol”, porém, em um estudo realizado com 29 esmaltes de diferentes tipos e marcas, 5 produtos (dos quais 4 eram comercializados como “livres de formaldeído”) tiveram o composto detectado por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE) utilizando uma derivatização. Os demais produtos analisados não continham formaldeído ou a quantidade presente era menor do que 2 ppm, limite de detecção do método utilizado (Voller *et al.*, 2019).

Para melhor avaliar a presença de formaldeído em cosméticos, outras metodologias foram propostas. A determinação e/ou quantificação de formaldeído pode ser realizada por meio reações formadoras de compostos coloridos ou fluorescentes, como a reação com o ácido cromotrópico, representada na **Figura 4**, que forma um produto colorido de absorção máxima em $\lambda = 580$ nm, resultando na formação de um composto de coloração vermelho-arroxeadado (magenta). Outras metodologias propostas fazem uso de reações de derivatização e fenômenos espectrofotométricos, demonstrando a possibilidade de detecção do formol com equipamentos feitos em laboratório, dispensando técnicas mais onerosas (Piassalonga, 2025).

Figura 4 - Reação entre o formaldeído e o ácido cromotrópico



Fonte: Piassalonga (2025).

4.1.2 Solventes

Os solventes constituem uma fração volátil da formulação, geralmente em torno de 70% da composição total. Esses compostos desempenham funções essenciais, como manter o esmalte homogêneo no frasco, ajustar a viscosidade, favorecer o nivelamento do filme, permitir

a dispersão uniforme da resina e dos pigmentos e regular a velocidade de secagem (Wypych, 2001; Cilento, 2004; Miliauskas, 2017).

Para isso, utiliza-se uma combinação de solventes com diferentes temperaturas de ebulição (TEs) e volatilidades, o que possibilita uma evaporação gradual e controlada, evitando defeitos como bolhas ou secagem desigual e garantindo um revestimento liso, durável e de aparência uniforme. Assim, podem ser classificados de acordo com sua TE, sendo divididos em: de secagem rápida (ou leves), intermediários (ou médios) e lentos (ou pesados) (Zeno *et al.*, 2007; Liang *et al.*, 2022). Além disso, podem ser categorizados quanto à função, sendo:

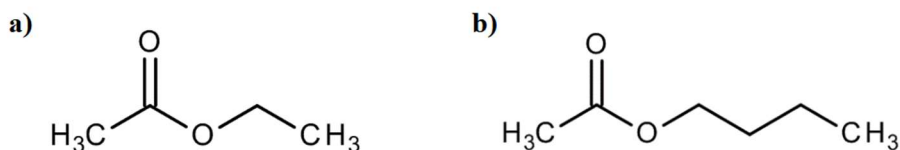
- Solventes ativos (ou verdadeiros), que são completamente miscíveis à nitrocelulose e proporcionam soluções transparentes. Por exemplo, ésteres (acetato de etila e acetato de butila), amidas e nitroparafinas;
- Cossolventes (ou latentes), que apresentam ação limitada sobre a solubilidade da resina, mas atuam em sinergia com os ativos. Os mais comuns são os álcoois, como álcool etílico e álcool isopropílico;
- Não solventes, adicionados principalmente para ajustar a viscosidade e reduzir custos, sem interferir na dissolução da nitrocelulose. São exemplos os hidrocarbonetos alifáticos e aromáticos (benzeno e tolueno) (Zeno *et al.*, 2007; Liang *et al.*, 2022).

4.1.2.1 Acetato de etila e Acetato de butila

Os principais solventes presentes nos esmaltes de unhas são o acetato de etila (etanoato de etila) e o acetato de butila (etanoato de butila), compostos orgânicos do grupo funcional dos ésteres, de fórmula geral $R-COO-R'$. Ambos se apresentam como líquidos incolores e transparentes, dotados de odor frutado característico, típico desse tipo de revestimento. Suas diferentes TEs permitem ajustar o tempo de secagem e reduzir a viscosidade, facilitando a aplicação com o pincel e garantindo a formação de um filme uniforme e sem marcas (Barel; Paye; Maibach, 2014; Benedetti, 2019).

O **acetato de etila** ($C_4H_8O_2$) possui massa molar de 88,11 g/mol e $TE = 77,1\text{ }^{\circ}C$, sendo obtido pela esterificação do ácido acético com etanol na presença de um catalisador ácido, com liberação de água. O **acetato de butila** ($C_6H_{12}O_2$), por sua vez, apresenta massa molar de 116,16 g/mol e $TE = 126,0\text{ }^{\circ}C$, sendo sintetizado pela reação do ácido acético com n-butanol, também catalisada por ácido, com eliminação de água (Solomons e Fryhle, 2002). As estruturas químicas de ambos os solventes podem ser observadas na **Figura 5**.

Figura 5 - Estrutura química acetato de etila (a) e acetato de butila (b)

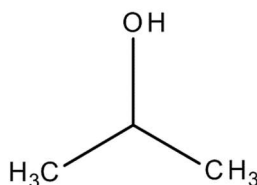


Fonte: A autora (2025).

4.1.2.2 Álcool isopropílico

O **álcool isopropílico** (isopropanol) é um solvente orgânico pertencente ao grupo dos álcoois, caracterizado pela presença do grupo funcional hidroxila ligado a um carbono secundário. Trata-se de um líquido incolor, volátil e inflamável, com odor distinto. Sua obtenção industrial mais comum ocorre por meio da reação de adição eletrofílica de água (hidratação), na qual o propeno (propileno) reage com a água na presença de um catalisador ácido. Apresenta fórmula molecular C_3H_8O , massa molar de 60,10 g/mol e TE de 82,5 °C (Solomons; Fryhle, 2002). A estrutura química do composto pode ser observada na **Figura 6**.

Figura 6 - Estrutura química álcool isopropílico



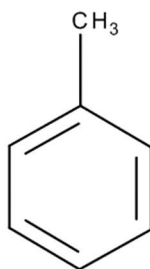
Fonte: A autora (2025).

4.1.2.3 Tolueno

O **tolueno** (C_7H_8 , TE = 110,6 °C), ou metilbenzeno, é um hidrocarboneto aromático constituído por um anel benzênico ligado a um grupo metila, como mostrado na **Figura 7**. Apresenta-se como um líquido incolor, volátil e inflamável, com odor adocicado, miscível na maioria dos solventes orgânicos e imiscível em água. Ocorre naturalmente no petróleo bruto e na árvore do tolu, sendo também produzido durante a fabricação de gasolina e outros

combustíveis a partir do petróleo. Devido à sua capacidade de dissolver resinas, óleos e polímeros, é amplamente empregado em cosméticos, como os esmaltes de unha, além de aplicações na indústria química, farmacêutica e de tintas (Occupational Safety and Health Administration, 2025).

Figura 7 - Estrutura química tolueno



Fonte: A autora (2025).

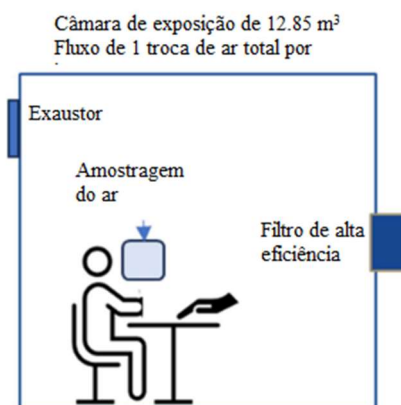
Historicamente, esse solvente foi amplamente utilizado em esmaltes devido às suas propriedades funcionais, entretanto, seu uso vem sendo reduzido por estudos que associam o composto a efeitos adversos no sistema nervoso central, nos sistemas cardiovascular e respiratório, além de toxicidade reprodutiva e potenciais efeitos carcinogênicos e teratogênicos. Essa percepção negativa tem impulsionado a substituição por alternativas mais seguras, como os esmaltes “n-free” (Kopelovich *et al.*, 2015).

Nos EUA, por exemplo, a agência regulatória *Food and Drug Administration* (FDA), em consonância com o *Cosmetic Ingredient Review* (CIR), recomenda seu uso seguro em concentrações de até 20%. No Brasil, seu uso é permitido em produtos para unhas em concentração máxima de até 25% no produto final (Brasil, 2021; California Department Of Toxic Substances Control, 2021; Cosmetic Ingredient Review, 2024; FDA, 2024).

Para avaliar a exposição à substâncias nocivas dos profissionais que manipulam esmaltes, uma pesquisa realizou um teste simulando as condições de ventilação de um salão de manicure durante a aplicação do esmalte e nas 2 horas seguintes. Para a amostragem do ar da região próxima ao rosto do profissional foi possível determinar a concentração de compostos orgânicos voláteis em função da massa de esmalte aplicada pelo uso de um detector de fotoionização e um analisador de gás por espectroscopia no infravermelho, como indicado na **Figura 8**. Os 20 esmaltes utilizados liberaram formaldeído e tolueno no ambiente, mesmo sendo rotulados como livres destes compostos; e foram detectados níveis máximos de 0,273; 0,534 e 0,752 ppm por g de esmalte aplicado para formaldeído, tolueno e benzeno,

respectivamente. Para fins de comparação, a legislação brasileira propõe um valor de 1 ppm de benzeno por 8 horas como referencial para fins de melhoria em relação à exposição ao benzeno, visto que não há dosagem segura da substância (Arcuri; Cardoso, 2005; Anderson; Callaway; Virjii, 2025).

Figura 8 - Esquema da câmara de medição da exposição a compostos orgânicos voláteis oriundos da esmaltação de unhas



Fonte: Adaptado de Anderson; Callaway; Virjii (2025).

De modo geral, os solventes orgânicos podem desencadear DCA e sintomas respiratórios, como rinite, traqueíte, bronquite e asma, além de conjuntivite. Seus efeitos alérgicos também estão relacionados a condições mais complexas, como a Síndrome da Sensibilidade Química Múltipla (MCS) e doenças autoimunes. Solventes como álcoois e acetatos de butila ou etila, quando presentes em altas concentrações (como no caso dos removedores de esmaltes) podem induzir dermatite de contato irritativa (DCI) e causar desidratação, ressecamento, descamação e fragilidade das unhas (Wypych, 2001; García-Gavín *et al.*, 2011; Dermnet Nz, 2012; Arora; Tosti, 2017).

4.1.3 Corantes

Os pigmentos são os principais responsáveis pela coloração dos esmaltes, permitindo ampla variedade de tonalidades e acabamentos. Classificam-se, de modo geral, em orgânicos e inorgânicos. Os **orgânicos** compreendem, sobretudo, as lacas (ou *lakes*), resultantes da adsorção ou coprecipitação de corantes orgânicos em substratos inorgânicos insolúveis, como silicatos, óxidos ou sulfatos metálicos, destacando-se o sulfato de bário e o sulfato de cálcio como aditivos que conferem estabilidade e melhoram a dispersão (Tyagi; Singal, 2023; Ferreira *et al.*, 2024).

Por sua vez, os pigmentos **inorgânicos** são majoritariamente constituídos por óxidos metálicos, como os de ferro, titânio, cobre e cromo, além de compostos como ferrocianetos férricos e cromatos de chumbo, estes últimos com uso restrito por razões toxicológicas. Podem também ser classificados quanto à origem em pigmentos **minerais**, como óxido de zinco e dióxido de titânio, e pigmentos **sintéticos**, como D&C Red 6/7/19 e FD&C Yellow. Além disso, para a obtenção de efeitos cintilantes e de elevado brilho, empregam-se pérolas em pó, como mica e oxicloreto de bismuto, normalmente dispersas em sistemas oleosos ou incorporadas a bases de nitrocelulose (Peng; Tellefsen, 2003; Rebello, 2017).

Para padronizar a identificação desses corantes, a Nomenclatura Internacional de Ingredientes Cosméticos (INCI) utiliza os números do Color Index (CI), uma sequência de cinco dígitos que corresponde à estrutura química de cada substância. Essa codificação permite uniformizar a identificação das cores, independentemente das variações nas denominações nacionais. Além disso, a rotulagem costuma indicar também a designação binominal, como, por exemplo: CI 77891/Dióxido de Titânio. (Molina; Proença; Silva, 2024).

Determinados pigmentos sintéticos empregados em esmaltes, especialmente os óxidos metálicos de ferro, titânio, cobre e cromo, bem como os cromatos de chumbo, têm sido motivo de preocupação devido ao seu potencial tóxico. De acordo com Liu, Goyer e Waalkes (2012) a periculosidade desses metais depende de fatores como dose, via, duração e frequência de exposição, considerando-se que são substâncias não biodegradáveis e com elevada capacidade de bioacumulação no organismo humano. O chumbo (Pb), por exemplo, é amplamente reconhecido por sua elevada toxicidade, podendo causar danos ao sistema nervoso central, além de comprometer o funcionamento do fígado, rins, órgãos reprodutivos e trato gastrointestinal. O níquel (Ni) está associado à indução de DCA, enquanto o cádmio (Cd) é classificado como potencial agente carcinogênico, motivo pelo qual sua presença é proibida em formulações cosméticas (Liu; Goyer; Waalkes, 2012).

Em razão desses riscos, legislações nacionais e internacionais determinam limites e proibições quanto ao uso de metais pesados em cosméticos. No Brasil, a ANVISA, em conformidade com as normas da União Europeia (UE), mantém uma lista de substâncias proibidas em produtos cosméticos, que inclui elementos como Cloro (Cl); Níquel (Ni), Arsênio (As); Berílio (Be); Cádmio (Cd); Cromo (Cr); Iodo (I); Fósforo (P); Chumbo (Pb); Mercúrio (Hg); Selênio (Se); Zircônio (Zr); Cobalto (Co); Telúrio (Te); Tálcio (Tl) e substâncias radioativas (European Union, 2009; Brasil, 2016). A toxicidade de alguns desses elementos é apresentada na **Tabela 3**.

Tabela 3 - Toxicidade orgânica associada aos metais Hg, Pb, Cr, Cd e As

Metal	Toxicidade orgânica
Mercúrio (Hg)	Lesões do sistema nervoso central (SNC), disfunção renal, ulceração gastrointestinal e hepatotoxicidade.
Chumbo (Pb)	Lesões do SNC, disfunção pulmonar, alterações hematológicas (anemia), cólica gastrointestinal, dano hepático, redução da função pulmonar e disfunção cardiovascular.
Cromo (Cr)	Disfunção renal, distúrbios gastrointestinais, doenças dermatológicas, aumento da incidência de cânceres (incluindo pulmão, laringe, bexiga, rins, testículos, ossos e tireoide).
Cádmio (Cd)	Doença óssea degenerativa, disfunção renal, dano hepático, distúrbios gastrointestinais, lesões pulmonares, distúrbios no metabolismo de zinco (Zn) e cobre (Cu), câncer.
Arsênio (As)	Disfunção cardiovascular, alterações na pele e nos cabelos, lesões do SNC, desconforto gastrointestinal, dano hepático.

Fonte: Adaptado de Balali-Mood *et al.* (2021).

Em estudo conduzido por Narloch (2021), foram analisadas diversas amostras de esmaltes de unha por meio da técnica de espectroscopia de fluorescência de raios X por dispersão de energia (EDXRF). Essa metodologia possibilitou a identificação de elementos químicos presentes nas formulações a partir da emissão de raios X característicos, evidenciando a ocorrência de Cl; Ni; Cr; P e I, substâncias cuja utilização é proibida pela legislação nacional brasileira (Narloch, 2021).

Apesar de determinar a presença de inúmeros elementos de interesse simultaneamente, técnicas instrumentais como a EDXRF raramente são empregadas no controle de qualidade de produtos cosméticos devido aos custos de aquisição e operação desse tipo de equipamento;

contudo, a inacessibilidade do instrumento não pode ser utilizada como justificativa para inexistência de um controle de qualidade: em uma pesquisa realizada na Universidade de Karachi (Paquistão) investigou-se a concentração dos metais pesados As, Cr, Pb, Cd e Ni em 60 esmaltes comercializados sem marca em feiras de rua do país utilizando apenas reagentes para a digestão das amostras e kits de testagem para os elementos. Foram encontrados níveis de cádmio e níquel acima dos recomendados pelo FDA em esmaltes rosas e vermelhos, demonstrando que cosméticos comercializados sem a devida regulamentação podem ser danosos à saúde e que é possível detectar a presença de metais tóxicos em esmaltes por meio de metodologias simples (Alamgir *et al.*, 2023).

4.1.4 Plastificantes

De acordo com a União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC), plastificantes são substâncias incorporadas a materiais poliméricos, como plásticos ou elastômeros, com a finalidade de aumentar sua flexibilidade, processabilidade ou capacidade de alongamento. Em sua maioria, são líquidos inodoros, incolores, imiscíveis em água e de baixa volatilidade, sendo formados predominantemente por ésteres ou poliésteres (Holanda, 2016; Ribeiro, 2021).

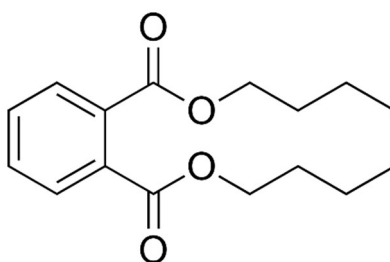
Esses compostos atuam reduzindo as interações intra e intermoleculares (ligações de hidrogênio) entre as cadeias do polímero, o que resulta em maior mobilidade molecular e, consequentemente, em um material mais flexível e maleável. Para que sejam eficazes, os plastificantes devem apresentar características como baixa volatilidade, boa solubilidade e compatibilidade com o polímero. Desse modo, seu uso facilita o processamento e confere melhorias em propriedades mecânicas, como o alongamento na ruptura, favorecendo a aplicabilidade e o desempenho do material (Sfreddo, 2022; Bizzaro, 2024).

A atuação dos plastificantes pode ser explicada por três principais teorias. A teoria da lubrificação propõe que o plastificante atua reduzindo a fricção intermolecular entre as cadeias poliméricas, funcionando como um “lubrificante” que facilita o deslizamento entre as moléculas e aumenta a flexibilidade do material. A teoria do gel considera que a rigidez do polímero decorre da proximidade entre as cadeias macromoleculares, e o plastificante; ao se inserir entre essas cadeias (assim como o solvente se insere entre os polímeros de um gel), enfraquece as forças de atração intermoleculares do tipo polímero-polímero, reduzindo a rigidez e aumentando a mobilidade molecular. Por fim, a teoria do volume livre explica a principal observação em polímeros plastificados: a redução da temperatura de transição vítrea (T_g), que

corresponde à passagem do polímero de um estado rígido e vítreo para um estado borrachoso, no qual as cadeias poliméricas adquirem maior mobilidade. Essa teoria propõe que o espaço intermolecular entre as macromoléculas, denominado volume livre, é o fator determinante para a mobilidade molecular. Assim, os plastificantes atuam aumentando esse volume livre, seja pela inserção de moléculas de baixa massa molar entre as cadeias ou pela inserção de moléculas altamente ramificadas. Como resultado, há uma diminuição da T_g e um aumento da flexibilidade do material (Rabello, 2000; Santos, 2016; Mendonza, 2025).

O dibutilftalato (DBP) (**Figura 9**), éster derivado do ácido ftálico, foi amplamente empregado como plastificante em formulações de esmaltes de unha. Entretanto, seu uso foi proibido na UE desde 2004 devido a evidências de toxicidade. Mesmo que estudos anteriores tenham indicado segurança em determinadas concentrações, fabricantes de atuação global têm gradualmente substituído esse composto por outros plastificantes, como trifenil fosfato, diisobutirato de trimetilpentanila, etil tosilamida, benzoato de sacarose, citrato de acetil tributila e cânfora. O DBP apresenta potencial para causar disfunções reprodutivas e atuar como disruptor endócrino, estando associado a casos de infertilidade, malformações congênitas e aumento do risco de alguns tipos de câncer. Em razão desses efeitos adversos, diversas legislações internacionais passaram a restringir ou proibir seu uso em cosméticos (Lourenço, 2015; Young *et al.*, 2018; Wang; Zhu; Kannan, 2019; Silva, 2020; FDA, 2022).

Figura 9 - Estrutura química dibutilftalato



Fonte: A autora (2026).

A pesquisa de Aldegunde-Louza, Lolo-Aira e Herrero-Latorre (2024) investigou a presença e as concentrações de ftalatos em cosméticos comercializados na França e na Espanha ao longo de cinco anos (2016–2020), por meio da análise de 1.110 amostras utilizando cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (GC-MS/MS). Entre as categorias avaliadas estavam os esmaltes de unha, nos quais foram examinados nove ésteres de ftalato,

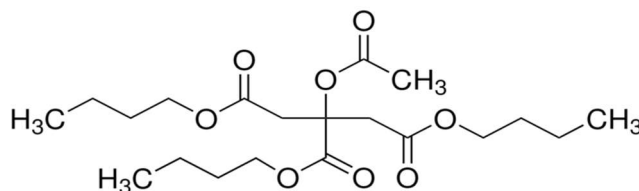
incluindo o DBP. Apenas 4,86% das amostras apresentaram algum desses compostos acima do limite de $1 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$, e o DBP foi identificado em alguns esmaltes, com concentrações entre 1,0 e $6,0 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$. Em um dos produtos, observou-se a presença simultânea de quatro substâncias desse grupo, indicando possível contaminação ou formulação inadequada. Embora a detecção de DBP tenha sido menos frequente em comparação a outros ftalatos, o estudo demonstra que sua presença ainda ocorre, destacando a importância de maior rigor no controle e fiscalização de produtos cosméticos (Aldegunde-Louza; Lolo-Aira; Herrero-Latorre, 2024).

4.1.4.1 Citrato de acetil tributila

O **citrato de acetil tributila** (ATBC) é um plastificante biodegradável amplamente utilizado como alternativa mais segura aos ftalatos, especialmente ao DBP, devido ao seu perfil toxicológico favorável e à boa compatibilidade com resinas como a nitrocelulose, empregadas em esmaltes de unha e outros revestimentos cosméticos. A substância é aprovada pela FDA para uso em embalagens de alimentos e revestimentos farmacêuticos (Rasmussen *et al.*, 2017; Kim *et al.*, 2018).

Do ponto de vista químico, o ATBC é um líquido incolor e oleoso, resultante do processo de esterificação do ácido cítrico. Possui fórmula molecular $\text{C}_{20}\text{H}_{34}\text{O}_8$ e massa molar de 402,50 g/mol. Apresenta boa miscibilidade na maioria dos solventes orgânicos e é praticamente imiscível em água, propriedade que favorece sua incorporação em matrizes poliméricas (Kim *et al.*, 2018; Pubchem, 2025). A estrutura química da molécula é ilustrada na **Figura 10**.

Figura 10 - Estrutura química citrato de acetil tributila



Fonte: A autora (2025).

Embora seja amplamente reconhecido como um plastificante de baixa toxicidade em níveis usuais de exposição, sendo considerado seguro em doses de até 1000 mg/kg/dia, estudos recentes têm apontado potenciais efeitos adversos decorrentes de exposições prolongadas ou

em altas concentrações. Zhang *et al.* (2023) relataram que tais condições podem ocasionar alterações metabólicas, reprodutivas e neurológicas em modelos animais. Esses achados reforçam a importância de monitoramento contínuo e reavaliação da segurança toxicológica dessa substância (Zhang *et al.*, 2023).

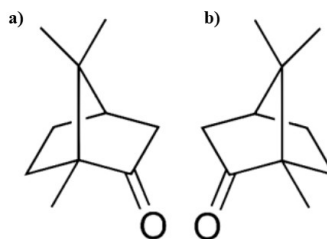
4.1.4.2 Cânfora

A **cânfora** é um composto de origem natural e sintética amplamente utilizado nas indústrias química, farmacêutica e cosmética. Naturalmente obtida do canforeiro (*Cinnamomum camphora*), pertencente à família Lauraceae, nativa do Taiwan, Japão e China, também pode ser produzida industrialmente a partir do α -pineno, composto presente no óleo de terebintina. Destaca-se por suas propriedades biológicas e pela versatilidade de aplicações, sendo utilizada como plastificante, repelente de traças, conservante em cosméticos e ingrediente em pomadas e cremes destinados ao tratamento de dores, inflamações e irritações cutâneas (Alves; Victor, 2010; ACS, 2023).

Quimicamente, a cânfora ($C_{10}H_{16}O$) é classificada como um monoterpreno bicíclico cetônico, denominado 1,7,7-trimetilbicyclo[2.2.1]heptan-2-ona. Apresenta-se como um sólido ceroso, branco ou translúcido, de odor aromático intenso, que sublima lentamente à temperatura ambiente e possui TE em torno de 204 °C. É pouco solúvel em água, mas solúvel em solventes orgânicos como álcool, éter e clorofórmio (ANVISA, 2019a; PubChem, 2025).

Além disso, pode ocorrer em duas formas enantioméricas: (1*R*)-(+)-cânfora (**Figura 11a**), também chamado de D-cânfora ou dextrorrotatória, que desvia o plano da luz polarizada para a direita (sentido horário), sendo a forma natural da substância; e (1*S*)-(-)-cânfora (**Figura 11b**), também denominado de L-cânfora ou levorrotatória, que desvia o plano da luz polarizada para a esquerda (sentido anti-horário). Na síntese industrial, obtém-se o composto na forma racêmica, constituída por uma mistura equimolar desses dois enantiômeros (Solomons; Fryhle, 2002; Chen; Vermaak; Viljoen, 2013). A representação das estruturas citadas pode ser observada na **Figura 11** abaixo.

Figura 11 - Estrutura química (1R)-(+)-cânfora (a) e (1S)-(-)-cânfora (b)



Fonte A autora (2025).

A cânfora é considerada um plastificante potencialmente tóxico, pois sua alta lipofilicidade favorece a absorção pela pele e pelas mucosas. Segundo Gabbanini *et al.* (2009), a substância demonstra alta permeabilidade na epiderme humana reconstituída, o que evidencia sua capacidade de atravessar barreiras biológicas. Ademais, é irritante para a pele, os olhos e o sistema respiratório, além de apresentar potencial embriotóxico e abortivo, uma vez que é capaz de atravessar a barreira placentária. Embora a Anvisa não identifique relatos na literatura científica sobre efeitos tóxicos decorrentes do uso da cânfora como plastificante em esmaltes de unha, o órgão estabelece o limite máximo de 4,0% da substância no produto final, enquanto a FDA recomenda uma concentração máxima de 2,5% para produtos destinados ao uso externo (Gabbanini *et al.*, 2009; ANVISA, 2020).

4.1.5 Agentes tixotrópicos

É fundamental que os pigmentos permaneçam em suspensão por longos períodos de tempo, de modo a evitar a sinérese, ou seja, a separação parcial dos sólidos em relação ao meio líquido. A suspensão de pigmentos deve apresentar viscosidade adequada, permitindo sua remoção pelo pincel de aplicação e, ao mesmo tempo, possibilitando a fácil transferência do produto para a superfície da unha. Shaw (1975) afirma que “a tixotropia é particularmente importante na indústria de tintas, pois deseja-se que a tinta escorra somente enquanto está sendo aplicada à superfície em questão (alta velocidade de cisalhamento) e imediatamente após a aplicação”. Dessa forma, durante o processo de aplicação, o esmalte deve manter um equilíbrio reológico: ser suficientemente consistente para aderir à unha, mas também fluido o bastante para impedir a formação de marcas visíveis deixadas pelo pincel (Shaw, 1975; Cilento, 2004; Nitro Química, 2014).

Para esse propósito, são incorporados agentes tixotrópicos, os quais desempenham papel essencial no controle da viscosidade e da fluidez do sistema, assegurando a manutenção

homogênea dos pigmentos na suspensão e prevenindo sua sedimentação ao longo do tempo. De modo geral, utilizam-se nanoargilas pertencentes à família das esmectitas destacando-se os minerais montmorilonita e hectorita, comercialmente conhecidos como Bentonita de Estearalcônio ($C_{27}H_{52}Al_2ClNO_{12}Si_4$) e Hectorita de Estearalcônio ($C_{27}H_{52}LiMgNNaO_{12}Si^4$), respectivamente. Em algumas formulações, a sílica (SiO_2) também é empregada como agente espessante (Draelos, 2022; Nitro Química, 2014).

Segundo Grigale-Sorocina e Birks (2019), as nanoargilas são, geralmente, modificadas organicamente por meio da troca dos cátions naturais presentes na argila por cátions orgânicos, especialmente os derivados do estearalcônio (geralmente oriundos do ácido esteárico, um ácido graxo, ligado à uma amônia quaternária, formando uma espécie de sal de amônio quaternário). Quando a bentonita ou a hectorita, que naturalmente possuem cargas negativas em suas camadas, recebem esses cátions orgânicos por troca iônica, suas propriedades superficiais são alteradas. A argila passa de hidrofílica para hidrofóbica, tornando-se compatível com matrizes orgânicas (organofílica), como polímeros e solventes. Essa modificação favorece uma dispersão mais eficiente da argila em sistemas orgânicos, como tintas, cosméticos e revestimentos (Grigale-Sorocina; Birks, 2019).

4.2 Acrílico

As unhas acrílicas, também chamadas de unhas de porcelana, constituem um sistema de extensão artificial e reforço das unhas naturais, que utiliza dois componentes principais: um líquido monomérico e um pó polimérico. A origem dessa tecnologia remonta à década de 1950, quando o dentista Dr. Frederick Slack reconstruiu sua própria unha fraturada utilizando um material acrílico odontológico, demonstrando o potencial desses polímeros para aplicações estéticas. No final dos anos 1970, o dentista Dr. Stuart Nordstrom desenvolveu o primeiro sistema profissional de acrílico líquido e pó para uso específico em unhas, impulsionando sua adoção na indústria cosmética. Esses sistemas constituíram as primeiras técnicas de alongamento artificial desenvolvidas para ampliar o comprimento da placa ungueal (Pereira *et al.*, 2022).

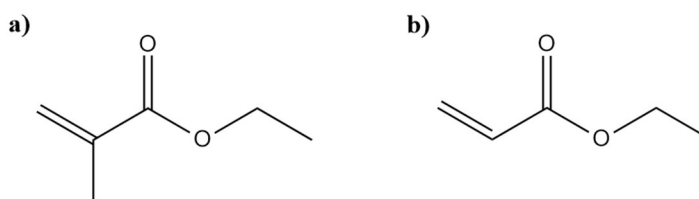
4.2.1 Composição química e mecanismo de cura

O componente “líquido” utilizado nas unhas acrílicas consiste em uma formulação complexa, composta majoritariamente por **metacrilato de etila** (EMA) (60–95%), ao qual se

adicionam pequenas proporções de monômeros di e trifuncionais (3–5%). Esses monômeros exercem papel essencial na formação de ligações cruzadas (ligações químicas que conectam diferentes cadeias de polímeros) resultando em uma rede tridimensional estruturalmente mais forte, com maior reticulação e durabilidade do polímero final. A formulação inclui ainda inibidores, como hidroquinona (HQ) ou éter metílico da hidroquinona (MEHQ) (100–200 ppm), que previnem a polimerização prematura e prolongam a vida útil do monômero, bem como estabilizadores UV, catalisadores como a dimetil toluidina (0,75–1,25%), plastificantes e outros aditivos (Fiume *et al.*, 2017; Cosmetic Ingredient Review, 2019; Draelos, 2022).

É importante ressaltar que os metacrilatos se distinguem estruturalmente dos acrilatos e, por isso, apresentam perfis de segurança diferentes, não devendo ser tratados como substâncias equivalentes. Todavia, a literatura frequentemente os confunde ou os agrupa de forma inadequada sob a denominação “(met)acrilato”. No caso específico do EMA (**Figura 12a**), a presença de um grupo metil ramificado ligado à dupla ligação aumenta o tamanho (10% maior) e altera o formato da molécula, reduzindo sua capacidade de penetração cutânea. Por esse motivo, monômeros de metacrilato tendem a causar menos reações adversas do que acrilatos, e sistemas de unhas artificiais formulados com acrilatos apresentam maior potencial de sensibilização (Baran; Maibach, 2005).

Figura 12 - Estrutura química metacrilato de etila (a) e acrilato de etila (b)

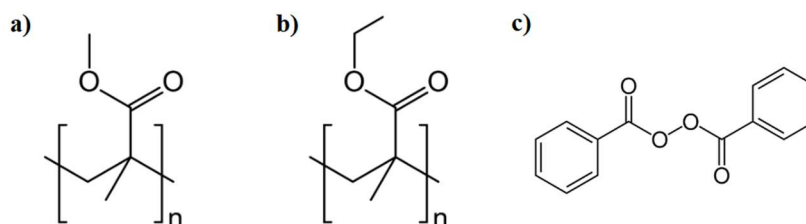


Fonte A autora (2025).

O componente “pó” é, em geral, constituído por grânulos de copolímeros derivados dos monômeros metacrilato de metila (MMA) e metacrilato de etila (EMA). Esses monômeros, quando polimerizados individualmente, originam os homopolímeros PMMA (polimetilmetacrilato) e PEMA (polietilmetacrilato), respectivamente. Industrialmente, é comum utilizar a combinação desses monômeros para a produção de copolímeros. Assim, o pó acrílico é essencialmente composto por grânulos de copolímeros de PEMA e PMMA, resultando em um material que associa a dureza do PMMA à maior flexibilidade do PEMA. Esses grânulos são recobertos com 1–2% de peróxido de benzoíla (BPO) ($C_{14}H_{10}O_4$).

empregado como iniciador de polimerização. O produto pode ainda conter ainda opacificantes (como dióxido de titânio), corante e outros aditivos (Schoon, 1996; Iorizzo; Piraccini; Tosti, 2007; Cosmetic Ingredient Review, 2019). As estruturas moleculares do **PMMA**, **PEMA** e **BPO** encontram-se apresentadas na **Figura 13** adiante.

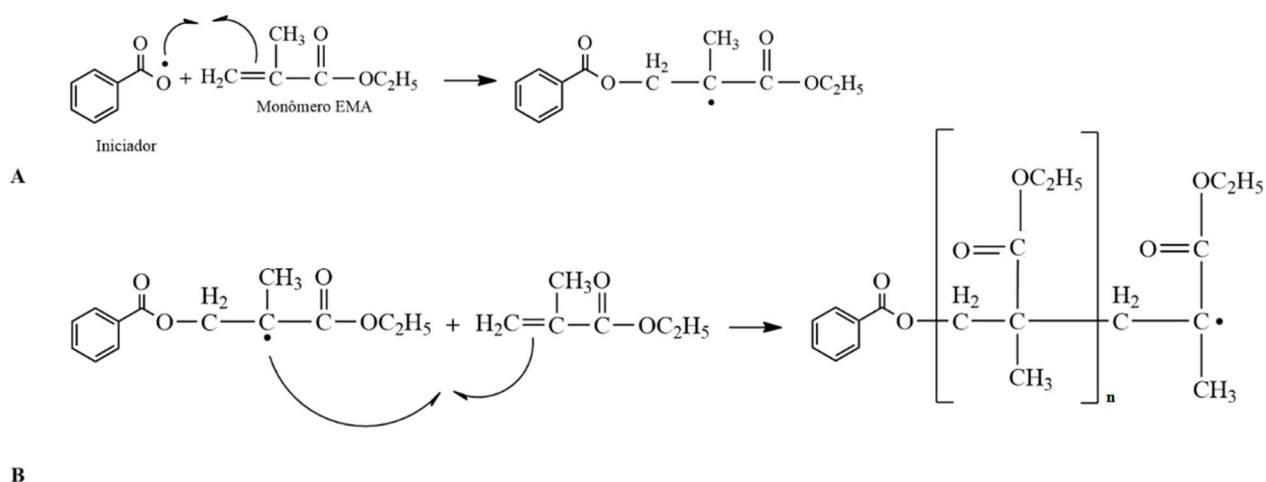
Figura 13 - Estrutura química PMMA (a), PEMA (b) e BPO (c)



Fonte A autora (2025).

De acordo com Schoon (1996), a cura térmica nos sistemas de monômero e polímero ocorre por meio de uma polimerização radicalar, iniciada quando o BPO presente no pó, um iniciador termosensível, entra em contato com o monômero líquido. A exposição ao calor natural das mãos e do ambiente promove a clivagem da ligação O–O do BPO, gerando dois radicais livres altamente reativos. Cada radical livre é capaz de energizar (excitar) um monômero, que, por estar em um estado instável, rapidamente liga-se ao próximo monômero, transferindo a energia excedente e repete esse processo continuamente, propagando a reação bilhões de vezes até formar longas cadeias que resultam no material polimerizado. Nessa reação, o polímero em pó atua apenas como carreador do iniciador, sem participar quimicamente da formação das novas cadeias. Assim, a cura térmica depende exclusivamente da geração de radicais livres a partir do BPO, que desencadeiam e sustentam todo o processo de polimerização, sendo eliminados após fazerem seu papel (Schoon, 1996; Pagano, 2015). O mecanismo esperado para essa reação encontra-se esquematizado na **Figura 14**.

Figura 14 - Mecanismo reacional da polimerização do monômero EMA via polimerização radicalar com o iniciador BPO



Fonte A autora (2025).

O processo de aplicação consiste em mergulhar um pincel no monômero líquido e, em seguida, passá-lo no pó polimérico para formar uma pequena pérola. De três a seis pérolas são aplicadas por unha. A mistura começa a polimerizar imediatamente e endurece na unha de 2 a 3 minutos, após os quais pode ser modelada, polida ou coberta com esmalte. Se a proporção correta de líquido para pó for utilizada, cerca de 95% da polimerização ocorre nos primeiros 5 a 10 minutos, mas a polimerização completa pode levar de 24 a 48 horas. As unhas acrílicas podem ser removidas com acetona e duram cerca de 3 semanas ou mais com manutenções periódicas (Jefferson; Rich, 2012; Voller; Warshaw, 2020).

4.2.2 Efeitos adversos associados ao uso

Diversos efeitos adversos têm sido relatados ao longo dos anos em decorrência do uso sistêmico de unhas artificiais. Tais efeitos encontram-se descritos na **Tabela 4** a seguir.

Tabela 4 - Efeitos adversos relacionados ao uso de unhas artificiais

Efeito	Características
Queimaduras	Metacrilatos, quando derramados, podem causar queimaduras de terceiro grau.
Onicólise traumática	Descolamento da unha (lâmina ungueal) do leito ungueal (camada de pele sob a unha). Mais comum em unhas acrílicas, pois a aderência da unha postiça à lâmina ungueal pode ser mais forte do que a própria aderência da lâmina ao leito ungueal.
Unhas “montanha-russa”	Padrão oscilante da borda proximal, associado a hemorragias puntiformes, que ocorre quando os pacientes inserem diversos objetos finos e pontiagudos em espaços potenciais.
Unhas amareladas, finas e secas	O uso prolongado danifica a lâmina ungueal (não deve ser utilizado de forma consecutiva por mais de 3 meses).
Dano à matriz ungueal	Decorrente de técnica inadequada e quando o acrílico líquido entra na prega ungueal proximal.
Dermatite Alérgica de Contato	Lesões na face ou em locais distantes também podem estar envolvidas devido ao transporte aéreo de resinas de unhas polimerizadas que se tornam despolimerizadas durante o lixamento ou que não foram devidamente polimerizadas (Dermatite aerotransportada).

Fonte: Adaptado de Tyagi; Singal (2023).

Destaca-se que a DAC é provocada principalmente pela exposição aos monômeros acrílicos líquidos, visto que os polímeros completamente curados apresentam baixo potencial alergênico, em razão de seu elevado peso molecular, o qual dificulta sua penetração na pele. Em 1974, a FDA proibiu o uso de 100% de MMA em produtos cosméticos. Atualmente, a maioria dos produtos disponíveis no mercado utiliza como alternativas o metacrilato de etila

(EMA), metacrilato de isobutila e/ou tetra-hidrofurfuril metacrilato (THFMA). Apesar do MMA também ter sido restringido na UE, esse composto ainda permanece amplamente disponível em diversos países, sobretudo em razão da deficiência na fiscalização e da facilidade de aquisição por meio da internet (Sauder; Pratt, 2015; Arora; Tosti, 2017; Chou; Dhingra; Strugar, 2017).

A pesquisa realizada por Kalenge *et al.* (2021) evidenciou que, apesar das restrições regulatórias e da gradual substituição do MMA por outros monômeros considerados menos sensibilizantes, ainda é possível identificar essa substância em produtos utilizados em salões de unha. A detecção ocorreu por meio da coleta de amostras por esfregaço (*wipe*) em produtos e superfícies contaminadas, as quais foram submetidas à extração com solvente (diclorometano e acetona) e, posteriormente, analisadas por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG-EM), técnica altamente sensível e específica para a detecção e quantificação de compostos orgânicos voláteis, incluindo acrilatos. Embora não tenha sido observada exposição cutânea mensurável em condições normais de trabalho, a presença do MMA, inclusive em produtos rotulados como “*free-from*”, evidencia limitações no controle, na rotulagem e na fiscalização desses cosméticos (Kalenge *et al.*, 2021).

4.3 Gel UV

O gel UV para unhas (ou unhas de gel) emergiu no final do século XX como alternativa às técnicas tradicionais de esmaltação e às unhas acrílicas, tendo seu desenvolvimento associado aos avanços na fotopolimerização e ao reaproveitamento de resinas sintéticas utilizadas em áreas como odontologia e revestimentos industriais. A partir dos anos 1990, esses sistemas foram amplamente adotados na prática estética devido à sua durabilidade (2 a 3 semanas), ao brilho acentuado e ao rápido processo de cura (30 a 60 segundos), tornando-se uma das principais técnicas empregadas na modelagem, alongamento artificial e embelezamento das unhas (Madnani; Khan, 2012; Pereira *et al.*, 2022; Yin *et al.*, 2024).

4.3.1 Composição química e mecanismo de cura

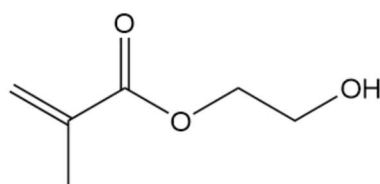
A formulação típica desses géis baseia-se em sistemas acrílicos reativos, compostos principalmente por monômeros (met)acrilados e oligômeros (met)acrilados, aos quais se incorporam fotoiniciadores e aditivos funcionais (como agentes tensoativos, lubrificantes, cargas, pigmentos e estabilizadores de luz). A seleção desses componentes é determinante para

as propriedades mecânicas e a compatibilidade com a lâmina ungueal, assegurando resistência, tenacidade e adequada tolerância à abrasão no uso cotidiano (Grigale-Sorocina *et al.*, 2015; Mikuž; Turk; Tavčer, 2010; Javadi *et al.*, 2016).

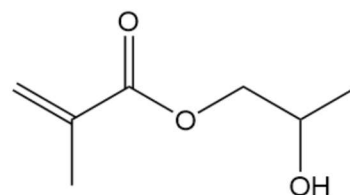
Os géis rígidos (*hard gels*), caracterizados por elevada Tg, requerem uma maior densidade de ligações cruzadas (reticulação), normalmente obtida usando monômeros di, tri ou tetrafuncionais. Já os géis flexíveis (*soft gels*) empregam, em geral, monômeros monofuncionais, resultando em um menor grau de reticulação. Os monômeros mais comuns, apresentados na **Figura 15**, também atuam como agentes promotores de adesão e são incorporados às camadas bases (*base coats*) para assegurar uma interação eficaz entre o gel UV e o tecido ungueal. Eles são formulados para reagir ou interagir de maneira específica com grupos químicos presentes na superfície da unha (Pavlovic, 2018; Suuronen *et al.*, 2024; Zembala, 2023).

Figura 15 – Monômeros monofuncionais (a) e multifuncionais (b) (met)acrilados usados em unhas de gel

a)

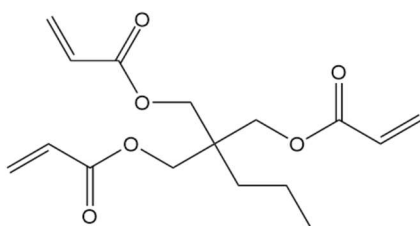


Metacrilato de 2-hidroxietila (HEMA)

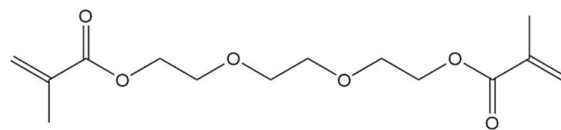


Metacrilato de 2-hidroxipropila (HPMA)

b)



Triacrilato de trimetilolpropano (TMPTA)



Dimetacrilato de trietilenoglicol (TEGDMA)

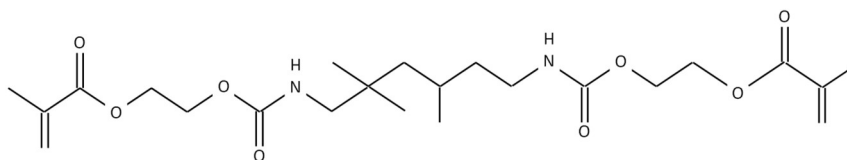
Fonte: Adaptado de Pavlovic (2018).

A polimerização fotoinduzida, por luz UV ou visível, é limitada pela baixa penetração luminosa no material. Se os géis fossem constituídos exclusivamente por monômeros, grande parte do material não se converteria em polímero. Sendo assim, para aumentar a eficiência do processo, parte dos monômeros é previamente convertida em oligômeros, estruturas intermediárias que aceleram a formação da rede polimérica. Por apresentarem propriedades

entre o estado líquido dos monômeros e o sólido dos polímeros, os oligômeros são responsáveis pela característica consistência viscosa ou “gelatinosa” dos géis (Schoon, 1996; Mikuž; Turk; Tavčer, 2010).

Além disso, oligômeros com extremidades (met)acriladas (**Figura 16**) conferem maior flexibilidade ao material e facilitam sua remoção, uma vez que reduzem a densidade de ligações cruzadas na rede polimérica. Os esqueletos (*backbones*) de oligômeros mais comuns incluem uretanos, acrílicos e poliésteres. A escolha do peso molecular e da composição da cadeia principal determina propriedades macroscópicas específicas, que conduzem a um desempenho ideal (Pavlovic, 2018; Mieriņa; Grigale-Sorocina; Birks, 2025).

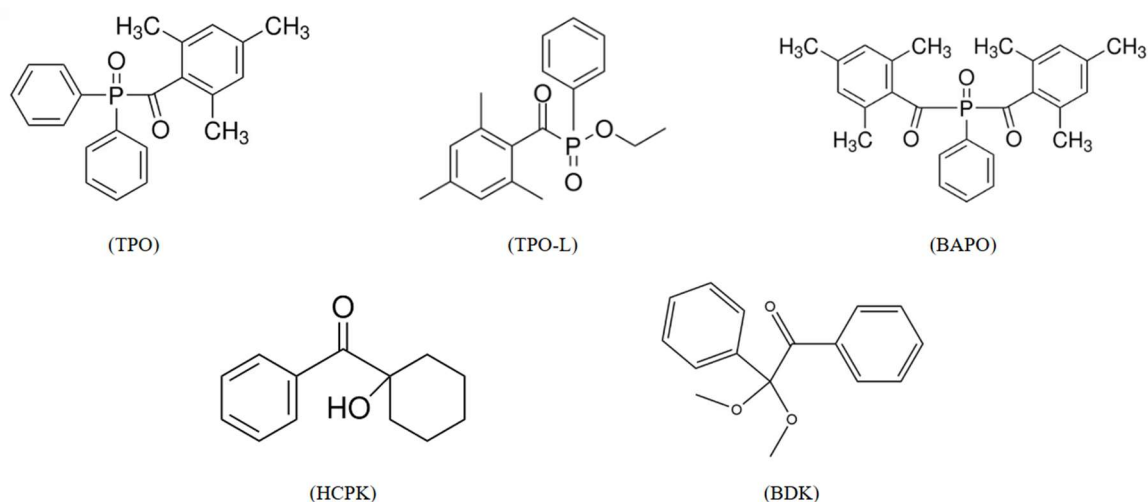
Figura 16 – Unidade base de oligômeros de trimetilhexil dicarbamato Di-HEMA usados em géis UV flexíveis para unhas



Fonte: Adaptado de Pavlovic (2018).

Os fotoiniciadores transparentes, ou seja, aqueles que não conferem coloração ao material após a cura, são amplamente utilizados. Cerca de 90% dos fotoiniciadores comercialmente disponíveis são do tipo radicalar e apresentam estrutura benzoin (fenil-CO-). Entre os mais utilizados, apresentados na **Figura 17**, destacam-se o óxido de difenil (2,4,6-trimetilbenzoin) fosfina (TPO) e sua forma líquida, o etil (2,4,6-trimetilbenzoin) fenilfosfinato (TPO-L); embora o limite regulamentar de uso do TPO em cosméticos seja de 5%, a concentração normalmente aplicada em géis UV é de aproximadamente 2%. Outros fotoiniciadores que absorvem nessa mesma faixa de radiação incluem o óxido de fosfina fenil bis (2,4,6-trimetilbenzoin) (BAPO), a 1-hidrox ciclohexil fenil cetona (HCPK) e a 2,2-dimetoxi-2-fenilacetofenona (BDK) (Ding *et al.*, 2017; Pavlovic, 2018; Baysal; Kalav; Karagüzel Kayaoglu, 2019).

Figura 17 - Fotoiniciadores comuns usados em géis de unha UV



Fonte: A autora (2025).

A cura dos géis UV ocorre por meio de polimerização radicalar induzida por luz, conforme mencionado anteriormente. Nessa reação, os fotoiniciadores presentes na formulação absorvem a radiação emitida pelas cabines UV em comprimentos de onda e intensidades adequados, sofrendo clivagem e originando radicais livres capazes de atacar as ligações duplas das resinas acrílicas. A subsequente recombinação dessas ligações promove o crescimento das cadeias e resulta na formação de uma rede tridimensional sólida e estável. Entretanto, a penetração da luz através do material pode ser limitada, sobretudo em aplicações mais espessas, ocasionando regiões de cura parcial e comprometimento das propriedades mecânicas (Schwalm, 2006; Agnol *et al.*, 2021).

Diante dessas limitações, os géis UV são formulados para polimerizar especificamente sob radiação UVA de baixa intensidade, com espectro predominante entre 365 e 410 nm, razão pela qual são denominados “géis UV” ou “esmaltes UV”. Radiações abaixo dessa faixa, como UVA distante, UVB e UVC, não são empregadas devido ao maior potencial fototóxico associado a danos cutâneos, oculares e ao aumento do risco carcinogênico. Nesse sentido, observou-se, nas últimas décadas, a substituição progressiva das lâmpadas fluorescentes por dispositivos LED (diodos emissores de luz), que apresentam bandas estreitas de emissão, usualmente centradas em 365 ou 405 nm, proporcionando cura mais rápida e eficiente. Como os tempos de polimerização variam de acordo com a fonte de luz empregada, as formulações são desenvolvidas para compatibilidade específica com lâmpadas UV-LED ou fluorescentes,

visto que a escolha inadequada pode ocasionar cura insuficiente ou excessiva, comprometendo o desempenho final do revestimento (Newman, 2001; Dvorchak; Clouser, 2021).

4.3.2 Efeitos adversos associados ao uso

Embora os géis UV ofereçam benefícios estéticos e funcionais, seu uso contínuo e frequente tem sido associado a uma variedade de riscos à saúde, especialmente entre profissionais e usuários que realizam múltiplas aplicações. Evidências compiladas em revisões sistemáticas indicam que os efeitos adversos mais comuns incluem distúrbios ungueais de natureza mecânica ou traumática, DAC e lesões induzidas pela exposição ultravioleta (Rieder; Tosti, 2016; Putek, 2020; Litaïem; Baklouti; Zeglaoui, 2022; Yin *et al.*, 2024).

Além disso, a sensibilização aos monômeros e oligômeros (met)acrílicos presentes nas formulações de géis UV está amplamente documentada como causa de DAC, tanto em profissionais quanto em usuários. Gatica-Ortega *et al.* (2017) identificaram que o perfil mais comum de pacientes com DAC por metacrilatos em unhas artificiais corresponde a mulheres jovens que atuam profissionalmente como manicures e apresentam lesões nas mãos e no rosto. No estudo, 1,82% dos 2.353 participantes foram diagnosticados com DAC, sendo HEMA, HEMA e THFMA os alérgenos com maior incidência de respostas positivas. Esses mesmos compostos foram os ingredientes mais encontrados nos rótulos dos produtos utilizados, reforçando a associação entre exposição direta e sensibilização, bem como a necessidade de rotulagem adequada para apoio ao diagnóstico e prevenção da doença (Scheers *et al.*, 2015; Gatica-Ortega *et al.*, 2017).

Somado a isso, a Anvisa proibiu recentemente o uso do fotoiniciador TPO e do co-iniciador de polimerização DMPT em produtos cosméticos, incluindo esmaltes e géis para unhas, em razão de evidências toxicológicas que os classificam como tóxico à reprodução (TPO) e potencialmente cancerígeno (DMPT) (Popal *et al.*, 2018; ANVISA, 2025).

Por fim, a exposição repetida à radiação UVA emitida pelas lâmpadas utilizadas na cura de géis para unhas pode acarretar riscos fotobiológicos, incluindo fotoenvelhecimento precoce da pele das mãos e alterações cutâneas com potencial carcinogênico, especialmente em profissionais que realizam múltiplos procedimentos diariamente. Embora revisões recentes indiquem que o risco absoluto de câncer de pele associado ao uso dessas fontes seja considerado baixo, há relatos de lesões como ceratose actínica e carcinoma espinocelular em indivíduos com histórico prolongado de exposição, evidenciando que o tema ainda é controverso e requer

cautela quanto às condições de uso e frequência da aplicação (Ratycz; Lender; Gottwald, 2019; Metko *et al.*, 2024).

5. CONCLUSÃO

Com base nos objetivos propostos e na revisão da literatura desenvolvida ao longo deste trabalho, observa-se que os produtos destinados à esmaltação e ao alongamento artificial das unhas passaram por significativa evolução tecnológica, garantindo melhor desempenho, durabilidade e qualidade estética. Os esmaltes tradicionais seguem amplamente utilizados, enquanto os sistemas acrílicos e os géis fotopolimerizáveis ganharam destaque pela elevada resistência e acabamento superior. No entanto, tal avanço também ampliou as preocupações relacionadas à segurança do uso contínuo desses materiais.

Diversas substâncias utilizadas nessas formulações, como (met)acrilatos e solventes orgânicos, apresentam potencial sensibilizante e podem desencadear efeitos adversos, incluindo dermatite de contato alérgica, irritações cutâneas, descolamento da unha e infecções associadas ao manuseio não seguro dos produtos. Além disso, o processo de fotopolimerização dos géis requer atenção quanto à exposição cumulativa à radiação UVA, especialmente entre profissionais submetidos a repetidas aplicações diárias.

Diante desse cenário, torna-se essencial o fortalecimento de ações regulatórias, a garantia de rotulagem clara e a adoção de boas práticas de biossegurança, aliadas à capacitação contínua dos profissionais que atuam no setor. Além disso, evidencia-se a necessidade de incentivar pesquisas voltadas ao desenvolvimento de formulações mais seguras e biocompatíveis, com menor impacto toxicológico, contribuindo para a proteção da saúde dos consumidores e para a melhoria contínua dos produtos utilizados na estética das unhas.

6. REFERÊNCIAS

- ACS - THE AMERICAN CHEMICAL SOCIETY. *Camphor. Molecule of the Week Archive*. Washington, DC: American Chemical Society. 2023. Disponível em: <https://www.acs.org/molecule-of-the-week/archive/c/camphor.html>. Acesso em: 15 mai. 2025.
- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (Brasil). *Anvisa proíbe duas substâncias utilizadas em produtos para unhas*. Brasília, DF: ANVISA, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/noticias-anvisa/2025/anvisa-proibe-duas-substancias-utilizadas-em-produtos-para-unhas>. Acesso em: 02 dez. 2025.
- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (Brasil). *Cânfora (IF072-00)*. Brasília, DF: ANVISA, 2019a. Disponível em: <https://bibliotecadigital.anvisa.gov.br/jspui/handle/anvisa/969>. Acesso em: 11 nov. 2025.
- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (Brasil). *Formol: pesquisa revela uso irregular*. Brasília, DF: ANVISA, 2019b. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/noticias-anvisa/2019/formol-pesquisa-revela-uso-irregular>. Acesso em: 24 out. 2025.
- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (Brasil). *Parecer Técnico nº 6, de 21 de dezembro de 2010: Utilização da Cânfora em produtos cosméticos (revisão do Parecer Técnico CATEC nº 2, de 28 de junho de 2001)*. Brasília, DF: ANVISA, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/setorregulado/regularizacao/cosmeticos/pareceres/parecer-tecnico-no-6-de-21-de-dezembro-de-2010>. Acesso em: 11 nov. 2025.
- AGNOL, L. D.; DIAS, F. T. G.; ORNAGHI, H. L.; SANGERMANO, M.; BIANCHI, O. UV-curable waterborne polyurethane coatings: A state-of-the-art and recent advances review. *Progress in Organic Coatings*, v. 154, p. 106156, 2021. DOI: 10.1016/j.porgcoat.2021.106156.
- ALAMGIR, A.; FATIMA, N.; QAISER, W.; KUMARI, A.; KHAN, S. Assessment of heavy metals in unbranded nail polishes retailed in Karachi, Pakistan. *International Journal of Environmental Quality*. v. 58, p.34-40, 2023. DOI: <https://doi.org/10.6092/issn.2281-4485/17925>.
- ALDEGUNDE-LOUZAO, N.; LOLO-AIRA, M.; HERRERO-LATORRE, C. Phthalate esters in different types of cosmetic products: a five-year quality control survey. *Molecules*, v. 29, n. 20, p. 4823, 2024. DOI: 10.3390/molecules29204823.
- ALINAT, E.; DELAUNAY, N.; ARCHER, X.; MALLET, J. M.; GAREIL, P. A new method for the determination of the nitrogen content of nitrocellulose based on the molar ratio of nitrite-to-nitrate ions released after alkaline hydrolysis. *Journal of hazardous materials*, v. 286, p. 92-99, 2015. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2014.12.032.
- ALVES, P. B.; VICTOR, M. M. Reação da cânfora com boroidreto de sódio: uma estratégia para o estudo da estereoquímica da reação de redução. *Química Nova*, v. 33, n. 10, p. 2274–2278, 2010. DOI: 10.1590/s0100-40422010001000042.
- ANDERSON, K. R.; CALLAWAY, P.; VIRJII, M. A. Evaluation of chemical exposures generated from n-free nail polishes. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, v. 22, n. 6, p. 482-494, 2025. DOI: 10.1080/15459624.2025.2468931.
- ARCURI, S. A.; CARDOSO, L. M. N. *Acordo e legislação sobre o benzeno 10 anos*. São Paulo: Fundacentro, 2005. 129 p.
- ARORA, H.; TOSTI, A. Safety and efficacy of nail products. *Cosmetics*, v. 4, n. 3, p. 24, 2017. DOI: 10.3390/cosmetics4030024.
- BALALI-MOOD, M.; NASERI, K.; TAHERGORABI, Z.; KHAZDAIR, M. R.; SADEGHI, M. Toxic mechanisms of five heavy metals: mercury, lead, chromium, cadmium, and arsenic. *Frontiers in pharmacology*, v. 12, p. 643972, 2021. DOI: 10.3389/fphar.2021.643972.

BARAN, R.; MAIBACH, H. I. *Cosmetics for abnormal and pathologic nails*. In: Textbook of Cosmetic Dermatology, 3. ed. London/New York: Taylor & Francis, 2005. 812 p.

BAREL, A. O.; PAYE, M.; MAIBACH, H. I. *Handbook of Cosmetic Science and Technology*. 4. ed. New York: Informa Healthcare, 2014. 725 p. DOI: 10.1201/b16716.

BAYSAL, G.; KALAV, B.; KARAGÜZEL KAYAOĞLU, B. Colour and gloss properties of pigment-printed synthetic leather using an ultraviolet-curable water-borne polyurethane acrylate binder and two photoinitiators at different ratios. *Coloration Technology*, v. 135, n. 2, p. 133-142, 2019. DOI: 10.1111/cote.12386.

BENEDETTI, N. A. *Avaliação da atividade antiviral dos compostos do esmalte de unha (acetato de etila e acetato de butila) no herpesvírus bovino tipo 5*. 2016. Dissertação (Mestrado em Enfermagem) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Botucatu, 2016.

BIZZARO, I. C. *Bioplastificantes para compostos de PVC como alternativa de substituição aos plastificantes convencionais*. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Materiais) – Universidade Federal de São Paulo, São José dos Campos, 2024.

BOLOGNIA, J. L.; JORIZZO, J. L.; SCHAFFER, J. V. *Dermatologia*. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015. 2792 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. *Resolução RDC/ANVISA nº 83, de 17 de junho de 2016*. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2016. 70 p. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2016/rdc0083_17_06_2016.pdf. Acesso em: 30 out. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. *Resolução RDC nº 530, de 04 de agosto de 2021*. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2021. 46 p. Disponível em: https://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/5284308/rdc_530_2021_.pdf/9af17f17-eb62-425d-b04f-bb6acf429400. Acesso em: 30 out. 2025.

BRASIL. Diário Oficial da União. *Resolução RDC nº 752, de 19 de setembro de 2022. Dispõe sobre a classificação de risco de produtos cosméticos*. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2022. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-rdc-n-752-de-19-de-setembro-de-2022-430784222>. Acesso em: 14 out. 2025.

BRAZIL BEAUTY NEWS. Mercado de esmaltes é vibrante e muito competitivo. *Brazil Beauty News*, 10 fev. 2025. Disponível em: <https://www.brazilbeautynews.com/mercado-de-esmaltes-e-vibrante-e-muito%2C5315>. Acesso em: 10 jun. 2025.

CÂMPARA, C. V. *A indústria de explosivos no contexto da Engenharia Química*. 2025. Monografia (Bacharelado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2025.

CALIFORNIA DEPARTMENT OF TOXIC SUBSTANCES CONTROL. *Product-Chemical Profile for Nail Products Containing Toluene*. Sacramento: DTSC, nov. 2021.

CHEN, W.; VERMAAK, I.; VILJOEN, A. Camphor—a fumigant during the black death and a coveted fragrant wood in ancient Egypt and Babylon—a review. *Molecules*, v. 18, n. 5, p. 5434-5454, 2013. DOI: 10.3390/molecules18055434.

CHIVA, V.; LECACHEUR, M.; FAURE, R.; GALLO, R.; WIMMER, E. Structure of toluene sulfonamide formal resins: Molecular models from mechanistic schemes and analytical results. *Journal of applied polymer science*, v. 49, n. 3, p. 461-467, 1993. DOI: 10.1002/app.1993.070490310.

CHOU, M.; DHINGRA, N.; STRUGAR, T. L. Contact sensitization to allergens in nail cosmetics. *Dermatitis*, v. 28, n. 4, p. 231-240, 2017. DOI: 10.1097/DER.0000000000000301.

CILENTO, A. Esmaltes de Unhas: Estudo, Características e Usos. *Cosmetoguia*, 01 out. 2004. Disponível em: <https://cosmetoguia.com.br/article/read/area/IND/id/1233/>. Acesso em: 10 mai. 2025.

CLAUDINO, G. W. M. *Processos de preparação de celulose para a obtenção de nitrocelulose*. 2014. Monografia (Bacharelado em Engenharia Química) – Universidade de São Paulo, 2014.

COSMETIC INGREDIENT REVIEW. Amended Safety Assessment of Acrylates Copolymers as Used in Cosmetics. Washington, DC: *Cosmetic Ingredient Review*. 23 jan. 2019. Disponível em: <https://cir-reports.cir-safety.org/view-attachment/?id=c3a1aad1-8c74-ec11-8943-0022482f06a6>. Acesso em: 26 nov. 2025.

COSMETIC INGREDIENT REVIEW. Amended Safety Assessment of Toluene as Used in Cosmetics. Washington, DC: *Cosmetic Ingredient Review*, 21 nov. 2024. Disponível em: https://www.cir-safety.org/sites/default/files/FAR_Toluene_092024.pdf. Acesso em: 30 out. 2025.

COSMETICS ONLINE. Cosméticos Coloridos. *Cosmetics Online*, 2025. Disponível em: <https://www.cosmeticsonline.com.br/materia/34>. Acesso em: 04 jun. 2025.

COSMETICS ONLINE. Produtos para Unhas. *Cosmetics Online*, 2022. Disponível em: <https://www.cosmeticsonline.com.br/materia/174>. Acesso em: 01 mai. 2025.

DE PAULA, A. C.; ULIANA, F.; FILHO, E. A. S.; LUZ, P. P. Nail Polishes: A Review on Composition, Presence of Toxic Components, and Inadequate Labeling. *Dermatology Research and Practice*, v. 2025, n. 1, p. 6330337, 2025. DOI: 10.1155/dr/6330337.

DERMNET NZ. Nail cosmetics allergy. *DermNet*, 2012. Disponível em: <https://dermnetnz.org/topics/nail-cosmetics-allergy>. Acesso em: 05 jun. 2025.

DING, G.; JING, C.; QIN, X.; GONG, Y.; ZHANG, X.; ZHANG, S.; LUO, Z.; LI, H.; GAO, F. Conjugated dyes carrying N, N-dialkylamino and ketone groups: One-component visible light Norrish type II photoinitiators. *Dyes and Pigments*, v. 137, p. 456-467, 2017. DOI: 10.1016/j.dyepig.2016.10.034.

DRAELOS, Z. D. *Cosmetic dermatology: products and procedures*. 3. ed. Chichester; Hoboken: John Wiley & Sons Ltd., 2022. 623 p. DOI: 10.1002/9781119676881.

DVORCHAK, M. J.; CLOUSER, M. L. UV curing of nail gels by light emitting diode (LED) and fluorescent (FL) light sources. In: *Surface Science and Adhesion in Cosmetics*, p. 73-107, 2021.

EUROPEAN UNION. Regulation (EC) N1223/2009 of the European Parliament and of the Council of 30 November 2009 on cosmetic products. *Official Journal of the European Union*, 2009.

FDA - FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. Nail Care Products. Silver Spring: FDA, 2024. Disponível em: <https://www.fda.gov/cosmetics/cosmetic-products/nail-care-products>. Acesso em: 30 out. 2025.

FDA - FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. *Phthalates in Cosmetics*. Silver Spring: FDA, 2022. Disponível em: <https://www.fda.gov/cosmetics/cosmetic-ingredients/phthalates-cosmetics#top>. Acesso em: 25 out. 2025.

FERREIRA, D. A.; SILVA, J. V. S.; SILVA, L. T.; SILVA, N. B. N.; BONI, V. O. *Desenvolvimento de esmaltes de unhas a partir do pigmento de urucum*. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Técnico em Química integrado ao Ensino Médio) – Centro Educacional Paula Souza, São Paulo, 2024.

FIUME, M. M.; BERGFELD W. F.; BELSITO D. V.; HILL R. A.; KLAASSEN C. D.; LIEBLER D. C.; MARKS J. G. JR.; SHANK R. C.; SLAGA T. J.; SNYDER P. W.; ANDERSEN F. A. Safety Assessment of Nitrocellulose and Collodion as Used in Cosmetics. *International Journal of Toxicology*, v. 35, n. 1, p. 50S-59S, 2016. DOI: 10.1177/1091581816651607.

FIUME, M. M.; HELDRETH, B.; BOYER, I.; BERGFELD, W. F.; BELSITO, D. V.; HILL, R. A.; KLAASSEN, C. D.; LIEBLER, D. C.; MARKS, J. G.; SHANK, R. C.; SLAGA, T. J.; SNYDER, P. W.; ANDERSEN, F. A. Safety assessment of cross-linked alkyl acrylates as used in cosmetics. *International Journal of Toxicology*, v. 36, n. 5, p. 59S-88S, 2017. DOI: 10.1177/1091581817707927.

GABBANINI, S.; LUCCHI, E.; CARLI, M.; BERLINI, E.; MINGHETTI, A.; VALGIMIGLI, L. In vitro evaluation of the permeation through reconstructed human epidermis of essential oils from cosmetic

formulations. *Journal of pharmaceutical and biomedical analysis*, v. 50, n. 3, p. 370-376, 2009. DOI: 10.1016/j.jpba.2009.05.018.

GALEMBECK, F.; CSORDAS, Y. Cosméticos: a química da beleza. *UniSALESIANO*. 2009. Disponível em: <https://fisiosale.com.br/assets/9no%C3%A7%C3%B5es-de-cosmetologia-2210.pdf>. Acesso em: 05 mar. 2025.

GARCÍA-GAVÍN, J.; LISSENS, R.; TIMMERMANS, A.; GOOSSENS, A. Allergic contact dermatitis caused by isopropyl alcohol: a missed allergen? *Contact Dermatitis*, v. 65, n. 2, p. 101-106, 2011. DOI: 10.1111/j.1600-0536.2011.01936.x.

GASPERI, E. N. *Cosmetologia I*. Indaial: Centro Universitário Leonardo da Vinci - UNIASSELVI, 2015. 210 p.

GATICA-ORTEGA, M. E.; PASTOR-NIETO, M. A.; MERCADER-GARCÍA, P.; SILVESTRE-SALVADOR, J. F. Allergic contact dermatitis caused by (meth) acrylates in long-lasting nail polish—are we facing a new epidemic in the beauty industry?. *Contact dermatitis*, v. 77, n. 6, p. 360-366, 2017. DOI: 10.1111/cod.12827.

GISMATULINA, Y. A.; BUDAEVA, V. V.; SAKOVICH, G. V. Nitrocellulose Synthesis from *Miscanthus Cellulose*. *Pro-pellants, Explosives, Pyrotechnics*, v. 43, n. 1, p. 96–100, 2018. DOI: 10.1002/prop.201700210.

GRAND VIEW RESEARCH. Nail Polish Market (2024 – 2030). San Francisco: *Grand View Research*, 2023. Disponível em: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/nail-polish-market>. Acesso em: 10 mai. 2025.

GRIGALE-SOROCINA, Z.; BIRKS, I. Hectorite and bentonite effect on water-based polymer coating rheology. *Comptes Rendus Chimie*, v. 22, n. 2–3, p. 169–174, 2019. DOI: 10.1016/j.crci.2018.11.011.

GRIGALE-SOROCINA, Z.; KALNINS, M.; SIMANOVSKA, J.; VINDEDZE, E.; BIRKS, I.; BRAZDAUSKA, E. Additives in UV-activated urethane acrylate polymerization composite coatings. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences*, v. 64, 1S, p. 88–93, 2015. DOI: 10.3176/proc.2015.1S.04.

HAFNER, M. F. S.; RODRIGUES, A. C.; LAZZARINI, R. Allergic contact dermatitis to cosmetics: retrospective analysis of a population subjected to patch tests between 2004 and 2017. *Anais Brasileiros de Dermatologia*, v. 95, n. 6, p. 696–701, 1 nov. 2020. DOI: 10.1016/j.abd.2020.04.011.

HOLANDA, B. C. *Estudo comparativo da influência térmica e mecânica de aditivos colorantes no PVC rígido*. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Materiais) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Guaratinguetá, 2016.

IORIZZO, M.; PIRACCINI, B. M.; TOSTI, A. Nail cosmetics in nail disorders. *Journal of cosmetic dermatology*, v. 6, n. 1, p. 53-58, 2007. DOI: 10.1111/j.1473-2165.2007.00290.x.

JAVADI, A.; MEHR, H. S.; SOBANI, M.; SOUCEK, M. Cure-on-command technology: A review of the current state of the art. *Progress in Organic Coatings*, v. 100, p. 2-31, 2016. DOI: 10.1016/j.porgcoat.2016.02.014.

JEFFERSON, J.; RICH, P. Update on nail cosmetics. *Dermatologic Therapy*, v. 25, n. 6, p. 481-490, 2012. DOI: 10.1111/j.1529-8019.2012.01543.x.

KALENGGE, S.; KIRKHAM, T. L.; NGUYEN, L. V.; HOLNESS, D. L.; ARRANDALE, V. H. Skin exposure to acrylates in nail salons. *Annals of Work Exposures and Health*, v. 65, n. 2, p. 162-166, 2021. DOI: 10.1093/annweh/wxaa063.

KIM, H.; CHOI, M. S.; JI, Y. S.; KIM, I. S.; KIM, G. B.; BAE, I. Y.; GYE, M. C.; YOO, H. H. Pharmacokinetic properties of acetyl tributyl citrate, a pharmaceutical excipient. *Pharmaceutics*, v. 10, n. 4, p. 177, 2018. DOI: 10.3390/pharmaceutics10040177.

KOPELOVICH, L.; PEREZ, A. L.; MENDELSON, E.; KEENAN, J. J. Screening-level human health risk assessment of toluene and dibutyl phthalate in nail lacquers. *Food and Chemical Toxicology*, v. 81, p. 46-53, 2015. DOI: 10.1016/j.fct.2015.04.011.

LAZZARINI, R.; MASSELLI, B. B.; HAFNER, M. F. S. Dermatite alérgica de contato à resina toluenossulfonamida-formaldeído: ainda relevante?. *Anais Brasileiros de Dermatologia*, v. 99, n. 3, p. 436-438, 2024. DOI: 10.1016/j.abd.2023.04.009.

LAZZARINI, R.; HAFNER, M. G. S.; LOPES, A. S. A.; OLIARI, C. B. Allergy to hypoallergenic nail polish: does this exist?. *Anais brasileiros de dermatologia*, v. 92, n. 3, p. 421-422, 2017. DOI: 10.1590/abd1806-4841.20175889.

LIANG, L.; LUO, Q.; XU, W.; LIANG, M.; SHEN, H. Effects of several cosolvents and non-solvents on ester true solvents in nitrocellulose lacquer thinner. *Progress in Organic Coatings*, v. 172, p. 107063, 2022. DOI: 10.1016/j.porgcoat.2022.107063.

LIMA, A. S.; SILVA, J. D.; SPINOZA, S. R. M.; BERGAMO, F. V. M.; ALBUQUERQUE, E. “My Nail is Loyal”: an exploratory study on consumer loyalty in the Brazilian female market of nail polishes. *Acta Negócios*, v. 2, p. 83-99, 2019.

LIPMAN, Z. M.; TOSTI, A. Contact dermatitis in nail cosmetics. *Allergies*, v. 1, n. 4, p. 225-232, 2021. DOI: 10.3390/allergies1040021.

LITAIEM, N.; BAKLOUTI, M.; ZEGLAOUI, F. Side effects of gel nail polish: A systematic review. *Clinics in Dermatology*, v. 40, n. 6, p. 706-715, 2022. DOI: 10.1016/j.clindermatol.2022.07.008.

LIU, J.; GOYER, R. A.; WAALKES, M. P. Efeitos tóxicos dos metais. In: KLAASEN, Curtis D. e III WATKINS, John B. *Fundamentos da toxicologia de Casarett e Doull*. 2. ed. Porto Alegre: AMGH, 2012. 472 p.

LOURENÇO, A. C. S. *Efeitos do plastificante dibutilftalato (DBP) em modelos in vivo e in vitro de hipersensibilidade de contato*. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

MADNANI, N. A.; KHAN, K. J. Nail Cosmetics. *Indian Journal of Dermatology, Venereology and Leprology*, 2012. DOI: 10.4103/0378-6323.95445.

MARTINS, A. B.; OLIVEIRA, A. J. E. F.; GONÇALVES, B. S.; OLIVEIRA, E. V.; BARROS, G. P.; HOFFMANN, I. *Semi-síntese de éster metílico a partir do óleo de mamona (Ricinus communis) para a substituição da tosilamida-formaldeído na formulação de esmaltes de unha*. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Técnico em Química) – Etec Irmã Agostina, São Paulo, 2022.

MENDOZA, P. X. *Estudo do uso de diferentes plastificantes em matriz biodegradável de poli (hidroxibutirato-co-hidroxivalerato)*. 2025. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Materiais) – Universidade Federal de Santa Catarina, Blumenau, 2025.

METKO, D.; MEHTA, S.; MCMULLEN, E.; BEDNAR, E. D.; ABU-HILAL, M. A systematic review of the risk of cutaneous malignancy associated with ultraviolet nail lamps: what is the price of beauty?. *European Journal of Dermatology*, v. 34, n. 1, p. 26-30, 2024. DOI: 10.1684/ejd.2024.4616.

MIERIÑA, I.; GRIGALE-SOROCINA, Z.; BIRKS, Ingmars. The Chemistry of Behind the UV-Curable Nail Polishes. *Polymers*, v. 17, n. 9, p. 1166, 2025. DOI: 10.3390/polym17091166.

MILIAUSKAS, R. Princípios básicos do esmalte e suas aplicações. *Fatec Diadema “Luigi Papaiz”*. 2017. Disponível em: <https://portalidea.com.br/cursos/82adf4a09a1fad4fd70552b57d05d2a0.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2025.

MIKUŽ, M.; TURK, S. Š.; TAVČER, P. F. Properties of ink-jet printed, ultraviolet-cured pigment prints in comparison with screen-printed, thermo-cured pigment prints. *Coloration Technology*, v. 126, n. 5, p. 249-255, 2010. DOI:10.1111/j.1478-4408.2010.00254.x.

MOLINA, A. L. P.; PROENÇA, L.; SILVA, N. V. *Estudo das propriedades do esmalte e sua modificação com o uso de nutrientes e corantes naturais*. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Técnico em Química) – Etec Trajano Camargo, Limeira, 2024.

NARLOCH, D. C. *Análise elementar dos cosméticos: esmaltes de unha e argilas*. 2021. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica e Informática Industrial) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2021.

NEWMAN M. *Essential chemistry of artificial nails*. In: The Complete Nail Technician. London: Thompson Learning, p. 41, 2001.

NITRO QUÍMICA. *Manual Técnico de Nitrocelulose*. 1. ed. São Paulo: Cia. Nitro Química Brasileira, p. 54, 2014. Disponível em: https://kadion.com/wp-content/uploads/Manual-Tecnico_Nitrocelulosa-Parte1.pdf. Acesso em: 01 mai. 2025.

OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH ADMINISTRATION. *Toluene – Overview*. Washington D.C.: OSHA, 2025. Disponível em: <https://www.osha.gov/toluene>. Acesso em: 30 out. 2025.

PAGANO, F. C. A Review of Gel Nail Technologies. *Cosmetics & Toiletries*, 29 jan. 2015. Disponível em: <https://www.cosmeticsandtoiletries.com/formulas-products/color-cosmetics/article/21835289/a-review-of-gel-nail-technologies#figures-and-formulas>. Acesso em: 21 out. 2025.

PAGANO, F. C. A Review of Nail Polish: The Industrial Cosmetic. *Cosmetics & Toiletries*, 9 jul. 2013. Disponível em: <https://www.cosmeticsandtoiletries.com/formulas-products/color-cosmetics/article/21836978/a-review-of-nail-polish-the-industrial-cosmetic>. Acesso em: 21 out. 2025.

PAGANO, F. C. X-Free Nail Polish: Scientific Evidence and Market Reality, A Commentary. *Cosmetics & Toiletries*, 2 nov. 2021. Disponível em: <https://www.cosmeticsandtoiletries.com/cosmetic-ingredients/colorant/article/21835459/cosmetics-toiletries-magazine-xfree-nail-polish-scientific-evidence-and-market-reality-a-commentary>. Acesso em: 13 mai. 2025.

PAVLOVIC, L. *The science of UV cure nail gels: A short review*. In: Proceedings RADTECH International North America Conference. 2018.

PENG, Q.; TELLEFSEN, M. Bismuth Oxychloride – A Multifunctional Color Additive. *Cosmetics & Toiletries*, v. 118, n. 9, p. 53-60, Sept. 2003. Disponível em: https://img.cosmeticsandtoiletries.com/files/base/allured/all/image/2019/07/ct.CT_118_09_053_06.pdf. Acesso em: 30 out. 2025.

PEREIRA, Y. C. A.; CORDEIRO, B. M.; GOMES, C. S.; LEAL, K. N. S. *A química dos géis: um estudo teórico sobre os conceitos científicos envolvidos nos produtos de gel para unhas*. Campina Grande: Anais do VI CONAPESC, 2022. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/76950>. Acesso em: 19 nov. 2025.

PIASSALONGA, G. B. *Desenvolvimento de sistemas de baixo custo utilizando impressão 3D para determinação de formaldeído em amostras de leite e cosméticos*. 2025. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2025.

POPAL, M.; VOLK, J.; LEYHAUSEN, G.; GEURTSSEN, W. Cytotoxic and genotoxic potential of the type I photoinitiators BAPO and TPO on human oral keratinocytes and V79 fibroblasts. *Dental Materials*, v. 34, n. 12, p. 1783-1796, 2018. DOI: 10.1016/j.dental.2018.09.015.

PUBCHEM. *Acetyl Tributyl Citrate*. Bethesda: National Center for Biotechnology Information (US), 2025. Disponível em: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Acetyl-Tributyl-Citrate>. Acesso em: 28 mai. 2025.

PUBCHEM. *Butyl Acetate*. Bethesda: National Center for Biotechnology Information (US), 2025. Disponível em: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Butyl-Acetate>. Acesso em: 10 jul. 2025.

PUBCHEM. *Camphor*. Bethesda: National Center for Biotechnology Information (US), 2025. Disponível em: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Camphor>. Acesso em: 11 nov. 2025.

PUBCHEM. *Ethyl Acetate*. Bethesda: National Center for Biotechnology Information (US), 2025. Disponível em: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Ethyl-Acetate>. Acesso em: 10 jul. 2025.

PUBCHEM. *Isopropanol*. Bethesda: National Center for Biotechnology Information (US), 2025. Disponível em: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/3776>. Acesso em: 10 jul. 2025.

PUBCHEM. *Toluene*. Bethesda: National Center for Biotechnology Information (US), 2025. Disponível em: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/1140>. Acesso em: 30 jul. 2025.

PUTEK, J.; PRZYBYŁA, T.; SZEPIETOWSKI, J. C.; BARAN, W.; BATYCKA-BARAN, A. Side-effects associated with gel nail polish: a self-questionnaire study of 2,118 respondents. *Acta Dermato-Venereologica*, v. 100, n. 18, p. 5931, 2020. DOI: 10.2340/00015555-3684.

RABELLO, M. S. *Aditivação de Polímeros*. São Paulo: Artliber, 2000.

RASMUSSEN, L. M.; SEN, N.; VERA, J. C.; LIU, X.; CRAIG, Z; R. Effects of in vitro exposure to dibutyl phthalate, mono-butyl phthalate, and acetyl tributyl citrate on ovarian antral follicle growth and viability. *Biology of Reproduction*, v. 96, n. 5, p. 1105-1117, 2017.

RATYCZ, M. C.; LENDER, J. A.; GOTTWALD, L. D. Multiple dorsal hand actinic keratoses and squamous cell carcinomas: a unique presentation following extensive UV nail lamp use. *Case Reports in Dermatology*, v. 11, n. 3, p. 286-291, 2019.

REBELLO, T. *Guia de produtos cosméticos*. 12 ed. São Paulo: Senac, 2017.

REINECKE, J. K.; HINSHAW, M. A. Nail Health in Women. *International Journal of Women's Dermatology*, v. 6, n. 2, p. 73-79, 2020. DOI: 10.1016/j.ijwd.2020.01.006.

REIS, M. T.; BRAIBANTE, M. E. F.; MIRANDA, A. C. G. Esmalte de unhas: uma temática para construção do conhecimento químico de funções orgânicas. *Revista Experiências em Ensino de Ciências*, v. 12, n. 8, 2017.

RIBEIRO, E. A. *Estudo das propriedades de misturas de triacetato de celulose e glicerol*. 2021. Tese (Doutorado em Química) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2021.

RIEDER, E. A.; TOSTI, A. Cosmetically induced disorders of the nail: update on contemporary nail manicures. *Journal of Clinical and Aesthetic Dermatology*, v. 9, n. 4, p. 39–44, 2016.

SANTOS, D.; IOP, G. D.; BIZZI, C. A.; MELLO, P. A.; MESKO, M. F.; BALBINOT, F. P.; FLORES, E. M. M. A single step ultrasound-assisted nitrocellulose synthesis from microcrystalline cellulose. *Ultrasonics Sonochemistry*, v. 72, p. 105453, 2021. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2020.105453.

SANTOS, L. F. *Sistema de lodos ativados aplicado no tratamento de efluentes oriundos das etapas de fabricação de nitrocelulose*. 2001. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia Industrial) – Faculdade de Engenharia Química de Lorena, Lorena, 2001.

SANTOS, T. P. *Síntese de ésteres do ácido 2, 5-furanodicarboxílico e estudo dos seus efeitos plastificantes em poli (ácido láctico) e poli (3-hidroxibutirato)*. 2016. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2016.

SAUDER, M. B.; PRATT, M. D. Acrylate systemic contact dermatitis. *Dermatitis*, v. 26, n. 5, p. 235-238, 2015. DOI: 10.1097/DER.0000000000000136.

SCHEERS, C.; SCHEERS, CHRISTEL; ANDRÉ, J.; NEGULESCU, M.; BLONDEEL, A.; KOLIVRAS, A. Recurrent cheilitis and lip oedema caused by (meth) acrylates present in ultraviolet-curable nail lacquer. *Contact Dermatitis*, v. 72, n. 5, 2015. DOI: 10.1111/cod.12363.

SCHEERS, C.; ANDRE, J.; RICHERT, B. Nail cosmetology. *Hand Surgery and Rehabilitation*, v. 43, p. 101657, 2024. DOI: 10.1016/j.hansur.2024.101657.

SCHOON, D. D. *Milady's Nail Structure & Product Chemistry*. 1 ed. Albany, N.Y. : Milady Pub., 1996. 179 p.

- SCHUELLER, R.; ROMANOWSKI, P. *Iniciação à Química Cosmética*. v. 1. São Paulo: Tecnopress, 2001. 69 p.
- SCHWALM, R. *UV Coatings: Basics, Recent Developments and New Applications*. Elsevier Science, 2006.
- SEBRAE. *Como montar uma esmalteria*. SEBRAE, 2015. Disponível em: <https://sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/UFs/MS/Anexos/Como%20montar%20uma%20esmalteria.pdf>. Acesso em: 10 mai. 2025.
- SEBRAE. *Tendências para o setor de beleza em 2024*. SEBRAE, 2023. Disponível em: <https://digital.sebraers.com.br/blog/estrategia/tendencias-para-o-setor-de-beleza-em-2024/>. Acesso em: 10 mai. 2025.
- SFREDDO, L. W. *Obtenção de Plastificantes Alternativos aos Ftalatos*. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2022.
- SHAW, D. J. *Introdução à Química dos Colóides e de Superfícies*. Tradução de MAAR, J. H. São Paulo: Edgard Blücher, 1975. 195 p. Título original: *Introduction to Colloid and Surface Chemistry*.
- SILVA, L. F. O. *Avaliação da toxicidade de di-n-butil ftalato (DBP) e diisopentil ftalato em Rhamdia quelen (siluriformes, heptapteridae) após exposições via trófica subcrônica à baixas doses*. 2020. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2020.
- SOLOMONS, G.; FRYHLE, C. *Química Orgânica*. Tradução de Whei Oh Lin. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002. 679 p. Título original: *Organic Chemistry*.
- SUURONEN, K.; YLINEN, K.; HEIKKILÄ, J.; MÄKELÄ, E.; VASTAPUU, R.; AALTO-KORTE, K.; PESONEN, M. Acrylates in artificial nails—Results of product analyses and glove penetration studies. *Contact Dermatitis*, v. 90, n. 3, p. 266-272, 2024. DOI: 10.1111/cod.14474.
- TSATALIS, J. P.; RAJABI-ESTARABADI, A.; TOSTI, A. Speaking with your hands—the history of the manicure. *JAMA dermatology*, v. 154, n. 5, p. 595-595, 2018. DOI: 10.1001/jamadermatol.2018.0303.
- TYAGI, M.; SINGAL, A. Nail cosmetics: What a dermatologist should know! *Indian Journal of Dermatology, Venereology and Leprology*, v. 89, n. 3, p. 1-8, May 2023. DOI: 10.25259/IJDVL_77_2023.
- UNIÃO EUROPEIA. Regulation (EC) N1223/2009 of the European Parliament and of the Council of 30 November 2009 on cosmetic products. *Official Journal of the European Union*, 2009.
- VOLLER, L. M.; PERSSON, L.; BRUZE, M.; ERICSON, M. E.; HYLWA, S. A. Formaldehyde in “nontoxic” nail polish. *Dermatitis*, v. 30, n. 4, p. 259-263, 2019. DOI: 10.1097/DER.0000000000000493.
- VOLLER, L. M.; WARSHAW, E. M. Acrylates: new sources and new allergens. *Clinical and experimental dermatology*, v. 45, n. 3, p. 277-283, 2020. DOI: 10.1111/ced.14093.
- WANG, E.; LIPNER, S. R. Adverse Effects of Do-It-Yourself Nail Cosmetics: A Literature Review. *Skin Appendage Disorders*, v. 10, n. 3, p. 180-185, 2024. DOI: 10.1159/000536381.
- WANG, Y.; ZHU, H.; KANNAN, K. A Review of Biomonitoring of Phthalate Exposures. *Toxics*, Basel, v. 7, n. 2, p. 21, jun. 2019. DOI: 10.3390/toxics7020021.
- WYPYCH, G. *Handbook of solvents*. Toronto: ChemTec Publishing, 2001. 1675 p.
- YIN, X. J.; HEWITT, N. J.; ERLER, S.; BRYSON, P.; BLÖMEKE, B.; GASPARI, A. A.; GOEBEL, C. Safety assessment for nail cosmetics: Framework for the estimation of systemic exposure through the nail plate. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, v. 148, p. 105588, 2024. DOI: 10.1016/j.yrtph.2024.105588.
- YOUNG, A. S.; ALLEN, J. G.; KIM, U.; SELLER, S.; WEBSTER, T. F.; KANNAN, K.; CEBALLOS, D. M. Phthalate and organophosphate plasticizers in nail polish: evaluation of labels and ingredients. *Environmental Science & Technology*, v. 52, n. 21, p. 12841–12850, 6 nov. 2018. DOI: 10.1021/acs.est.8b04495.

ZEMBALA, P., ZEMBALA, J., ZEMBALA, R., ADAMOWICZ, D., GACÓN, E.; ŁOPUSZYŃSKA, I. Emerging Trends in Gel Nail Allergies: Prevalence, Symptoms, and Occupational Hazards Associated with Acrylate Sensitization. *Journal of Education, Health and Sport*, v. 45, n. 1, p. 57-75, 2023. DOI 10.12775/JEHS.2023.45.01.004.

ZENO, W. W. JR; JONES, F. N.; PAPPAS, S. P.; WICKS, D. A. *Organic Coatings: Science and Technology*. 3. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2007. 656 p.

ZHANG, Y.; ZHANG, Z.; ZHU, S.; LIU, L.; LIU, X.; YANG, X. Acetyl tributyl citrate exposure at seemingly safe concentrations induces adverse effects in different genders of type 2 diabetes mice, especially brain tissue. *Toxics*, v. 11, n. 10, p. 877, out. 2023. DOI: 10.3390/toxics11100877.