

**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS**

**CEFET-MG**

**Clara Cardoso Costa**

**APLICAÇÃO DE ÓXIDO DE GRAFENO NA ÁREA FORENSE: AVALIAÇÃO DE  
ROTAS SINTÉTICAS**

**Belo Horizonte - MG**

**2022**

**Clara Cardoso Costa**

**APLICAÇÃO DE ÓXIDO DE GRAFENO NA ÁREA FORENSE: AVALIAÇÃO DE  
ROTAS SINTÉTICAS**

**Trabalho de conclusão de curso apresentado  
como requisito parcial para a obtenção do  
título de Bacharel em Química Tecnológica.**

**Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Adriana Akemi Okuma**

**Coorientador: Prof. Leonel da Silva Teixeira**

**Colaboradora: PPF Luciana Machado Costa**

**CEFET-MG**

**Belo Horizonte - MG**

**2022**

**Clara Cardoso Costa**

**APLICAÇÃO DE ÓXIDO DE GRAFENO NA ÁREA FORENSE: AVALIAÇÃO DE  
ROTAS SINTÉTICAS**

**Trabalho de conclusão de curso do Bacharelado em Química Tecnológica CEFET-MG**

**Belo Horizonte, 05 de janeiro de 2022**

**Prof<sup>a</sup>. Adriana Akemi Okuma**

**(Orientadora - CEFET-MG)**

**Prof. Leonel da Silva Teixeira**

**(Coorientador - CEFET-MG)**

**PPF Luciana Machado Costa**

**(Colaboradora – Polícia Federal)**

## **AGRADECIMENTOS**

A todo o apoio incondicional dos meus pais, irmãos e minha família durante essa jornada, onde me ajudaram com o que puderam, rezaram por mim e me incentivaram a continuar. E com toda a paciência estavam prontos e presentes para me acompanhar até chegar aqui.

A minha melhor amiga que como irmã me abraçou, conversou nos momentos difíceis, aconselhou e que nunca poderei deixar de contar como parte de mim.

Ao meu namorado, que com todo amor, conseguimos chegar juntos ao final do curso. Com companheirismo, ajuda, paciência, risos e vontade de sermos melhores a cada dia.

Aos meus professores e colaboradores que participaram, orientaram e me ensinaram durante o desenvolvimento deste trabalho, em especial minha orientadora Adriana Akemi, coorientador Leonel da Silva e a colaboradora Luciana Machado que foram grandes exemplos, me passando segurança de que eu poderia fazer isso.

Agradeço também aos meus amigos que tive o prazer de conhecer durante a faculdade e fizeram desse momento mais leve, ao estudarem comigo, me ajudarem e rirem nos momentos complicados que passamos juntos. Muito obrigada em especial ao André, Hemerson, Sthe, Vitória, Amorim, Marani, Ana, Fellipe e Luana.

Obrigada a todos que dentro e fora da faculdade contribuíram nesta minha jornada.

## RESUMO

### APLICAÇÃO DE ÓXIDO DE GRAFENO NA ÁREA FORENSE: AVALIAÇÃO DE ROTAS SINTÉTICAS

**COSTA, C. C.; OKUMA, A. A.; TEIXEIRA, L. S.; COSTA, L. M.**

A Papiloscopia, como ciência forense que estuda as papilas, é um forte contribuinte para a resolução de crimes no âmbito da identificação criminal, além de auxiliar na identificação civil. Na Papiloscopia, a maior parte das perícias envolve a revelação de impressões digitais latentes, ou seja, vestígios de impressões papilares que são invisíveis a olho nu. Logo, para a revelação dessas impressões, são necessárias metodologias que se adequem à superfície onde essas foram depositadas e forneçam melhor nitidez e facilidade de aplicação ao policial responsável. Alguns exemplos de metodologia de revelação papilar para superfícies porosas como o papel são a ninidrina, 1,8-diazafluoreno-9-ona e iodo, já para superfícies não porosas como o vidro, se recomenda aplicar o cianoacrilato, deposição metálica à vácuo e os pós. Os pós se encontram entre os métodos mais empregados pelos peritos por sua facilidade de aplicação e versatilidade, podendo apresentar diferentes cores, propriedades magnéticas e/ou fluorescentes. Porém, a maioria dos pós disponíveis comercialmente apresenta em sua composição compostos tóxicos, prejudiciais à saúde dos papiloscopistas, principalmente em função do longo período de exposição. O pó preto comercial, de uso muito amplo na Papiloscopia, é um exemplo de produto prejudicial, pois apresenta em sua composição o negro de fumo, com elevado potencial cancerígeno. Baseada nessas premissas, a busca por substitutos aos pós é relevante, de modo que são descritos na literatura possibilidades de substituição desses reveladores tradicionais por pós à base de produtos naturais e nanomateriais. A proposta deste trabalho consiste na aplicação do óxido de grafeno como substituto do pó comercial preto. O óxido de grafeno, sendo um nanomaterial à base de carbono, possui diversas propriedades devido seu tamanho, alta superfície de contato e presença de grupos funcionais oxigenados que possibilitam a interação com os componentes da impressão papilar. Para que o óxido de grafeno se torne um substituto realmente viável, avaliaram-se as rotas sintéticas passíveis de serem aplicadas, desde a primeira rota sintética proposta por Brodie em 1859, com longo tempo de reação (dias) e alta toxicidade, à rota inovadora de Yu, Wang, Chen de 2016, que viabiliza a síntese de forma escalável, verde, segura, com baixo custo e maior rendimento. Assim, verificou-se que a última rota apresentada é uma alternativa interessante para a produção do óxido de grafeno, de modo que este trabalho poderá ser utilizado como uma base para estudos futuros, como a realização experimental dessa rota, sua otimização e testes de comparação de eficiência com o pó comercial comum de revelação em diferentes superfícies.

**Palavras-Chave:** Papiloscopia. Impressões digitais. Novas metodologias de revelação. Óxido de grafeno.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1 - Componentes químicos da impressão digital.....	13
Figura 1 - Sistema <i>bertillonage</i> .....	05
Figura 2 - Sistemas de classificação da impressão digital.....	08
Figura 3 - Os quatro tipos fundamentais de impressão digital segundo classificação de Vucetich.....	08
Figura 4 - Exemplos de Pontos Característicos.....	09
Figura 5 - Confronto de fragmento e impressão do banco de dados AFIS.....	10
Figura 6 - Morfologia da impressão papilar.....	11
Figura 7 - Estrutura da pele.....	12
Figura 8 - Exemplo de interação eletrostática entre as partículas do pó e os componentes presentes na impressão digital.....	16
Figura 9 - Comparação entre superfície de contato dos pós flocados e granulares quando ficam sobre a imagem da crista.....	16
Figura 10 - Pincel magnético pronto para aplicação do pó.....	17
Figura 11 - Impressão revelada com uso de pó fluorescente e aplicação de luz forense...	18
Figura 12 - Impressão digital revelada com vapores de iodo.....	19
Figura 13 - Revelação de impressão digital com <i>Sudan Black</i> .....	20
Figura 14 - Representação da metodologia de deposição metálica a vácuo.....	21
Figura 15- Representação das etapas da metodologia de deposição multimetal.....	22
Figura 16 - - Reação de polimerização do cianoacrilato.....	23
Figura 17 - Revelação de impressão latente com cianoacrilato sem corante (a) e com corante fluorescente (b).....	23
Figura 18- Reação simplificada da síntese do roxo de Ruhemann.....	24
Figura 19 - Revelação em papel com aplicação de ninidrina.....	25

Figura 20-	Revelação de impressão digital com DFO e luz forense verde.....	25
Figura 21 -	Reação de síntese da chalcona.....	26
Figura 22 -	Comparação entre aplicação do pó de chalcona e pó comercial de ouro padrão na revelação de impressão digital latente.....	27
Figura 23 -	- Revelação de impressão latente em vidro e plástico utilizando páprica.....	28
Figura 24 -	Revelação de impressões digitais latentes com eletrodeposiao do polipirrol dopado com vermelho de metila.....	29
Figura 25 -	Diferenças de tamanho e heterogeneidade de formas de partulas presentes nos pós reveladores por meio de MEV. (A): a impressão revelada de cor clara; (B): detalhes em maior magnificaao da região de crista contendo as partulas do po.....	29
Figura 26 -	Estrutura do óxido de grafeno com exemplos de grupos funcionais ligados..	33
Figura 27-	Defeitos estruturais observados no óxido de grafeno.....	33
Figura 28 -	Composiao do óxido de grafeno obtida em cada ensaio do experimento realizada por Brodie.....	36
Figura 29 -	Representaao esquemática de Hofmann e Konig da ligaao dos grupos carboxila nas camadas do óxido de grafite.....	38
Figura 30-	Po de óxido de grafite obtido por síntese de Hummers modificado.....	40
Figura 31 -	Etapas de oxidaao do método de Yu, Wang, Chen (2016).....	42

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Composição dos pós reveladores brancos.....	16
Tabela 2 -	Composição dos pós reveladores pretos.....	16
Tabela 3 -	Comparação entre métodos de síntese do óxido de grafeno.....	44



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

a.C.	Antes de Cristo
AFIS	<i>Automated Fingerprint Identification System</i>
AFM	Microscopia de força atômica
DFO	1,8-diazafluoren-9-ona
DNA	Ácido desoxirribonucleico
DMM	Deposição multi metálica
DMV	Deposição metálica à vácuo
NIR	Infravermelho próximo
ORO	<i>Oil Red O</i>
RPP	Reagente de pequenas partículas
SciElo	<i>Scientific Electronic Library Online</i>
TGA	Termogravimetria
UV	Ultravioleta
DRX	Difração de raios X

## LISTA DE SÍMBOLOS

$\mu\text{m}$	Micrômetro ( $10^{-6}$ )
nm	Nanômetro
Å	Angström ( $10^{-10}$ m)
mm	Milímetro
mbar	Milibar

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2. METODOLOGIA</b> .....	3
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	4
<b>3.1. A identificação humana</b> .....	4
<b>3.2. A Papiloscopia</b> .....	6
3.2.1. <i>Impressões digitais</i> .....	111
3.2.2. <i>Metodologias de revelação papiloscópica</i> .....	13
3.2.2.1. <i>Métodos físicos de revelação</i> .....	14
3.2.2.2. <i>Métodos químicos de revelação</i> .....	22
3.2.3. <i>Novas metodologias de revelação papilar</i> .....	26
<b>3.3. Nanotecnologia e nanomateriais</b> .....	30
3.3.1. <i>Óxido de grafeno</i> .....	32
3.3.2. <i>Rotas sintéticas do óxido de grafeno</i> .....	35
3.3.3. <i>Métodos de caracterização do óxido de grafeno</i> .....	46
<b>4. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	488
<b>5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	50
<b>6. ANEXO</b> .....	57

## 1. INTRODUÇÃO

A busca da identificação das pessoas sempre foi um dos objetivos da sociedade e para que ocorra a identificação é fundamental que haja um método capaz de estabelecer uma relação única entre os elementos em questão, produzindo um conjunto de caracteres próprios que possa diferenciar pessoas entre si e individualizá-las (ARAÚJO; PASQUALI, 2021).

No âmbito da investigação criminal, na área forense, geralmente está envolvida a identificação do suspeito de algum crime com fins da resolução do mesmo. Uma das formas de realizar essa identificação é por meio das impressões papilares, que são únicas e imutáveis de cada indivíduo (FREITAS, 2013). Considerando que o suspeito possa ter deixado no local de crime essas impressões papilares ao ter segurado ou apoiado em alguma superfície, esse material pode ser analisado. Apesar das impressões digitais latentes serem invisíveis a olho nu, existem métodos de revelação dessas impressões que as tornam aparentes. Contudo, para essa revelação é necessário o uso de processos químicos e/ou físicos, como a utilização de pós comerciais, que é a mais utilizada pelos peritos (GARCIA, 2015). Esses pós apresentam custos relativamente altos (devido à importação dos produtos), alta toxicidade e também dificuldade de visibilidade das singularidades dessas impressões papilares (BALSAN et al., 2019).

Os pós, assim como alguns outros métodos de revelação, apresentam toxicidade relacionada. Por exemplo, o pó preto convencional apresenta potencial cancerígeno e o contato com a pele e mucosas geram irritação (SIRCHIE®, 2017). Sendo assim, verifica-se a necessidade de utilizar-se os equipamentos de proteção individual e coletivos de forma correta para prevenção, além de destinar seus resíduos de forma apropriada.

Ao longo do século XX, os pós, como metodologia clássica de revelação, não foram substituídos e prevaleceram frente às novas metodologias desenvolvidas nesse período. Logo é necessário ressaltar a importância de pesquisar-se e desenvolver métodos alternativos que atendam à demanda das perícias atuais, prevendo sua eficiência e custo benefício. Na busca de um material que atenda a essas características, os nanomateriais apresentam propriedades que fornecem ganho de qualidade e eficiência como um pó de revelação, devido ao seu tamanho reduzido e enorme área superficial (CONDOMITTI et al., 2020; ZARBIN, 2007). Logo, o pó gerado a partir do óxido de grafeno pode ser um substituto menos tóxico à saúde dos peritos, buscando inovação na área forense e com maior custo benefício.

Assim, o presente trabalho apresenta uma pesquisa de revisão bibliográfica sobre as metodologias de revelação papiloscópica convencionais e novas, as rotas sintéticas do óxido de grafeno, comparando-as e apresentando as características desse material sintetizado e por fim levantar pontos sobre sua viabilidade de aplicação como método de revelação de impressões papilares latentes. Além disso, esse estudo possibilita que o mesmo seja utilizado em pesquisas futuras como referência para executar a síntese do óxido de grafeno com fins forenses.

## 2. METODOLOGIA

Com o intuito de verificar a hipótese de aplicação do óxido de grafeno como metodologia de revelação papiloscópica e sua opção como substituição aos pós reveladores, foi realizada uma revisão bibliográfica de publicações teóricas e experimentais nas bases de dados: SciELO (*Scientific Electronic Library Online*), Periódicos da CAPES por meio do acesso CAFE (Comunidade Acadêmica Federada) e Google Acadêmico.

A pesquisa foi dividida em duas partes, a primeira com o intuito de explicar a importância da identificação humana e as metodologias existentes de revelação papiloscópicas, suas aplicações, vantagens e desvantagens. Já a segunda parte, teve foco em pesquisas sobre nanomateriais e as rotas sintéticas e características do óxido de grafeno, que poderiam apresentar relação com a aplicação do composto na área forense.

As buscas foram realizadas entre janeiro de 2020 e dezembro de 2021 utilizando-se as palavras-chave principais como “identificação”, “papiloscopia”, “métodos de revelação”, “nanotecnologia”, “síntese” e “óxido de grafeno”, e sua combinação em português e inglês. A busca foi focada nos trabalhos publicados a partir de 2017 ou que são literaturas base da área. A busca e seleção dos trabalhos resultou em 77 estudos utilizados para a revisão, sendo eles: 35 artigos, 18 monografias, 13 sites eletrônicos, sete livros, três anais de congressos e uma norma legislativa.

### **3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1. A identificação humana**

Com a necessidade da identificação de seres humanos, foram aplicados ao longo dos séculos diferentes métodos que estabeleciam uma relação única entre características, criando um conjunto de caracteres próprios que pudesse diferenciar as pessoas, tanto na esfera civil, quanto para a identificação criminal de indivíduos transgressores da lei (ARAÚJO; PASQUALI, 2021; FREITAS, 2013).

A primeira metodologia com registro histórico baseia-se nos nomes compostos datados em 2850 a.C. A imposição do uso de nomes e sobrenomes pelo imperador chinês era uma forma de identificar e personalizar os indivíduos tanto no âmbito civil quanto no criminal (SALLES; BARROS FILHO, 2020). Posteriormente, com base na literatura de Figini (2017) e Freitas (2013), houve maior necessidade de identificação na área criminal e o segundo método de identificação descrito foi a marcação com ferro em brasa. Já o terceiro método aplicado ao longo da história foi a mutilação, em que essas duas últimas técnicas consistiam em marcar ou mutilar parte do corpo de um indivíduo dependendo da natureza do crime. Após isso, o quarto método descrito foi a tatuagem para diferenciar criminosos e, que ainda hoje reflete na sociedade como arte estigmatizada.

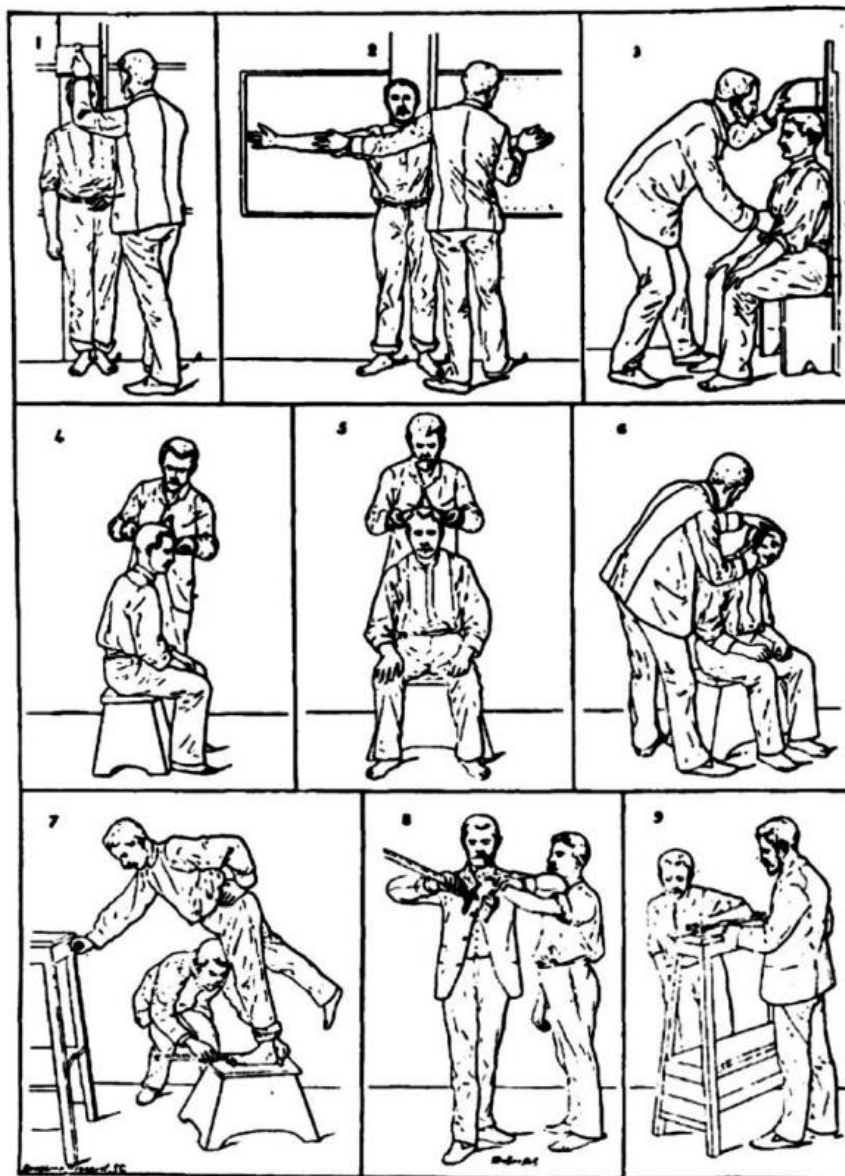
Métodos como os citados acima mostram-se inconclusivos na identificação e ressaltaram falhas ao longo da sua aplicação, como ocorrências de pessoas com os mesmos nomes. Ademais, os métodos punitivos eram dolorosos e poderiam gerar consequências como infecções e até a morte. Por esses motivos eles foram abandonados e novas metodologias de identificação tornaram-se necessárias (FREITAS, 2013).

Apesar de a primeira identificação criminal ter sido realizada em 1880 por Henry Faulds, quando trabalhava no Hospital de Tsukiji, no Japão, foi Alphonse Bertillon o primeiro estudioso a propor um método efetivamente científico de identificação (FIGINI, 2017; MOURA, 2017). Em 1883, Bertillon em seu departamento na polícia, propôs que as fichas criminais fossem organizadas em ordem alfabética. Entretanto, devido ao grande número de fichas e de nomes falsos utilizados, o método entrou em colapso. Desde então, Bertillon concentrou-se em desenvolver uma nova forma de identificação baseada na antropologia física e na estatística social. Essa metodologia consistia nas medidas corporais da ossatura humana, denominada como “sistema antropométrico” ou “antropometria judiciária”, e era fundamentada

no fato da ossatura ser fixa a partir dos 20 anos e de que dois indivíduos diferentes deveriam possuir dimensões divergentes (FERRARI; GALEANO, 2016).

O sistema de Bertillon foi adotado pela polícia e foram criados um conjunto de técnicas intitulado como *bertillonage*, que foram disseminadas na América Latina. Além das técnicas representadas na Figura 1, que resumia nas medidas anotadas nas fichas, as fichas policiais de identificação também contemplavam anotações sobre “marcas particulares” como tatuagens e cicatrizes, além de “fotos métricas” de frente e perfil do indivíduo (FERRARI; GALEANO, 2016).

Figura 1 - Sistema *bertillonage*



Fonte: Ferrari e Galeano (2016).



Depois de Bertillon, em 1886 William Herschel realizava o trabalho de identificação criminal na Índia e provou que as impressões digitais eram duráveis ao longo de um grande período. Foi com o trabalho de Herschel que se deu início a um novo método de identificação, pois, posteriormente Sir Francis Galton em 1890 começou suas pesquisas para criar um sistema de classificação das impressões digitais baseado na perenidade, variabilidade e na presença de pontos característicos nas impressões digitais. Contudo, o primeiro sistema de sucesso foi elaborado por Juan Vucetich em 1891 na Argentina (FIGINI, 2017).

Juan Vucetich, imigrante da Croácia, chegou na Argentina em 1884 e logo ao ingressar na polícia argentina, ele se dedicou a estudar sobre as impressões digitais, de forma que em 1891 ele começou a registrar as 10 impressões digitais dos detidos nas fichas policiais. Até o ano de 1896, Vucetich utilizou o sistema antropométrico instruído por Bertillon, porém, adicionava as impressões seguindo as indicações expostas nos estudos de Galton (FERRARI; GALEANO, 2016).

O sistema de Vucetich consolidou-se na América Latina e o Brasil, em 1903, foi o primeiro país a adotar a nova metodologia papiloscópica por meio do Decreto nº 4.7642 (MOURA, 2017). Dessa forma, a utilização das impressões papilares ao longo do tempo mostrou-se insubstituível para a identificação e como método conclusivo para tal, mesmo ao serem comparadas com o teste de *DNA*, pois elas se apresentam como evidência essencial e auxiliam amplamente na conclusão da dinâmica de acontecimentos em locais de crime por meio da revelação dos fragmentos latentes (FREITAS, 2013).

### **3.2. A Papiloscopia**

A papiloscopia é a união entre a palavra papilas em latim - *papilla* e a palavra examinar em grego - *scopêin*, de tal modo que esse híbrido se refira a ciência dentro da criminalística que estuda os desenhos e impressões formadas pelas papilas dérmicas (AGUIAR FILHO, 2019). Essas papilas originam essas impressões por meio da interação das pontas dos dedos (impressões digitais), das palmas das mãos (impressões palmares) ou pelas plantas dos pés (impressões plantares) com diferentes superfícies (ALEM, 2019).

O termo papiloscopia, somente surgiu após a criação do sistema de identificação de impressões digitais para tornar-se um termo mais abrangente para as atividades do perito papiloscopista. No Brasil, o conceito é aplicado para a área que além de estudar as impressões papilares, realiza os exames periciais em local de crime e exames periciais laboratoriais

(FIGINI, 2017). Dessa forma, o trabalho do papiloscopista inclui toda a dinâmica desde coletar vestígios no local do crime até identificar um indivíduo, de modo a fornecer provas para resolução do caso e auxiliar o Juiz a determinar a participação de um suspeito em um crime. Pois, a revelação de impressões papilares pode ser aplicada como recurso de prova da presença de um suspeito naquela local de crime (GUERREIRO; SAMPAIO, 2019).

A ciência da papiloscopia baseia-se em quatro princípios fundamentais que a garantem como ferramenta eficaz de identificação. A primeira característica de uma impressão, de acordo com Alem (2019), é sua perenidade, pois, o desenho da impressão é formado no ambiente intrauterino a partir de dez semanas e meia de gestação e o indivíduo a possui durante toda a vida até o pós-morte. O segundo princípio é a imutabilidade, em que os desenhos formados permanecem os mesmos durante toda a vida, exceto quando ocorre particularidades como abrasões profundas que imprimem uma cicatriz pontual.

O terceiro princípio está relacionado com a variabilidade dos desenhos das impressões papilares, onde a possibilidade de encontrar-se duas pessoas com impressões idênticas é de 1 em 64 bilhões. Porém, com o aumento da população mundial atual para mais de sete bilhões de habitantes, essa probabilidade torna-se ainda menor (GUERREIRO; SAMPAIO, 2019). Por último, o princípio da classificabilidade, que se trata da possibilidade de arquivar as impressões de forma organizada e posteriormente consultá-las e confrontá-las com outras impressões, o que torna esse princípio importante para a área de identificação criminal e civil devido existir uma grande quantidade de impressões armazenadas (ALEM, 2019; AGUIAR FILHO, 2019).

A partir desses princípios a papiloscopia torna-se uma ciência capaz de ser aplicada no âmbito da identificação necessitando, apenas, de um sistema funcional de classificação. Ainda hoje o sistema utilizado no Brasil é o de Vucetich, que se baseia nos estudos sobre as regiões presentes nas impressões delimitadas pelos sistemas de linhas que se dispõem em uma mesma direção dando a sensação de agrupamento (FIGINI, 2017; MONTEJO, 2020). Na Figura 2 (p. 8), Montejo (2020) apresenta os três sistemas de linhas que representam essas regiões, sendo o primeiro, o sistema basilar composto por linhas retas ou onduladas na parte inferior do desenho e limitado pelas pregas da falange dos dedos. O segundo sistema é o marginal, que compõe o contorno do desenho com linhas arqueadas e angulares, e o terceiro sistema, é o nuclear representando a parte central do desenho da impressão e sendo limitado pelos outros sistemas.

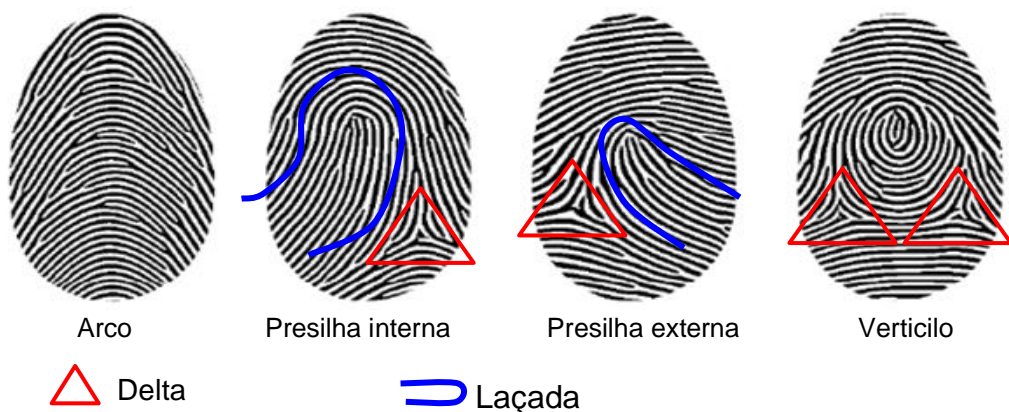
Figura 2 - Sistemas de classificação da impressão digital



Fonte: Adaptado de Montejo (2020).

A confluência desses sistemas apresentados origina o delta, um desenho triangular que Vucetich determinou como base do sistema de classificação de impressões digitais. A partir da presença, ausência ou posição do delta, definiu-se quatro tipos fundamentais aplicados na classificação não individualizadora. Na Figura 3 pode-se observar o primeiro tipo, o arco, com a ausência do delta e presença de linhas que percorrem o dedo de um lado ao outro. O segundo tipo, a presilha interna, se refere à presença de uma laçada e um delta à direita do observador, em que a laçada é formada pelas linhas que partem da esquerda e recurvam-se no centro para voltarem à origem. Já o terceiro tipo é a presilha externa, e seu desenho é formado pelo delta à esquerda do observador e a laçada que começa no lado direito, e por último, o tipo verticilo que ocorre quando há a presença de dois deltas, um a direita e outro à esquerda (AGUIAR FILHO, 2019).

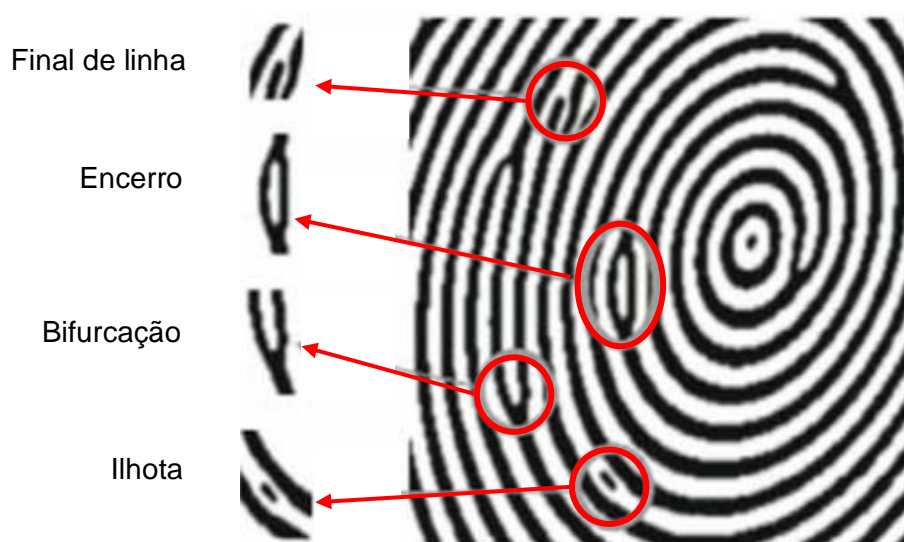
Figura 3 - Os quatro tipos fundamentais de impressão digital segundo classificação de Vucetich



Fonte: Adaptada de Mazi e Pino Júnior (2009).

Como se utilizam apenas esses quatro tipos possíveis de impressão digital, a diferenciação e identificação humana ocorre por minúcias encontradas nas impressões, como apresentado na Figura 4 (GUERREIRO; SAMPAIO, 2019). Essas minúcias representam acidentes aleatórios que descontinuum as linhas e são denominadas como Pontos Característicos ou Detalhes de Galton, esses pontos podem ser inícios ou fins de linha, pontos, ilhotas, bifurcações, trípodés, ângulos e encerros. Ressaltando que esses pontos quando analisados em particular podem ocorrer variações em formato, sentido, posição e direção no desenho observado (AGUIAR FILHO, 2019).

Figura 4 - Exemplos de Pontos Característicos



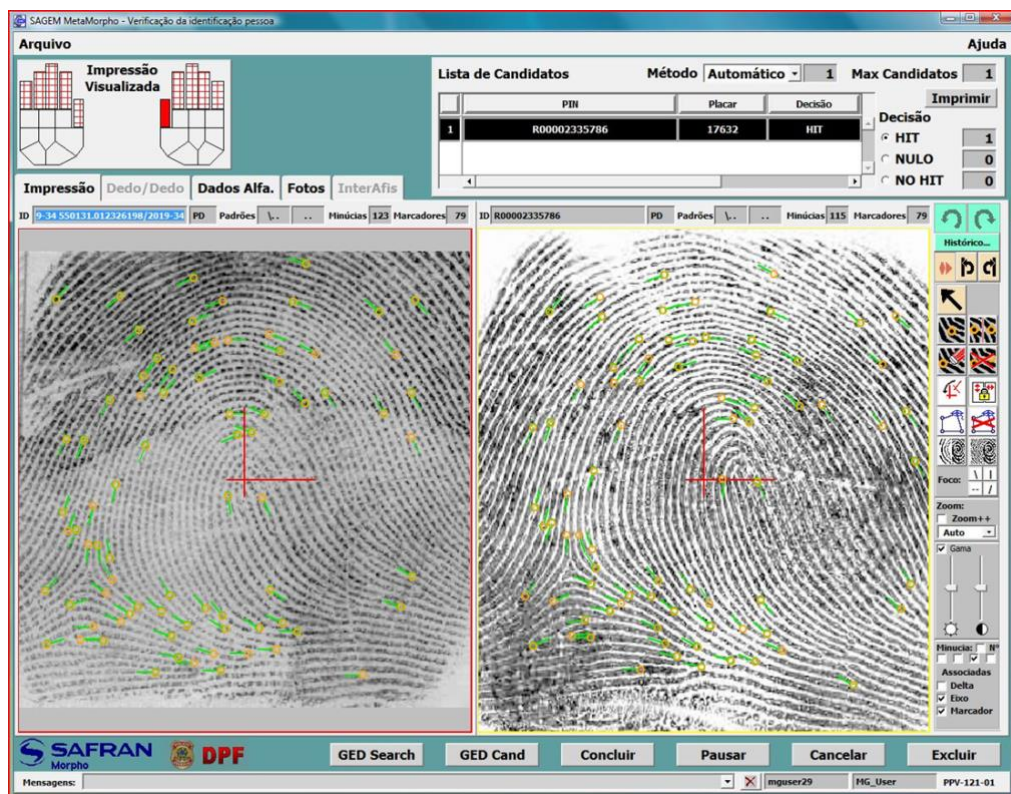
Fonte: Adaptado de Guerreiro e Sampaio (2019).

A partir desses pontos característicos é possível realizar um exame de confronto papiloscópico, que consiste em colocar lado a lado um fragmento questionado, que é desconhecido, e uma impressão padrão conhecida, no qual se indica a coincidência de uma quantidade de pontos característicos, formato, direção, sentido no campo papilar e mesma quantidade de linhas entre os pontos. Após detectar coincidências é possível enfim afirmar que são as mesmas impressões de um único indivíduo. Porém, ressalta que não existe regulamentação nacional ou internacional sobre a quantidade mínima de pontos coincidentes para que as impressões sejam atribuídas a uma única fonte (AGUIAR FILHO, 2019; FIGINI, 2017).

Em consequência da grande quantidade de fichas geradas para atender as perícias papilares de impressões digitais, impressão mais comum, foi desenvolvido um sistema

automático de comparação de fragmentos determinado como *Automated Fingerprint Identification System* (AFIS). O sistema AFIS é utilizado no Brasil e sua base de dados civil está concentrada no sistema do Tribunal Superior Eleitoral, enquanto os cadastros criminais estão, em sua maior parte, no sistema da Polícia Federal. Atualmente, ambos os sistemas realizam pesquisa criminal. Então, assim que o fragmento é adicionado ao sistema, o mesmo é comparado a uma base de dados. O sistema apresentara impressões papilares assemelhadas com o estabelecimento de um placar. Quanto maior o placar maior a chance de o fragmento pesquisado ser coincidente com a impressão apresentada, como demonstrado na Figura 5. Com base no placar e em sua experiência, o perito irá verificar se as marcações dos pontos característicos, exibidas pelos sistemas, correspondem aos pontos reais e se são coincidentes com os pontos marcados na impressão apresentada como assemelhada. Isso é chamado de confronto papiloscópico e tem por finalidade verificar se aquelas impressões pertencem à mesma fonte ou não (FIGINI, 2017).

Figura 5 - Confronto de fragmento e impressão do banco de dados AFIS da Polícia Federal



Fonte: Arquivo pessoal.

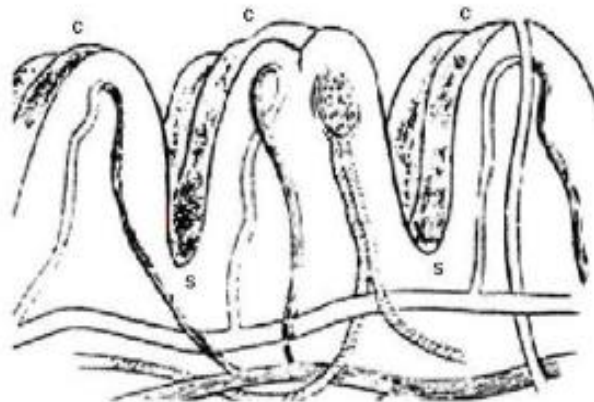


### 3.2.1. Impressões digitais

O registro de impressões digitais é um marco mais antigo que a ciência papiloscópica, pois, impressões digitais já foram identificadas em tijolos do período neolítico (cerca de 7000 a.C.). Como as impressões digitais são parte dos estudos da papiloscopia, é essencial se compreender a estrutura e composição da impressão, para que possa auxiliar na seleção e pesquisas de metodologias de revelação papiloscópica, de forma que permita as melhores revelações (ALEM, 2019).

A estrutura morfológica da impressão é formada pelos relevos dérmicos denominados cristas papilares, por depressões entre as cristas que são os sulcos, e por poros que são orifícios por onde são expelidas as secreções de fluidos (ALEM, 2019). Na Figura 6 pode-se observar as cristas papilares simbolizadas pela letra “C” e os sulcos pela letra “S”.

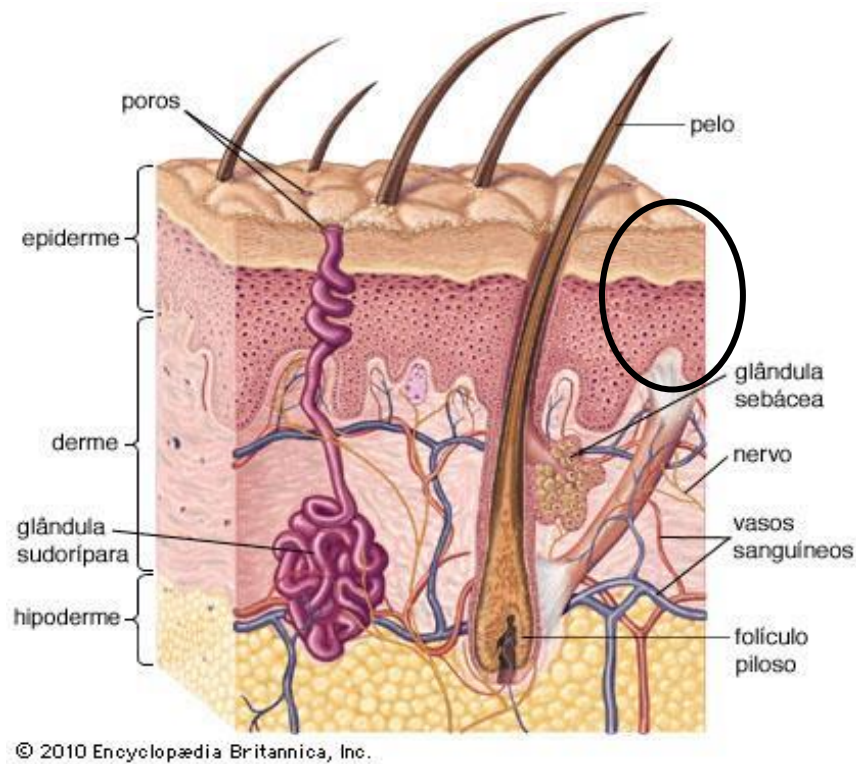
Figura 6 - Morfologia da impressão papilar



Fonte: Guerreiro e Sampaio (2019).

As cristas, local onde estão distribuídos os poros, são as responsáveis pelo desenho da impressão digital que é vista ao serem reveladas. Ao tocarem a superfície as cristas deixam uma marca, que é composta pelas secreções provenientes dos poros e contaminantes, que são outros componentes advindos de fatores externos. Na Figura 7 (p. 12) pode-se observar o local onde as ondulações das papilas são formadas: na junção entre a derme e a epiderme (GUERREIRO; SAMPAIO, 2019).

Figura 7 - Estrutura da pele



Fonte: <[https://opticanet.com.br/arquivosUsuario/10336/imagens//664224971\\_1713-073-294267EE.jpg](https://opticanet.com.br/arquivosUsuario/10336/imagens//664224971_1713-073-294267EE.jpg)>.

Os constituintes químicos dessa marca deixada pela impressão são provenientes das glândulas sebáceas e sudoríparas situadas na derme, pois, o indivíduo quando comete um ato ilícito, a situação de nervosismo faz com que ele apresente uma quantidade anormal de suor e comumente passe as mãos no rosto e em outras partes do corpo. As secreções são geradas pelas glândulas sudoríparas écrinas e apócrinas que secretam a maior parte da água, componentes nitrogenados, aminoácidos, sódio, fosfato, flúor, cloreto e proteínas, e pelas glândulas sebáceas que secretam ácidos graxos livres, composto de triglicerídeos, monoésteres de cera, esqualeno, colesterol e hidrocarbonetos. De forma geral, a impressão digital é composta por 99% de água e apenas 1% de componentes sólidos, como apresentado no Quadro 1 (p. 13). Além disso, a proporção desses compostos pode ser influenciada por variáveis como idade, sexo, raça, dieta e metabolismo do indivíduo (FERREIRA et al., 2021; SIRCHIE®, 2021a; ALEM, 2019; GUERREIRO; SAMPAIO, 2019; FIGINI, 2017).

Quadro 1 - Componentes químicos da impressão digital

<b>Glândula</b>	<b>Componentes orgânicos.</b>	<b>Componentes inorgânicos</b>
Sudorípara écrina	Aminoácidos, uréia, ácido láctico, colina, ácido úrico, creatinina e açúcares	Água, cloretos, íons metálicos, amônia, sulfatos e fosfatos
Sudorípara apócrina	Proteínas e carboidratos	Íons de sódio, potássio e ferro
Sebáceas	Ácidos graxos, triglicerídeos, esqualeno, álcool, colesterol e hidrocarbonetos	-

Alguns contaminantes também podem estar presentes na impressão digital decorrente de fatores extrínsecos que as tornam ainda mais complexas. Esses contaminantes são substâncias provenientes do contato da pessoa durante o dia com cosméticos, alimentos e poeiras, e também da interferência ambiental, que após deposição da impressão na superfície, essas substâncias ficam expostas a intempéries que podem evaporar os compostos voláteis, oxidar e degradar os componentes, afetando sua composição (FERREIRA et al., 2021).

Na área da papiloscopia, as impressões digitais ainda podem ser classificadas de acordo com a forma que são encontradas nas superfícies: visíveis, modelares e latentes. A forma visível é aquela que é naturalmente passível de visualização, pois, pode estar revelada, por exemplo, com alguma substância colorida como sangue ou tinta. Já as impressões modulares são as deixadas em superfícies flexíveis, moldáveis e macias como ceras e sabões em barra. Por fim, existem as impressões latentes que são invisíveis a olho nu e requerem o emprego de uma metodologia para sua revelação (ALEM, 2019; GUERREIRO; SAMPAIO, 2019).

### 3.2.2. Metodologias de revelação papiloscópica

As metodologias de revelação papiloscópica são voltadas para a revelação das impressões latentes, mas também servem para potencializar o contraste entre as impressões visíveis e as superfícies em que se encontram e utilizam processos químicos e/ou físicos para torná-las visíveis e/ou aumentar seu contraste com a superfície em que estão depositadas (BALSAN et al., 2019). Todavia as técnicas descritas a seguir podem ser aplicadas para quaisquer tipos de impressões papilares.

As metodologias físicas de revelação são fundamentadas no princípio da aderência ou solubilidade dos componentes do revelador aos resíduos da impressão latente. Enquanto as



metodologias químicas, são denominadas dessa forma, pois se referem a métodos que para ocorrer a revelação do fragmento de impressão papilar é necessária uma reação entre o revelador e resíduos da impressão digital (FERREIRA et al., 2021).

O tipo de superfície é um dos fatores que influenciam fortemente a escolha da metodologia que será aplicada para a revelação da impressão. De acordo com Rana et al. (2021) e Figini (2017) existem dois tipos de superfícies: porosas e não porosas. As superfícies porosas são materiais que possuem pequenos poros e permitem a penetração de materiais externos como água, ar e partículas dentro deles. A presença desses poros também é responsável pela adsorção dos componentes da impressão, que faz com que a evidência permaneça por anos na superfície. Exemplos desses materiais são tecidos, papéis, papelões e madeiras, que se aconselha o uso de metodologias que reajam com os aminoácidos das impressões. Já as superfícies não porosas, são materiais como vidros, plásticos e metais, caracterizadas por não possuírem poros e serem lisas na sua superfície. Porém, por não possuírem os poros que conservam os componentes das impressões, nesse tipo de superfície as digitais tornam-se mais frágeis e propícias à destruição por fatores externos.

Barros (2019) cita que no Brasil existem técnicas que são mais utilizadas pelos profissionais como os pós de fina granulação, aplicação de ninidrina, fumigação de cianoacrilato, 1,8-diazafluoren-9-ona (DFO) e reagente de pequenas partículas. Já as metodologias menos aplicadas são a deposição metálica à vácuo (DMV), deposição multi metálica (DMM), *Sudan Black*, *Oil Red O* (ORO), fumigação de iodo, Rodamina 6G, Amarelo Básico e os nanomateriais. Porém também é necessário compreender que nenhum método é apontado como ideal, mas sim o mais ou menos adequado para aquela situação (GOMES, 2018).

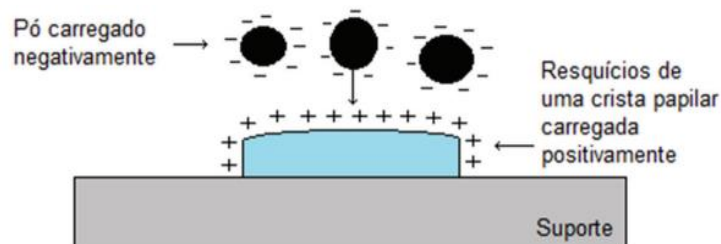
### **3.2.2.1. Métodos físicos de revelação**

O método físico mais comum de aplicação para revelação de impressões latentes são os pós. Eles são preferidos devido sua versatilidade e facilidade de aplicação em locais de crime e uso em laboratório (CONDOMITTI et al., 2020). Sua aplicação é voltada para superfícies não porosas e também podem ser aplicados em superfícies porosas, em que a impressão foi depositada recentemente como em papéis. A vantagem da técnica é a pequena possibilidade de destruir a impressão ao realizar a aplicação correta do empoeamento (FERREIRA et al., 2021; ALEM, 2019).

De acordo com Carvalho et al. (2021), a técnica do pó é baseada no mecanismo de adesão entre o pó revelador e os componentes das impressões, e a adesão ocorre por meio de interações intermoleculares do tipo Van de Waals e ligações de hidrogênio. As interações prioritárias do pó serão com a água, quando a impressão foi depositada recentemente, e quando já não é mais recente, pois a água e compostos voláteis foram vaporizados, as interações serão de preferência com os componentes sebáceos (FIGINI, 2012).

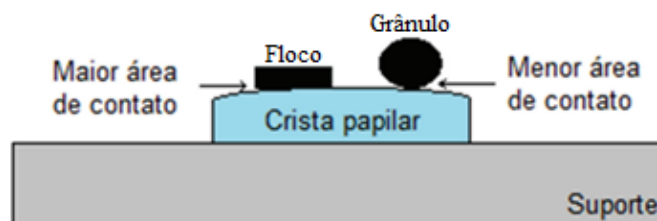
Para que esse mecanismo de adesão seja efetivo existem alguns fatores influenciadores além da afinidade do pó com os resíduos das cristas papilares, que é a força atrativa entre as cargas (Figura 8), formato das partículas e área superficial de contato. Os pós com maior versatilidade e eficácia, possuem tamanho entre 5-12  $\mu\text{m}$  e formato irregular. O formato pode variar entre os tipos granulares e flocados. Os pós granulares possuem a tendência a rolar facilmente pela superfície, enquanto os pós flocados tendem a deslizar e possuir maior contato com os componentes da impressão (Figura 9) (CARVALHO et al., 2021).

Figura 8 - Exemplo de interação eletrostática entre as partículas do pó e os componentes presentes na impressão digital



Fonte: Carvalho et al. (2021).

Figura 9 - Comparação entre superfície de contato dos pós flocados e granulares quando ficam sobre a imagem da crista.



Fonte: Adaptada de Carvalho et al. (2021).

A fixação do pó sobre a impressão também é dependente dos pós reveladores serem capazes de romper a tensão superficial estabelecida pela interação líquido-líquido da parte aquosa da impressão, e viabilizar a adesão da partícula sólida do pó por meio de uma interação intermolecular líquido-sólido que supere a tensão inicial do líquido. Para maximizar essa aderência, os pós comerciais são compostos por um material aglutinante que irá carrear o corante de contraste (CARVALHO et al., 2021).

Apesar de os pós serem rotulados de acordo com a cor, e não por sua composição, existe uma classificação em quatro tipos: regular, metálico, luminescente e termoplástico (CARVALHO et al., 2021; FIGINI, 2012). Os pós regulares, de forma tradicional, são compostos por polímeros resinosos, os aglutinantes, e os corantes para contraste como óxido férrico, dióxido de manganês, dióxido de titânio e outros óxidos inorgânicos. A composição dos pós brancos e pós pretos podem ser visualizadas respectivamente na Tabela 1 e Tabela 2, em vista que são os pós mais utilizados pelos papiloscopistas (FIGINI, 2012).

Tabela 1 - Composição dos pós reveladores brancos

<b>Pós brancos</b>	
Base	Composição
Óxido de titânio	60% Dióxido de titânio, 20% talco e 20% caulim
Carbonato de chumbo	80% Carbonato de chumbo, 15% goma arábica, 15% goma arábica, 3% alumínio em pó e 2% negro de fumo

Fonte: Figini (2012).

Tabela 2 - Composição dos pós reveladores pretos

<b>Pós pretos</b>	
Base	Composição
Óxido de ferro	50% Óxido de ferro preto, 25% resina e 25% negro-de-fumo.
Dióxido de manganês	45% Dióxido de manganês, 25% óxido de ferro preto, 25% negro-de-fumo e 5% resina
Negro-de-fumo	60% Negro de fumo, 25% resina e 15% terra de fuller.

Fonte: Figini (2012).

Outros pós disponíveis são os do tipo metálicos, que frequentemente são misturas de metais e óxidos metálicos, mas podem ser acrescidos de outros materiais para gerar cores distintas. Um exemplo é o pó revelador a base de alumínio, muito aplicado devido à baixa toxicidade e menor preço comparado aos outros (FIGINI, 2012). A possibilidade da mistura do óxido de ferro ou cobre na composição, gera um pó magnético útil aos papiloscopistas para ser aplicado em impressões frágeis, pois, o uso do pincel magnético, como apresentado na Figura 10, evita o contato direto que as cerdas de um pincel comum têm e reduzem a possibilidade de destruição ou deformação do fragmento encontrado (REIS, 2019).

Figura 10 – Pincel magnético pronto para aplicação do pó



Fonte: Reis (2019).

Os pós luminescentes contêm compostos naturais e sintéticos que apresentam fotoluminescência sob ação de radiações eletromagnéticas na faixa do ultravioleta ou visível. Eles são comumente aplicados para impressões depositadas sob superfícies com fundos mesclados ou confusos como apresentado na Figura 11 (p. 18). O último tipo, são os pós termoplásticos, em que após aplicação eles são fundidos sobre a impressão com a presença de calor (SIRCHIE®, 2021; FIGINI, 2012).

Figura 11 - Impressão revelada com uso de pó fluorescente e aplicação de luz forense



Fonte: <<https://cienciaccrime.files.wordpress.com/2011/09/5f51f-papi4.jpg>>.

Na busca de aprimorar a técnica do empoamento, alguns fabricantes adicionam pó de quartzo fino ou pequenas partículas de plástico, como exemplo temos a composição do pó dourado ser flocos de bronze e pó de quartzo e a do pó prateado ser de flocos de alumínio e pó de quartzo. Porém, a composição dos pós continua com potencial toxicológico, sendo recomendado o uso de EPI's para reduzir a contaminação (FIGINI, 2012).

De acordo com a *Safety Data Sheet* da Sirchie® (2017) o pó de cor preta, por exemplo, é considerado um produto possivelmente cancerígeno, devido à presença do composto negro de fumo. O estudo realizado com a exposição de ratos a altas concentrações e por longo período de tempo, gerou inflamação crônica, fibrose pulmonar e tumores pulmonares. Tais reações possuem a hipótese de um acúmulo das partículas do pó no pulmão que o sobrecarregam e interferem na purificação natural do órgão. Além da sua toxicidade, os pós comerciais possuem alto custo, por serem importados, e também podem dificultar a visualização de pontos característicos. Por exemplo, o custo de um frasco de 240 mL do pó regular cor preta para levantamento de impressões digitais é em torno de R\$ 142,00 (Anexo 2). Logo surge a necessidade de pesquisa e desenvolvimento de novos pós reveladores que sejam mais acessíveis e que apresente menor toxicidade (BALSAN et al., 2019).

Outra metodologia de revelação física comum é o uso do reagente de pequenas partículas (RPP), também aplicado em superfícies não porosas, porém, recomendado para superfícies úmidas. Devido às condições da impressão que impossibilita a aplicação de outros métodos que possuem componentes solúveis em água e necessidade de aplicação a seco, esse reagente irá interagir com os compostos sebáceos da impressão digital. Geralmente os RPPs são compostos por dissulfeto de molibdênio, que estará suspenso em uma solução detergente. Além disso, na sua composição também pode apresentar compostos fluorescentes como Rodamina e Amarelo Básico. O RPP pode ser reproduzida em laboratório com a mistura entre pó revelador, detergente e água, e aplicado no lado colante das fitas adesivas, de modo que após o enxágue da suspensão seja possível visualizar a impressão revelada (FERREIRA et al., 2021).

A fumigação do iodo é indicada para superfícies porosas, pois, o iodo irá interagir com os componentes que foram depositados nos poros da superfície. O suporte com a impressão latente ao ser exposto aos vapores sublimados de cristais de iodo, permite que ocorra uma interação por meio de dipolos permanentes do iodo com a água e outros componentes da impressão, e no final seja produzido um dipolo induzido no iodo que torna passível a visualização da impressão de coloração marrom (Figura 12). A interação intermolecular, mantém o iodo aderido temporariamente nas cristas, ou seja, com o tempo o contraste é perdido. Com isso, surgiu a necessidade buscar alternativas para melhorar a fixação do iodo na impressão, como várias aplicações seguidas de iodo ou a imersão do suporte em 7,8-benzoflavona resultando em uma coloração azul escura mais duradoura (LOBO; MACEDO, 2020).

Figura 12 - Impressão digital revelada com vapores de iodo



Fonte: Sirchie® (2016).

Embora o iodo seja considerado tóxico e corrosivo no *Safety Data Sheet* da Sirchie® (2016), algumas instituições ainda aplicam a metodologia principalmente em papéis térmicos.

Porém, existe a tendência de substituir-se essa técnica por outros métodos que sejam mais sensíveis de modo a reduzir a exposição dos papiloscopistas aos vapores tóxicos do iodo (LOBO; MACEDO, 2020).

O reagente *Sudan Black* é uma tinta utilizada na forma de solução para revelação das impressões digitais. Ao entrar em contato com os resíduos da impressão digital, suas moléculas de corante lipofílico são transferidas, preferencialmente, para os compostos oleosos da impressão digital, desenvolvendo uma impressão de coloração preto-azulada (Figura 13). A técnica é menos sensível comparada às outras, porém, possui utilidade na revelação de superfícies não porosas contaminadas com compostos gordurosos ou oleosos, como resíduos de alimentos ou depósitos de refrigerantes secos. Também se apresenta como opção de corante para ser aplicado após a fumigação de cianoacrilato (FERREIRA et al., 2021; SIRCHIE®, 2013).

Figura 13 - Revelação de impressão digital com *Sudan Black*



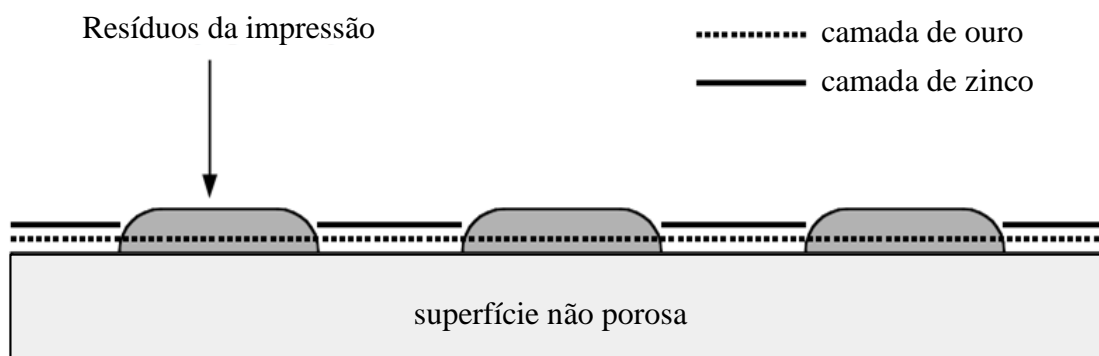
Fonte: Sirchie® (2013).

Outro corante lipossolúvel aplicado como revelador é o *Oil Red O* (ORO), um corante azo utilizado para superfícies porosas úmidas. Ele apresenta grande eficácia na revelação em papéis, papelões e papéis *Kraft* nessas condições. A ação, assim como do *Sudan Black*, não depende da presença de aminoácidos ou sais, e o corante é aderido aos compostos lipídicos da impressão digital. A solução do ORO pode ser preparada em metanol ou solução aquosa de hidróxido de sódio, porém, após uma hora da imersão da superfície na solução de ORO, deve-se realizar uma segunda etapa de imersão em uma solução tampão que irá neutralizar e

estabilizar o meio, e desenvolver a coloração vermelha característica da impressão visível. Contudo, essa metodologia não é tão utilizada por demandar tempo para obtenção do resultado, não ser eficaz para impressões antigas e devido à toxicidade do solvente metanol (FERREIRA et al., 2021; SIRCHIE®, 2011a).

A última técnica física aqui apresentada é a revelação aplicando-se deposição de metais. Existem duas metodologias baseadas nesse princípio, a deposição metálica à vácuo (DMV) e a deposição multimetal (DMM). A DMV apresenta melhores resultados quando aplicada em superfícies não porosas, porém, estudos apresentam eficiência em superfícies de algodão branco, náilon, poliéster e tecidos de poliéster. Na metodologia de DMV a superfície contendo a impressão digital, é colocada em uma câmara de vácuo com  $5 \times 10^{-4}$  mbar onde o ouro é evaporado, formando uma fina camada uniforme e invisível a olho nu sob a superfície, e as partículas que estão sobre a impressão são absorvidos. Posteriormente nas mesmas condições, o zinco ou cádmio é evaporado e deposita-se preferencialmente no ouro e não nos resíduos da impressão, tornando o resultado a visualização de uma impressão transparente e o fundo recoberto por zinco (Figura 14) (FERREIRA et al., 2021; CHAMPOD et al., 2014).

Figura 14 - Representação da metodologia de deposição metálica a vácuo



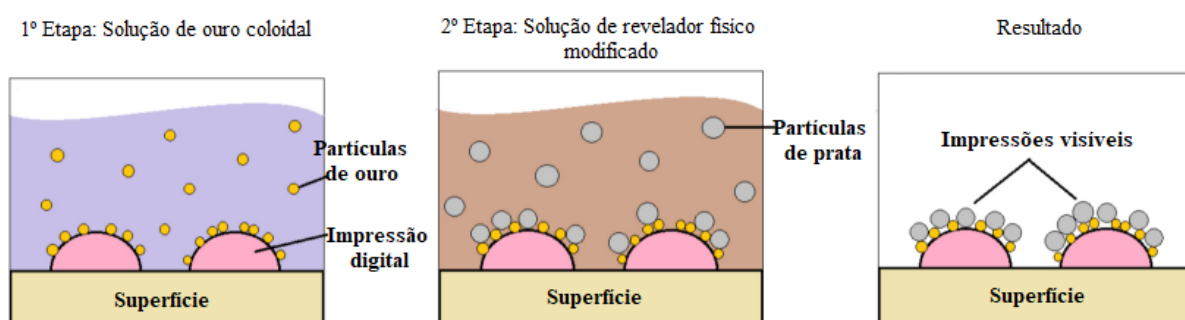
Fonte: Adaptada de Champod et al. (2014).

Champod et al. (2014) ainda cita alguns pontos sobre a técnica, como a possibilidade de o zinco ser depositado na impressão digital e não no fundo gerando um resultado reverso de visualização, da metodologia de DMV apresentar bons resultados para impressões de caráter mais antigo e de alcançarem resultados com melhor definição da impressão ao DMV quando aplicada após a fumigação de cianoacrilato. Contudo, ressalta que o cádmio é raramente aplicado nesse método devido sua alta toxicidade.



A DMM é um método mais abrangente que utiliza nanopartículas de ouro e prata e pode ser utilizado em superfícies porosas e não porosas, secas ou úmidas e até em superfícies colantes como de fitas adesivas. A técnica consiste em duas etapas: a primeira é uma imersão da superfície em uma solução ouro coloidal com pH 2,7 e posterior lavagem com água destilada. E a segunda etapa é a imersão em uma solução de revelador físico modificada de prata. Na Figura 15 pode-se observar a sequência dessas etapas, em que as partículas carregadas negativamente do ouro coloidal são atraídas eletrostaticamente por resíduos orgânicos da impressão latente, e atuam como locais de nucleação para a prata se depositar originando a visualização de uma impressão de coloração cinza clara a preta (CHAMPOD et al., 2014).

Figura 15 - Representação das etapas da metodologia de deposição multimetal



Fonte: Adaptada de Ferreira et al. (2021).

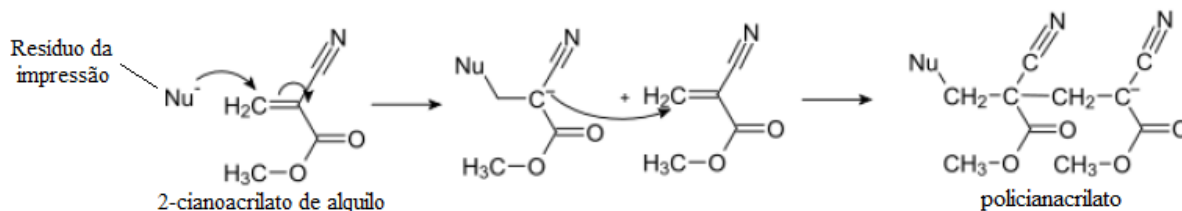
Apesar de ser uma técnica com grande aplicação, ela apresenta algumas desvantagens como o tempo de preparo e aplicação dos reagentes, custo alto, pH muito específico na solução de ouro e, caso haja escurecimento do fundo na etapa com a solução de prata, a visualização da impressão revelada pode ser mais difícil (FERREIRA et al., 2021; CHAMPOD et al., 2014).

### 3.2.2.2. Métodos químicos de revelação

Entre as metodologias químicas de revelação, aquela que utiliza o cianoacrilato possui grande destaque para revelação em superfícies não porosas, sendo baseada na polimerização do composto éster de acrilato. Os ésteres de cianoacrilato são líquidos monoméricos incolores, que possuem na sua estrutura química, grupos nitrila ( $C\equiv N$ ) e carboxilatos ( $COOR$ ) que induzem a reações com bases fracas. Apesar dos cianoacrilatos poderem sofrer uma auto polimerização no estado de vapor, induzidas por radicais livres e, no caso da revelação papiloscópica, a reação pode ser iniciada com os componentes: ácido láctico, amônia, ácido acético, aminas, álcoois, aminoácidos, alcanos e proteínas, que são compostos prováveis de estarem presentes nas

impressões digitais. A Figura 16 apresenta a reação de polimerização do cianoacrilato que resulta em um polímero duro e branco denominado de policianoacrilato, sendo este polímero depositado nos resíduos da impressão responsável pela visualização (ASSIS, 2020).

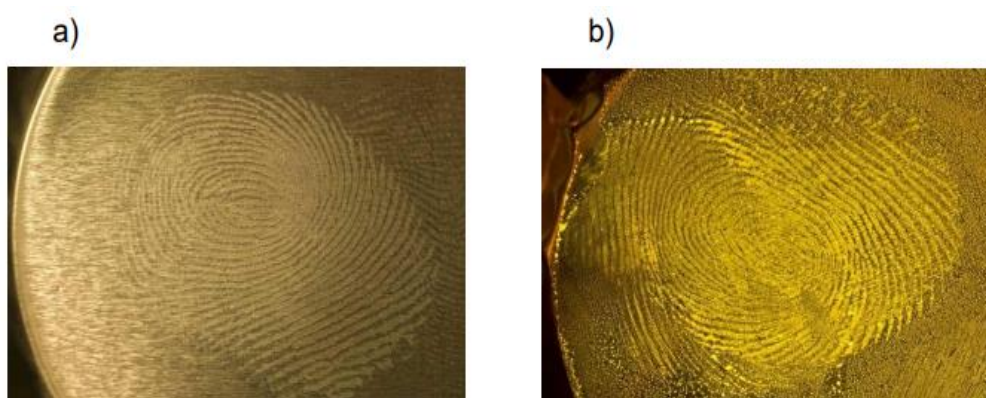
Figura 16 - Reação de polimerização do cianoacrilato



Fonte: Adaptado de Assis (2020).

Os vapores de cianoacrilato também podem apresentar-se como tóxicos e irritantes para as mucosas, ademais existe a desvantagem de contraste do cianoacrilato em superfícies claras. Uma alternativa para originar cor, é aplicar pós sobre as impressões reveladas ou tratá-las com corantes como Rodamina 6G e Amarelo Básico (Figura 17). Esses corantes são lisocromos e se aderem à superfície por forças não covalentes, que apresentam fluorescência na aplicação de luz UV. Por exemplo, o Amarelo básico 40 apresentará fluorescência na faixa de entre 415-485 nm e a Rodamina 6G entre 495-540 nm (FERREIRA, 2020; GOMES,2018).

Figura 17- Revelação de impressão latente com cianoacrilato (a) sem corante e (b) com corante fluorescente

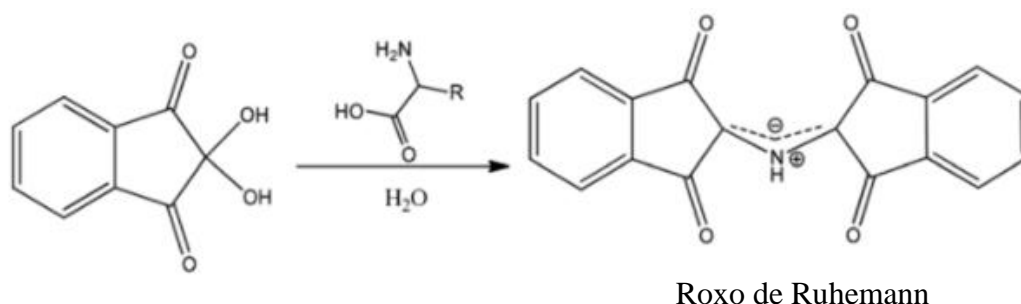


Fonte: Gomes (2018).

Assim como o cianoacrilato, a ninidrina também se apresenta como uma das metodologias químicas mais relevantes, porém, sua aplicação é voltada para superfícies porosas. O composto 1,2,3-triceto-hidrindeno hidratado, conhecido como ninidrina, na

presença de água irá reagir com os aminoácidos presentes nos resíduos das impressões digitais e originar um composto de cor púrpura característico, denominado roxo de Ruhemann (Figura 18), em homenagem ao criador Siegfried Ruhemann que a sintetizou em 1910.

Figura 18 - Reação simplificada da síntese do roxo de Ruhemann



Fonte: Adaptada de Ferreira et al. (2021).

A ninidrina é comumente aplicada em papéis, pois, os aminoácidos e a matriz celulósica interagem entre si através de ligações de hidrogênio o que permite que impressões depositadas nessa superfície sejam reveladas mesmo após 40 anos. A solução de ninidrina pode ser aplicada na forma de *spray*, por imersão na solução ou com pincel, sendo que a literatura recomenda que o material seja mantido por um período de 24 a 48 horas à temperatura ambiente, com umidade relativa de 50% a no máximo 80% após a aplicação. Caso, haja necessidade de acelerar o processo para obter o resultado rapidamente, é possível aquecer a superfície com cuidado para não degradar o suporte da impressão. A solução de ninidrina ao ser inalada e/ou aspirada pode causar irritação das mucosas, edema pulmonar e pneumonia em casos mais graves (LOBO; MACEDO, 2020; MERCK, 2015; SIRCHIE®, 2011b).

Além das condições de umidade e temperatura, o fator pH também pode impactar no resultado. É apresentado na literatura que o meio reacional ideal seja ligeiramente ácido com pH entre 4 e 5, porém muitas das marcas de papéis comerciais contêm substâncias alcalinizantes alterando a coloração púrpura esperada (Figura 19, p. 25). No entanto, é possível aprimorar a revelação com o uso de sais metálicos do grupo 12 da tabela periódica, sendo que o tratamento com sais de zinco é preferível, considerando a relativa maior toxicidade dos sais de cádmio. O tratamento com sais de zinco (II) forma um complexo de tonalidade que varia do alaranjado ao vermelho que exibe uma fluorescência quando aplicada luz na faixa de 490 nm (LOBO; MACEDO, 2020; SIRCHIE®, 2011b).

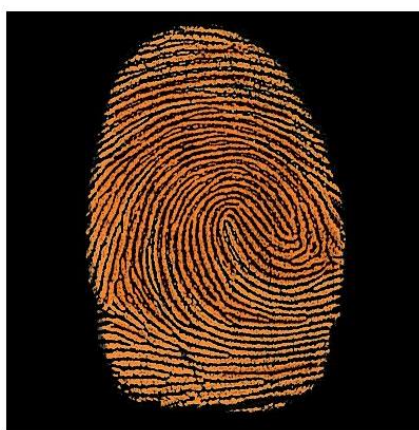
Figura 19- Revelação em papel com aplicação de ninidrina



Fonte: <<https://ars.els-cdn.com/content/image/1-s2.0-S0187893X13731951-gr3.jpg>>.

O 1,8-diafluoren-9-ona, conhecido como DFO, é um análogo da ninidrina, que além de ser um reagente de aplicação em superfícies porosas, ao reagir com os aminoácidos da impressão produz uma coloração visível vermelha pálida. O DFO apresenta-se como um revelador mais eficaz que a ninidrina comum, pois, possui maior êxito de ocorrência de reações e detém a propriedade de luminescência sob luz verde com fluorescência laranja, que permite eliminar os padrões e fundos multicoloridos da superfície (Figura 20). Apesar de ter melhor revelação que a ninidrina, o DFO em contato com pele e mucosas podem causar irritações, além de ser altamente tóxico devido à presença de metanol e ser potencialmente cancerígeno. O contato com o metanol ao nervo ótico pode causar cegueira (FERREIRA et al., 2021; SIRCHIE®, 2021b).

Figura 20 - Revelação de impressão digital com DFO e luz forense verde

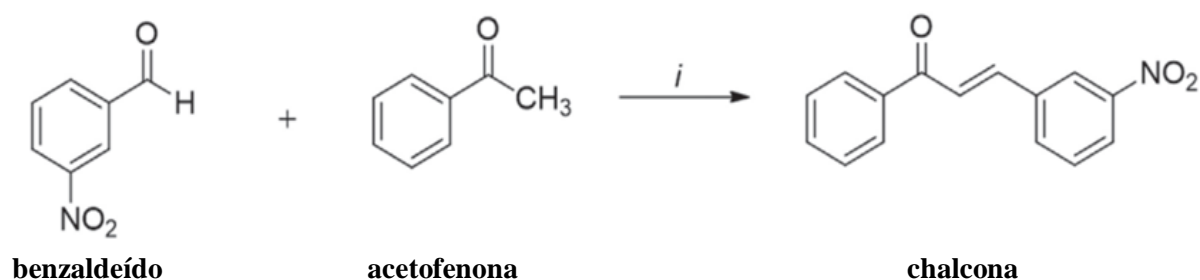


Fonte: Sirchie®, (2021b).

### 3.2.3. Novas metodologias de revelação papilar

A presença de desvantagens e toxicidade das metodologias tradicionais de revelação, incentivou que ocorressem pesquisas e desenvolvimento na área para atender aos requisitos de maior eficiência de revelação, nitidez da impressão digital, menor custo e baixa toxicidade. Um exemplo é o uso de chalconas, um produto natural que pertence à família dos flavonoides, porém, o composto também pode ser sintetizado utilizando uma química limpa. Balsan et al. (2019) apresenta a síntese da chalcona *E*-1-fenil-3(4-nitrofenil) prop-2-en-1-ona por meio da reação entre o aldeído 3-nitrobenzaldeído com acetofenona em solução de etanol/água de hidróxido de sódio (Figura 21).

Figura 21 - Reação de síntese da chalcona



Condições de reação: *i*: NaOH; EtOH; EtOH sob resfriamento; 4 h

Fonte: Adaptado de Balsan et al. (2019).

O pó da chalcona sintetizada foi testado em diferentes superfícies e comparado com pó revelador de ouro comercial (Figura 22, p. 27). Balsan et al. (2019) conclui que os resultados obtidos foram eficazes para a revelação de impressões digitais latentes atingindo o objetivo de baixo custo, redução de resíduos ao ambiente e menor toxicidade. A chalcona obteve desempenho semelhante ao do pó padrão na revelação. Porém, o autor ressalta que podem existir limitações quando avaliado na rotina pericial.

Figura 22 - Comparação entre aplicação do pó de chalcona (a) e pó comercial de ouro padrão (b) na revelação de impressão digital latente

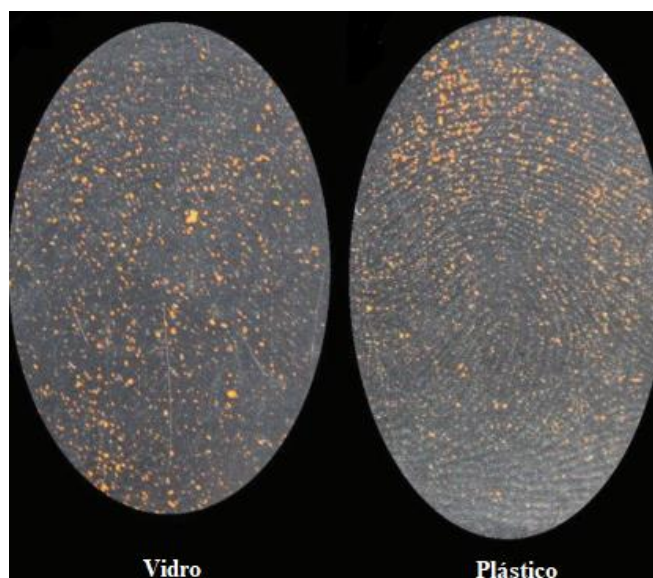


Fonte: Balsan et al. (2019).

Nesse viés de aplicação de produtos naturais como alternativa de revelação de impressões papilares, Nicolodi et al. (2019) apresenta o uso de condimentos que contivessem em sua composição corantes naturais e apresentassem contraste suficiente para atuarem como reveladores. Foram utilizados cinco condimentos no trabalho: *Curcuma longa* (cúrcuma), *Murraya koenigii L.* (curry), *Cinnamomum verum J.* (canela), *Laurus nobilis L.* (louro) e *Capsicum annum L.* (páprica). Os pós foram testados em superfícies não porosas: vidro e plástico. As partículas dos condimentos atuam, assim como os pós reveladores, mediante aderência por forças de Van der Waals. Já os resultados apresentados, atingiram os objetivos de teste e conhecimento para o ensino da química aos cursos de Graduação e Técnicos em Química, Farmácia e Toxicologia, porém, na revelação papiloscópica obteve resultados muito bons e outros em que o condimento não foi promissor como revelador. A páprica é um exemplo de condimento que após aplicação de seu corante, ela não possibilitou obter imagens nítidas de revelação (Figura 23, p. 28). Provavelmente esse efeito foi devido à retenção de umidade observada no condimento, que ocasionou a formação de grânulos e o aumento no tamanho das partículas, o que dificultou na adesão seletiva às cristas da impressão digital, que confere definição à revelação (NICOLODI et al., 2019).



Figura 23 - Revelação de impressão latente em vidro e plástico utilizando páprica



Fonte: Nicolodi et al. (2019).

Com um objetivo mais específico, Gomes (2018) propõe a revelação de impressões latentes em superfícies metálicas utilizando eletrodeposição de polímeros conjugados que possuem propriedade eletrocromática, ou seja, esses compostos irão apresentar mudança de cor quando ocorre descarga de carga elétrica sobre ela. O trabalho envolve o teste da deposição eletroquímica de polipirrol e polipirrol dopado com corantes orgânicos (índigo carmim, vermelho de metila e alaranjado de metila) na superfície do metal.

A técnica em si, consiste na deposição desses polímeros na superfície do metal e sulcos da impressão digital, em que os lipídios presentes na impressão atuam como isolantes de transferência de elétrons e geram a visualização da impressão em contraste com o fundo. Na apresentação dos resultados, os filmes obtidos com o polipirrol apresentaram boa revelação das impressões com contraste com a superfície metálica, porém, encontram-se alguns pontos negativos. Quando o polímero foi depositado utilizando uma solução de surfactante que solubiliza o monômero, observou-se a solubilização dos lipídios presentes na impressão digital latente. Quando se realiza o procedimento com uma solução aquosa sem o surfactante, os monômeros não apresentaram boa solubilidade (GOMES, 2018).

Em relação aos resultados com corantes orgânicos, a revelação com polipirrol dopado com vermelho de metila foram os melhores, pois, apresentaram melhor contraste e maior nitidez dos pontos característicos da impressão (Figura 24, p.29) (GOMES, 2018).

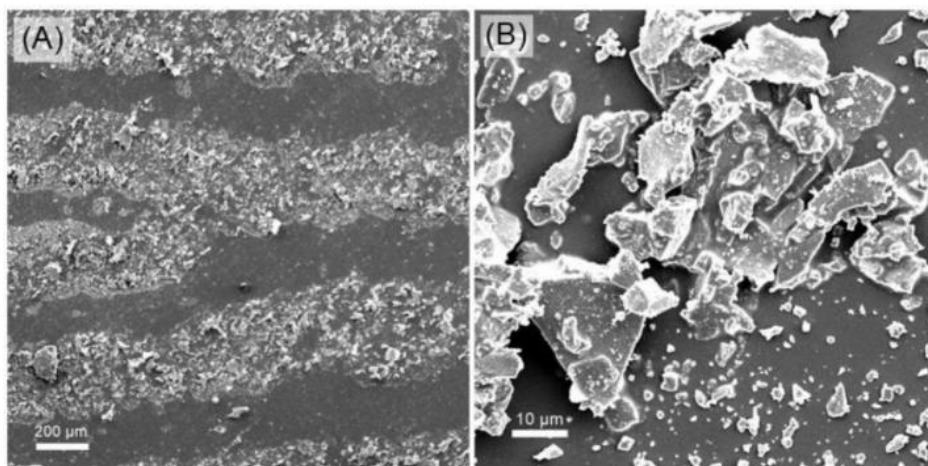
Figura 24 - Revelação de impressões digitais latentes com eletrodeposição do polipirrol dopado com vermelho de metila



Fonte: Adaptado de Gomes (2018).

Por fim, dentre as novas metodologias de revelação, se encontram os nanomateriais. Eles já têm sido pesquisados para serem utilizados como reveladores de impressões papilares, como a técnica de DMM já citada, na qual se aplica nanopartículas de ouro e prata. Outra técnica alternativa utilizando-se os nanomateriais são o uso dos nanopós, pois, os reveladores convencionais podem apresentar partículas muito heterogêneas em tamanhos e formas (Figura 25), devido a sua produção a partir do processo de moagem. Com isso, os nanopós podem apresentar ganho de sensibilidade e seletividade na revelação (FERREIRA et al., 2021; BARROS, 2019).

Figura 25 - Diferenças de tamanho e heterogeneidade de formas de partículas presentes nos pós reveladores por meio de MEV. (A): a impressão revelada de cor clara; (B): detalhes em maior magnificação da região de crista contendo as partículas do pó



Fonte: Barros (2019).



Algumas das propriedades presentes nos nanomateriais como o tamanho menor das partículas e homogeneidade já os tornam vantajosos quando comparados aos pós comuns, pois, os nanopós geralmente possuem dimensões entre 1 e 100 nm. Logo, por consequência, terão melhor aderência aos resíduos da impressão e revelarão mais detalhes. Além disso, seu tamanho reduzido proporciona menor risco de danos a impressão, por exemplo, como ocorre, comumente, com o excesso de pós na aplicação ou na fumigação por cianoacrilato por tempo elevado (FERREIRA et al., 2021; BARROS, 2019).

Outras propriedades também serão benéficas, como propriedades luminescentes de alguns nanomateriais na faixa do ultravioleta ao infravermelho, o que contribui para aumentar o contraste entre as cristas e a superfície. Além da possibilidade da funcionalização da superfície, técnica melhor explicada no próximo tópico, que pode favorecer a interação entre a nanopartícula e os componentes das impressões (BARROS, 2019).

### **3.3. Nanotecnologia e nanomateriais**

O avanço da nanotecnologia teve seu início no século XX por meio do físico americano Richard Feynman em uma palestra de um evento anual da Sociedade Americana de Física em 1959. Suas ideias apresentavam indagações sobre um novo mundo com controle da escala atômica (LOOS, 2014). Ele impulsionou o desenvolvimento dessa nova tecnologia que foi uma base essencial para o estágio em que se encontra a nanotecnologia utilizada atualmente.

Dessa forma, a nanotecnologia é a manipulação e aplicação industrial de materiais com dimensões entre 1 e 100 nm, esse material em escala nanométrica é denominado como um nanomaterial (TONET; LEONEL, 2019). Ainda de acordo com Zarbin (2007), não basta um material ter dimensões nanométricas para ser considerado um nanomaterial, é necessário que esse nanomaterial exiba uma propriedade exclusiva que o diferencie do material em dimensões maiores. É devido esses materiais estarem abaixo do tamanho crítico, ou seja, o material estar abaixo de um determinado tamanho, que eles apresentam propriedades diferentes da forma original pela qual os conhecemos. As propriedades irão variar de acordo com o tamanho crítico e a forma da partícula desse mesmo material. Além disso, para uma mesma propriedade, o tamanho crítico é diferente para diferentes materiais (ZARBIN, 2007).

Os nanomateriais, devido à sua composição, tamanho e enorme área superficial, possuem propriedades específicas de reatividade, solubilidade, e geralmente detêm propriedades magnéticas, mecânicas, ópticas e térmicas aprimoradas em comparação aos dos

materiais com a mesma composição físico-química em dimensões maiores. Essas modificações benéficas são as que permitem a aplicação dos nanomateriais em diferentes áreas como da química, física, biológica, de alimentos e da informática (CONDOMITTI et al., 2020; LOURO; BORGES; SILVA, 2013).

De acordo com Tonet e Leonel (2019) com a alteração das características provenientes do nanomaterial, este possui um potencial de inovação para aplicações e, conseqüentemente, origina discussões e pesquisas também sobre seus impactos negativos na segurança dos seres humanos e ambientais. Ressaltando que os impactos negativos podem estar associados em qualquer etapa do ciclo de vida do material desde sua síntese, incorporação ao produto comercial ou, mais comumente, provenientes dos resíduos gerados pelos mesmos ao serem descartados de forma incorreta, considerando que quanto menor o tamanho dessas partículas, maior será a área de superfície, maior a atividade biológica e maior a toxicidade (HUPFFER; LAZZARETTI, 2019; MENDONÇA FILHO; FUMAGALI; OLIVEIRA, 2017). A preocupação com os resíduos gerados e seu acúmulo surge juntamente com a crescente demanda por nanomateriais, e reflete na importância de aplicar os princípios da Química Verde aos métodos de síntese química, de forma a evitar o acúmulo desses resíduos que são tóxicos e perigosos ao meio ambiente (BARROS, 2019).

É possível o descarte adequado dos nanoresíduos ao serem classificados como resíduo sólido perigoso, como enquadrado na Política Nacional de Resíduos Sólidos e assim reduzir seu impacto ambiental (MENDONÇA FILHO; FUMAGALI; OLIVEIRA, 2017). Portanto, ainda seria necessário legislações e órgãos responsáveis pela nanotecnologia e seus derivados que visassem o controle e redução dos impactos negativos, porém, no Brasil a única legislação vigente é a Portaria nº 245 do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) de 2012, que institui o Sistema Nacional de Laboratórios em Nanotecnologias - SisNANO, como parte do Programa Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação associado ao Plano Brasil Maior de 2011 (HUPFFER; LAZZARETTI, 2019; BRASIL, 2012).

De acordo com Hupffer e Lazzaretti (2019), no Brasil a discussão em torno da regulamentação da nanotecnologia é pequena e a prioridade do país é arrecadar fundos de investimento para o desenvolvimento da pesquisa e da indústria técnica na área, pois se observa uma grande dificuldade em regulamentar um mercado promissor, e o governo acabar impondo restrições legislativas que impeçam o Brasil de ganhar espaço no mercado nanotecnológico.

Apesar de ser uma área ainda em desenvolvimento, o potencial de inovação é um indicativo da importância em estabelecer-se estratégias e focar nas necessidades atuais para beneficiar-se dos pontos positivos que a nova tecnologia fornece ao mercado. Segundo Barbosa (2017), as principais áreas em avanço são a nanobiotecnologia, nanoenergia e nanomateriais, destacando-se os nanotubos e as nanopartículas em que o óxido de grafeno está incluso.

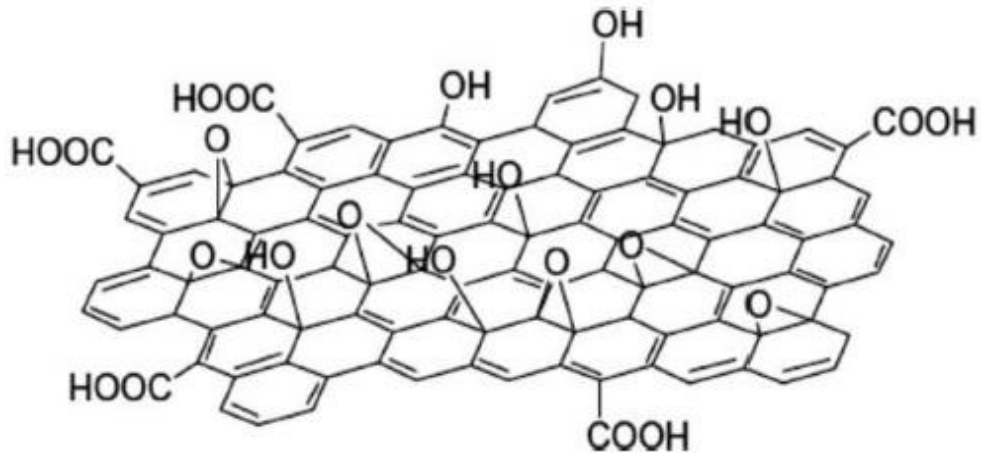
### 3.3.1. Óxido de grafeno

A descoberta do grafeno é recente e ocorreu em 2004, por meio dos professores Andre Geim e Konstantin Novoselov, da Universidade de Manchester na Inglaterra e o novo material obtido a partir da esfoliação do grafite os proporcionou o prêmio Nobel de física em 2010 (CAMARGOS; SEMMER; SILVA, 2017; PAVOSKI et al., 2017).

O grafeno é considerado uma das formas alotrópicas do carbono, em que a ligação dos carbonos ocorre com combinação dos orbitais s e p, formando carbonos hibridizados  $sp^2$ , e por meio dessas ligações é formada uma estrutura hexagonal que possibilita um material de folha plana e espessura monoatômica de carbono (CAMARGOS; SEMMER; SILVA, 2017).

O óxido de grafeno apresenta estruturas derivadas do grafeno que se assemelham por conter os átomos de carbono empacotados, porém, ele é caracterizado pelo processo de oxidação, no qual ocorre o rompimento da estrutura eletrônica deslocalizada do grafite e diversas ligações  $\pi$  reagem para incorporar grupos funcionais como carbonilas (C=O), carboxilas (COOH), epóxidos (C–O–C) e hidroxilas (C–OH) ao plano basal e regiões periféricas (bordas e poros) das folhas, como apresentado na Figura 26 (p. 33), isso torna o óxido de grafeno rico em carbonos  $sp^3$  (ALMEIDA et al., 2019; CORDEIRO, 2018; POERSCH, 2017). A inserção dos grupos funcionais, em suma, irá romper as interações de van der Waals existentes e manter as lamelas do grafite aglomeradas com estruturas geralmente de geometria tridimensional, com bordas hidrofílicas e regiões centrais menos funcionalizadas de natureza hidrofóbica (XAVIER, 2019).

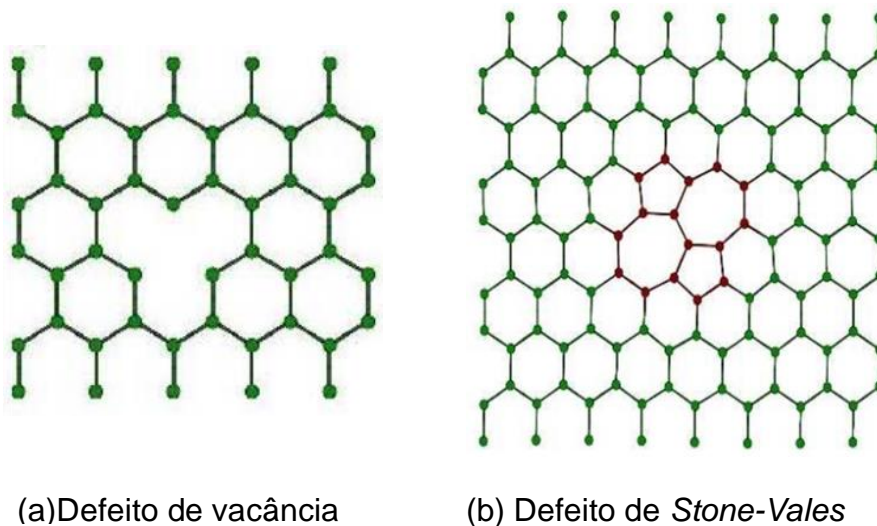
Figura 26 - Estrutura do óxido de grafeno com exemplos de grupos funcionais ligados



Fonte: Camargos, Semmer e Silva (2017).

De acordo com Cordeiro (2018), a estrutura final do óxido de grafeno depende de qual rota sintética será seguida e do grau de oxidação realizado no material. Sendo que, durante as sínteses, a ação dos oxidantes pode originar defeitos na estrutura da rede hexagonal (CAMARGOS; SEMMER; SILVA, 2017). Podem ocorrer, por exemplo, dois defeitos estruturais simples como os de vacância (Figura 27 (a)), e dois heptágonos ao girar uma das ligações entre carbonos em  $90^\circ$ , o que ocorre devido à falta de átomos de carbono no grafeno gerando hibridações  $sp^2$  e o defeito de Stone-Wales (Figura 27 (b)), em que quatro hexágonos da estrutura são modificados em dois pentágonos impacta na formação de hibridizações do tipo  $sp$  (ZAMINPAYMA; RAZAVI; NAYEBI, 2017; CORDEIRO, 2018).

Figura 27 - Defeitos estruturais observados no óxido de grafeno



(a) Defeito de vacância

(b) Defeito de *Stone-Wales*

Fonte: Adaptado de Araújo (2007).

O processo de inserção dos grupos funcionais oxigenados ao material, além de ser responsável pela alteração da hibridação dos átomos de carbono oxidados, de  $sp^2$  (geometria plana) para  $sp^3$  (geometria tetraédrica), é capaz de reduzir as interações entre as camadas de grafeno, que resultam no aumento da distância de 6 a 12 Å entre as camadas (PAVOSKI et al., 2017; POERSCH, 2017). Apesar do óxido de grafeno apresentar propriedades térmicas, ópticas e mecânicas semelhantes ao grafeno, a presença dos grupos funcionais é o que proporciona as características próprias dos óxidos de grafeno, são elas: maior interação com outros materiais, hidrofília, estabilidade em meio aquoso e, baixa condutividade causada pela quebra da aromaticidade (ALMEIDA et al., 2019; CAMARGOS; SEMMER; SILVA, 2017).

A luminescência do óxido de grafeno, por exemplo, é resultante da recombinação dos pares de elétrons nos sítios  $sp^2$ , de forma a se comportar como centro de luminescência. Os espectros de luminescência são bem amplos e compreendem desde a faixa ultravioleta (UV) até o infravermelho próximo (NIR), sendo consequência da protonação dos estados excitados dos grupos -COOH e dos grupos -OH (polares). Ademais, sua fluorescência é variável de acordo com o comprimento de onda de excitação aplicado sobre ele (LOPES, 2020).

Assim como o grafeno, o óxido de grafeno pode ser aplicado na catálise, sensores e biossensores, área de energia, eletrônica e em especial na área ambiental. Já o óxido de grafeno possui aplicações como adsorventes no tratamento de efluentes contaminados com contaminantes emergentes e ainda possui a vantagem de aplicabilidade em concentrações muito baixas, facilidade de operação do adsorvente e apresenta baixo custo (ALMEIDA et al., 2019; AVILA et al., 2017; OLIVEIRA; POLETTO; SEVERO, 2018).

Essa gama de aplicações ainda podem ser ampliadas por meio da técnica de funcionalização do óxido de grafeno, devido os defeitos gerados durante a síntese e os grupos funcionais presentes na superfície do material fornecem ainda locais ativos para a inserção de outros grupos funcionais, de modo a modificar suas características convencionais como condutividade elétrica, resistência mecânica, e incluir propriedades eletrônicas que permitem atingir e explorar o potencial do material (MAGNE et al., 2021; SOUZA, 2020).

A variabilidade de uso do óxido de grafeno gera preocupação sobre seus resíduos, assim como os nanomateriais de forma geral. Em vista disso, além de seguir a Política Nacional de Resíduos Sólidos, é necessária uma avaliação específica de seu risco ambiental e toxicidade, pois, seus efeitos para o meio ambiente ainda são pouco elucidados. Castro et al. (2017), explana

sobre a interação do óxido de grafeno com microrganismos aquáticos, e a tendência do óxido de grafeno de agregar-se em suspensões aquosas reduzindo a sua disponibilidade para interação com os organismos. Porém, caso esse ambiente aquático tenha matéria orgânica, essa irá interferir na estabilidade do óxido de grafeno, em que a estabilidade será elevada devido a repulsão estereoquímica, e logo, irá torná-lo mais suscetível para absorção dos organismos.

De acordo com as informações dispostas na Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico da (FISPQ) do *Safety Data Sheet* da Sigma-Aldrich® (2021a) (Anexo 1), o óxido de grafeno não é uma substância perigosa, porém, não possui informações sobre sua toxicidade. Verifica-se a necessidade do uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPI) para manuseio do produto para proteger os olhos, pele e as vias respiratórias.

A FISPQ também ressalta a necessidade de o reagente ficar em seu recipiente original, sendo que o óxido de grafeno é uma substância estável nas condições normais de temperatura e a embalagem deve ser incinerada numa instalação de incineração adequada que disponha de uma autorização fornecida pelas autoridades competentes. Os resíduos devem ser eliminados de acordo com os regulamentos nacionais e locais.

### 3.3.2. Rotas sintéticas do óxido de grafeno

O primeiro registro sobre a síntese do óxido de grafeno foi em 1859 com a experiência de Benjamin Brodie que obtinha o objetivo de medir a massa atômica do carbono, e durante esse experimento ele obteve o ácido grafítico a partir da mistura entre ácido nítrico, clorato de potássio e o grafite (CORDEIRO, 2018). Esse produto denominado ácido grafítico é uma mistura entre o grafeno e óxido de grafite, com uma composição de 60% C, 2% H e 38% O (THAKRAN; RAY; KUMAR, 2018).

De acordo com sua publicação *On the Atomic Weight of Graphite* (BRODIE, 1859) a síntese ocorre inicialmente com a mistura da proporção 1:3 de grafite e clorato de potássio e posteriormente ocorre a adição de ácido nítrico fumegante. Essa mistura é colocada em banho-maria e mantida por três ou quatro dias a uma temperatura de 60 °C, até que os vapores amarelos parem de ser observados. A substância obtida é lavada com água e passa pela operação de decantação, para que, após seco seja repetida aproximadamente quatro vezes o mesmo processo com a proporção de ácido nítrico e de clorato de potássio até não se observar mais alteração na substância. Por fim, a substância é seca sob vácuo e depois a 1000 °C.

Brodie (1859) relata também algumas tentativas de aprimorar sua síntese e o produto, como colocar a substância com a mistura oxidante em frascos expostos ao sol para que a reação ocorra mais rapidamente sem aplicação de calor. Testar a decomposição do óxido de grafite com cloreto de sódio para obter uma substância pura e a fim de verificar em qual ponto da oxidação do experimento a composição do óxido de grafeno se tornava constante, ele realizou a etapa de oxidação com ácido nítrico e clorato de potássio diversas vezes. Os resultados apresentados na Figura 28, representam os ensaios 1 e 2 realizados com quatro tratamentos, os experimentos 3 e 4 com cinco oxidações seguidas; o experimento 5 com seis tratamentos e os ensaios 7 e 8 preparados com sete oxidações seguidas. O ensaio de número 8 representa a alteração de temperatura durante a secagem, pois, enquanto os outros tratamentos foram secos a 1000 °C, essa amostra foi seca à vácuo, e por fim o ensaio 9, variou a origem do grafite utilizado na síntese, em que o grafite anteriormente utilizado nos outros experimentos provenientes de “Ceylon” foi trocado por um grafite amorfo de “Cumberland”.

Figura 28 - Composição do óxido de grafeno obtida em cada ensaio do experimento realizado por Brodie

Ensaio	Composto obtido	Ácido carbônico formado	Água formada
1.	0·23375	0·52025	0·02925
2.	0·233	0·51875	0·03775
3.	0·24475	0·545	0·04175
4.	0·27275	0·609	0·0465
5.	0·209	0·46	0·036
6.	0·25275	0·5635	0·042
7.	0·23825	0·5325	0·04025
8.	0·2555	0·56875	0·0435
9.	0·216	0·48	0·0355

Composição em porcentagem correspondente de cada ensaio:

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
Carbono	60·70	60·74	60·73	60·88	60·47	60·80	60·94	60·71	60·69
Hidrogênio	1·37	1·80	1·89	1·88	1·91	1·80	1·87	1·89	1·75
Oxigênio	37·93	37·46	37·38	37·24	37·62	37·49	37·19	37·40	37·56
	<u>100·00</u>	<u>100·00</u>	<u>100·00</u>	<u>100·00</u>	<u>100·00</u>	<u>100·00</u>	<u>100·00</u>	<u>100·00</u>	<u>100·00</u>

Fonte: Adaptada de Brodie (1859).

Com esse experimento de seqüências de oxidação, Brodie observou que a composição se tornou constante a partir do quarto tratamento e sem grandes alterações com as outras variáveis. Essas propostas de variações de reagentes, temperaturas e repetições de etapas de

oxidação, geraram para Brodie a hipótese de que realmente ocorreu a formação de um novo composto. Tal hipótese afirma: “Nesta visão, seria possível formar a nova substância pela eliminação de água, ácido carbônico e óxido de carbono do corpo original, de acordo com a equação:  $7(C_{11}H_4O_5) = 3(C_{22}H_2O_4) + 6H_2O + 6CO + 5CO$ ” (BRODIE, 1859, p.256).

Após as descobertas de Brodie, Staudenmaier em 1898 aprimorou esse processo aplicando gradualmente quantidades de clorato de potássio na reação para evitar subprodutos explosivos e o efeito exotérmico excessivo, além disso, o cientista substituiu uma parte do reagente ácido nítrico por ácido sulfúrico concentrado, o que proporcionou um óxido de grafite com maior grau de oxidação (KUMAR et al., 2021; CORDEIRO, 2018; SCHEDY; QUARTHAL; OETKEN, 2018).

Kumar et al. (2021) e Silva (2017) compararam a síntese de Brodie com Staudenmaier, e relataram que a síntese do óxido de grafite obtido pelo método de Staudenmaier reduziu o tempo de síntese de três a quatro dias para um a dois dias, porém, manteve a adição de clorato de potássio. Além disso, os dois métodos liberaram quantidades constantes ao longo dos dias de dióxido de cloro, de modo que, mostrou-se necessária à sua captura por um gás inerte com os devidos cuidados, considerando a sua alta toxicidade e tendência à decomposição no ar, podendo gerar explosões.

Na busca de uma síntese mais segura, em 1937, Hofmann e König propuseram alterações no método de Staudenmaier, mediante a substituição do ácido nítrico fumegante por uma versão concentrada de ácido nítrico. Essa substituição ocorreu, pois, em meio ácido ao utilizar o clorato de potássio, um oxidante forte, é produzido dióxigênio que é altamente reativo in situ e oxida o grafite (KUMARI et al., 2019). O óxido de grafite obtido possuía uma proporção baixa de oxigênio, sendo  $C/O > 2,5$ , porém, ainda persistia a problemática da emissão dos gases tóxicos (KUMAR et al., 2021).

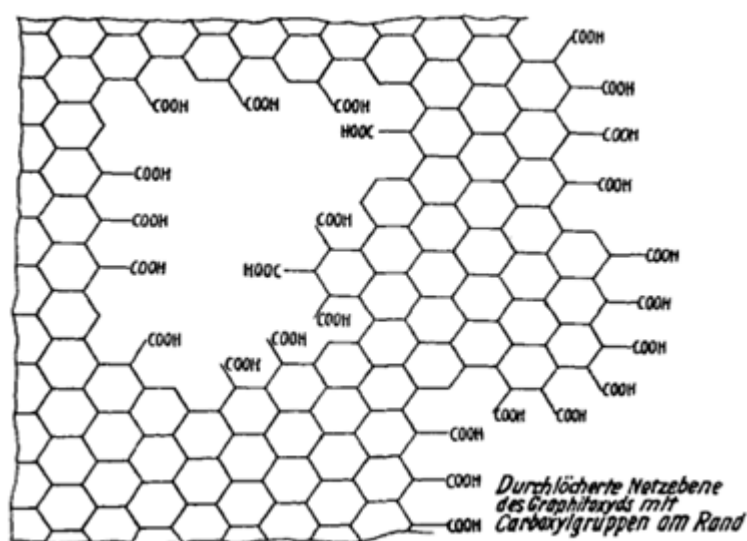
Hofmann e König (1937) descrevem a síntese com, inicialmente, o uso de 10 g de grafite, 175 mL de ácido sulfúrico concentrado e 90 mL de ácido nítrico concentrado. No decorrer de três dias adicionou-se 110 g de clorato de potássio e realizou-se o resfriamento da solução com a introdução do dióxido de carbono para evitar explosões. Lavou-se, então, o produto obtido por oito vezes com 12 L de água destilada cada e posteriormente o decantou-se e o centrifugou-se. A centrifugação procedeu-se por quatro vezes, com a utilização de três litros



de água destilada, durante 3 horas. Por fim, a mistura foi seca a 50 °C e o sólido obtido foi reduzido em gral de ágata até um tamanho granulométrico de 0,3 mm.

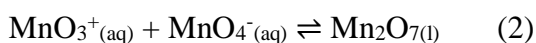
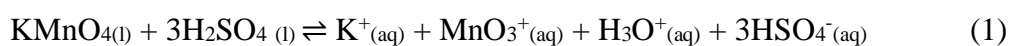
Após a síntese, Hofmann e König (1937) realizaram a caracterização do óxido de grafite por meio de análises por raios X, microscopia de imagem e degradação térmica, concluindo sobre a estrutura do óxido de grafeno, como apresentado na Figura 29. Nessas análises observou-se a vacância característica decorrente da oxidação completa dos átomos de carbono. Ademais, os autores destacam como características do óxido de grafeno ser higroscópico, ácido e possuir um potencial eletroquímico.

Figura 29 - Representação esquemática de Hofmann e König da ligação dos grupos carboxila nas camadas do óxido de grafite



Fonte: Hofmann e König (1937).

Atualmente o método de Hummers e Offeman é o mais conhecido, sendo considerado um eficiente método de oxidação do grafite devido sua proposta de síntese aplicando o permanganato de potássio com oxidante. Em 1958 esses cientistas propuseram uma síntese utilizando-se apenas, a mistura do permanganato de potássio com ácido sulfúrico concentrado. Essa mistura utilizada na síntese, reação (1), desencadeia a reação de formação da espécie ativa que irá oxidar o grafite, o heptaóxido de dimanganês ( $Mn_2O_7$ ) (2) (KUMAR et al., 2021; CORDEIRO, 2018; SCHEDY; QUARTHAL; OETKEN, 2018; POERSCH, 2017).



Essa alteração no agente oxidante da reação, proporcionou um método mais seguro por não emitir gases tóxicos como o dióxido de cloro. Porém, são necessários cuidados como o controle da temperatura, pois, o heptaóxido de dimanganês tende a ser reativo e explosivo à temperatura de 55° C (KUMAR, et al., 2021; SCHEDY; QUARTHAL; OETKEN, 2018).

Com o objetivo de realizar a síntese em menos de duas horas e ter um controle rigoroso de temperatura, Hummers e Offeman (1958) propuseram o início da oxidação com a agitação de 100 g do pó de grafite com 50 g de nitrato de sódio e 2,3 L de ácido sulfúrico. Após resfriar essa mistura a 0 °C em banho de gelo, foi adicionado em agitação 300 g de permanganato de potássio, mantendo-se a temperatura máxima de 20 °C, sendo que posteriormente a temperatura foi elevada para  $35 \pm 3$  °C e mantida por 30 minutos.

Hummers e Offeman (1958) observaram que após diluição do produto em 14 L de água quente, obtinha-se uma suspensão de cor castanha, que após tratada com peróxido de hidrogênio 3%, para reduzir o permanganato residual e o dióxido de manganês a sulfato de manganês solúvel incolor, tornava-se da cor amarela brilhante.

A suspensão foi lavada três vezes com água morna e purificada por filtração e decantação para remover o sal denominado ácido melítico (ácido gráfitico ou ácido benzeno-hexacarboxílico) dissolvido (KUMAR, et al., 2021). Após a filtração, o autor afirma que as impurezas restantes foram removidas por tratamento com ânion resinoso e trocadores de cátions e por fim, mediante centrifugação seguida de desidratação a 40 °C. Como resultado obteve-se 188 g de óxido de grafeno contendo 23% de água e 2% de cinzas (HUMMERS E OFFEMAN, 1958).

Com o amplo uso do método Hummers e Offeman, ao longo dos anos, foram propostas diversas alterações na metodologia com a finalidade de reduzir a quantidade de reagente inicial, além de sugestões de substâncias oxidantes alternativas, tempo de oxidação e outras condições de temperatura. Essas alterações deram origem aos métodos de Hummers modificados (KUMAR et al., 2021; DIAS et al., 2020). Um exemplo da metodologia modificada é apresentado por Dias et al. (2020) no uso do grafite como precursor da síntese do óxido de grafeno. O uso do grafite é defendido nessa síntese, pois, apresenta vantagens tais como a síntese apresentar alto rendimento e baixo custo, além do Brasil ser o terceiro maior produtor mundial desse produto, o que facilita o acesso à matéria-prima.

A síntese de Dias et al. (2020) inicia-se com a homogeneização do pó de grafite ao passar em uma peneira de 100 mesh, de forma a garantir um pó com maior área superficial. Posteriormente, um grama desse pó é adicionado a um béquer com 60 mL de ácido sulfúrico em banho de gelo. Após, aproximadamente, 10 minutos, inicia-se uma vigorosa agitação magnética durante 15 minutos. Em seguida adiciona-se de forma lenta, 3,5 g de permanganato de potássio, à temperatura ambiente, mantêm-se a mistura sob agitação por 120 minutos. Após esse intervalo, ainda em agitação, foram adicionados 120 mL de água destilada e 3 mL de peróxido de hidrogênio 30%.

A mistura deve permanecer em repouso por 48h à temperatura ambiente e, posteriormente, realiza-se a filtração e a lavagem do sólido com água destilada. Com o objetivo de obter um material com menor acidez residual possível, utiliza-se a água de lavagem com valor de pH em torno de 7,0. O pó, após filtração, é colocado em contato com a água e submetido à agitação e à centrifugação por diversas vezes até atingir pH 7,0. O pó de óxido de grafeno (Figura 30) obtido pelos pesquisadores foi seco à temperatura ambiente. Esse pó foi caracterizado por meio de difração de raios-X, espectroscopia na região do infravermelho, espectroscopia Raman e por microscopia eletrônica de varredura e de transmissão.

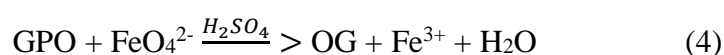
Figura 30 - Pó de óxido de grafite obtido por síntese de Hummers modificado



Fonte: Dias et al. (2020).

Com uma proposta totalmente diferente daquelas descritas anteriormente, Peng et al. (2015) apresenta uma alternativa para a síntese do óxido de grafeno de forma escalonável com o uso de um novo oxidante. A metodologia segue os preceitos da Química Verde, mostra-se segura, rápida e de baixo custo, devido o uso do oxidante ferrato de potássio ( $K_2FeO_4$ ) possibilitar uma reação rápida, cerca de uma hora, à temperatura ambiente, sem riscos de explosão e livre de gases tóxicos e poluentes pesados. Além disso, o ferrato de potássio é um oxidante ecológico, altamente eficiente com subprodutos inofensivos e disponível comercialmente a baixo custo.

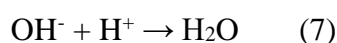
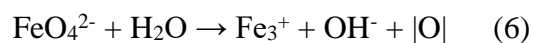
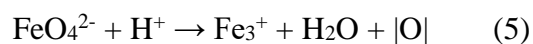
A síntese inicia-se com 60 g de ferrato de potássio e posteriormente a adição de 400 mL de ácido sulfúrico concentrado 93% à temperatura ambiente. Em seguida adiciona-se, à mistura, 10 g de grafite, mantendo-se o frasco aberto em repouso por uma hora. Após o repouso, a mistura é centrifugada, durante três minutos a 10.000 r.p.m, para a reciclagem do ácido sulfúrico. Por fim, o produto pastoso é lavado com um litro de água, repetidas vezes, até que o sobrenadante da solução atinja aproximadamente pH 7 que, em seguida, é filtrado. A reação obtida a partir desse processo, é descrita em duas etapas (PENG et al., 2015):



GPO: grafite parcialmente oxidado / OG: óxido de grafeno

O ácido sulfúrico pode ser reutilizado pelo menos 10 vezes sem alteração da qualidade do óxido de grafeno na síntese de uma hora. Além disso, o resíduo de lavagem que apresenta ácido sulfúrico complexado com ferrato de potássio e sulfato de ferro (III) ( $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ ) foi neutralizado com amônia e os produtos obtidos: sulfato de amônio ( $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ), sulfato de potássio ( $\text{K}_2\text{SO}_4$ ) e sulfato de ferro (III) ( $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ ), podem ser utilizados na agricultura como fertilizantes (PENG et al., 2015).

O processo caracterizado por Peng et al. (2015) como, altamente oxidante, também se deve a reação apresentada abaixo entre o íon ferrato (VI) e o íon  $\text{H}^+$  ou a água e visa produzir oxigênio atômico [O], que é um oxidante eficiente.

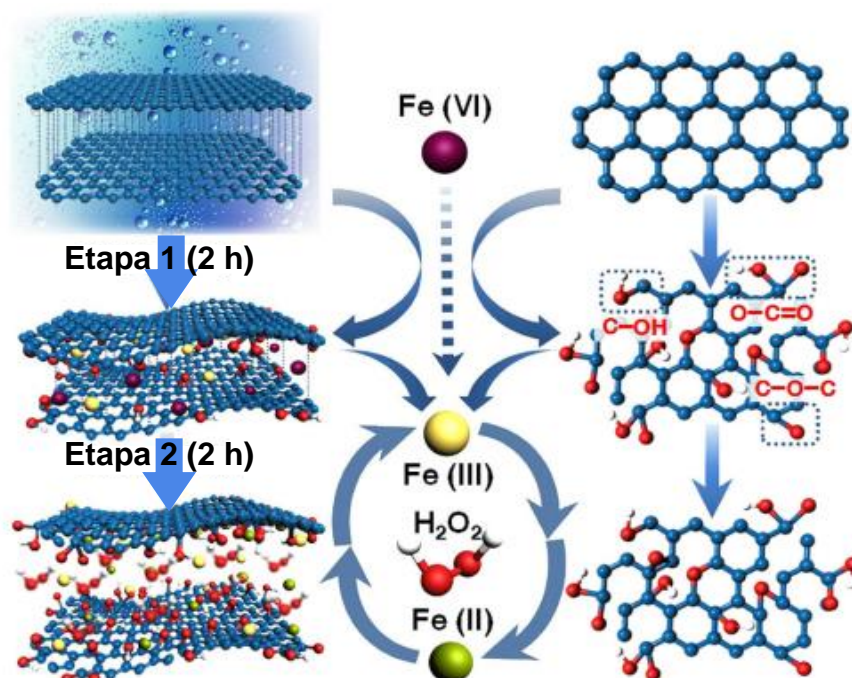


OG: óxido de grafeno

Devido a proposta de Peng et al. (2015) ser inovadora, outros trabalhos buscaram modificar o método de Hummer e Offeman com o uso do oxidante ferrato de potássio. Yu, Wang, Chen (2016) também propuseram um método simples e verde com um rendimento de 65%, considerado superior ao de Hummers e Offeman, com 40% apenas.

A síntese do óxido de grafeno inicia-se em um recipiente com adição de 1 g de flocos de grafite, 54 mL de água deionizada e oito gramas de ferrato de potássio. Em seguida, esse recipiente é imerso por duas horas em um banho termostático de óleo a 50° C com agitação de 250 rpm. Após o resfriamento do sistema à temperatura ambiente, adiciona-se 100 mL de peróxido de hidrogênio, e passa-se essa mistura pelo processo de sonicação (400W) com pH 3 durante duas horas. Na Figura 31, observa-se a seqüência desses procedimentos divididos em duas etapas. A primeira etapa consiste na oxidação parcial do grafite com o íon Fe (VI), em que átomos de oxigênio começam a penetrar entre as camadas de grafeno e criar espaço, reorganizando a estrutura de carbono. Já a segunda etapa ocorre durante a sonicação, que auxilia por meio do processo de cavitação acústica a reação entre o peróxido de hidrogênio e o Fe (III) para finalizar a oxidação do grafite. A reação entre o ferro e o peróxido permite a geração de radicais ( $\cdot\text{OH}$  e  $\cdot\text{OH}_2$ ), e concomitante a formação de um ciclo entre Fe (III) e Fe (II) (YU; WANG; CHEN, 2016).

Figura 31 - Etapas de oxidação do método de Yu, Wang, Chen (2016)



Fonte: Adaptada de Yu, Wang, Chen (2016).

O tratamento do óxido de grafeno foi realizado três vezes, por meio da centrifugação por 20 minutos com ácido clorídrico 30% e etanol. A retirada do sobrenadante foi realizada por meio de decantação. Por fim, a mistura obtida é lavada com água e seca em funil sob fluxo contínuo de ar. O óxido de grafeno obtido foi caracterizado mediante microscopia eletrônica de

transmissão e de varredura, microscopia de força atômica, espectroscopia de infravermelho, espectroscopia de fotoelétrons de raios-X e espectroscopia Raman. Essas análises permitiram verificar que a combinação entre o oxidante ferrato de potássio e água levam a descompactação parcial das camadas e oxidação do grafite, com a criação de grupos carbonilas (C=O) e ligações simples com oxigênio (C-O) (YU; WANG; CHEN, 2016).

As sínteses tradicionais apresentadas até a metodologia de Hummers modificado, ainda apresentam elevado custo de produção, apesar do Brasil ser grande produtor da matéria-prima grafite. O custo alto deve-se, não só da necessidade de equipamentos de alta tecnologia na produção em larga escala e caracterização, mas também pelo baixo rendimento dos métodos utilizados. Esse fator de baixo rendimento torna-se um grande obstáculo para laboratórios e indústrias que pretendem desenvolver e estudar o óxido de grafeno e suas propriedades, o que consequentemente restringem a produção do material em laboratórios especializados em nanotecnologia (CHAGAS, 2021).

Além dos fatores citados acima, o valor do óxido de grafeno é influenciado pela concentração de carbono, pois seu valor é proporcional à concentração de carbono presente. E, também, pela quantidade de camadas, em que quanto menor o número de camadas, maior será o valor do óxido de grafeno (CHAGAS, 2021).

O custo atual de um grama de pó de óxido de grafeno de 15 a 20 folhas contendo de 4-10% de oxidação nas bordas, é de R\$ 673,00 (SIGMA-ALDRICH®, 2021a). Contudo, Chagas (2021) ressalta que o investimento na produção do óxido de grafeno é rentável, pois, o material possui alto valor agregado devido às suas características associadas e a sua crescente aplicação em diversos segmentos, fazendo com que a produção se torne viável.

Com base nas metodologias de síntese de óxido de grafeno descritas, pode-se construir uma tabela comparativa entre esses métodos de forma a compilar suas principais características. Na Tabela 3 (p. 43), observa-se a busca pela redução no tempo das sínteses, assim como as alterações nos reagentes para se ter um maior grau de oxidação e maximizar o rendimento. Os métodos de Brodie, Staudenmaier, Hofmann e König são metodologias que apresentam maior risco, devido à emissão de gases tóxicos como dióxido de cloro. Logo, o método de Hummers e Offeman tornou-se o mais adequado, por apresentar menor tempo de reação, maior grau de oxidação com o uso do permanganato de potássio e por liberar gases com menor toxicidade, quando comparado com as metodologias anteriores.

Tabela 3 - Comparação entre métodos de síntese do óxido de grafeno

Método	Ano de descoberta	Reagentes para síntese com grafite	Tempo de reação	Temperatura	Apresenta alta toxicidade
Brodie	1859	KClO <sub>3</sub> , HNO <sub>3</sub> (fumeante)	3-4 dias	60 °C	sim
Staudenmaier	1898	KClO <sub>3</sub> , HNO <sub>3</sub> (fumeante) + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1-2 dias	60 °C	sim
Hofmann e König	1937	KClO <sub>3</sub> , HNO <sub>3</sub> (concentrado) + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	3 dias	-	sim
Hummers e Offeman	1958	KMnO <sub>4</sub> , NaNO <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	2 horas	35 °C	não
Peng et al.	2015	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , K <sub>2</sub> FeO <sub>4</sub>	1 hora	Temperatura ambiente	não
Yu, Wang e Chen	2016	H <sub>2</sub> O, K <sub>2</sub> FeO <sub>4</sub> , H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	4 horas	50° C	não
Dias et al.	2020	KMnO <sub>4</sub> , H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	2 horas	Temperatura ambiente	não

Contudo, com o avanço dos estudos na área, pode-se verificar diversas propostas de alterações nos métodos, principalmente de Hummers e Offeman. A síntese de Dias et al. (2020) é um exemplo que apresenta mais cuidados com a homogeneização da matéria-prima, controle de temperatura e produtos da reação, porém, ao retirar o nitrato de sódio os autores aumentaram a quantidade de ácido sulfúrico e permanganato de potássio na reação. Tornando esse método a síntese com a maior quantidade de ácido sulfúrico por grama de grafite utilizado.

Já a metodologia inovadora apresentada por Peng et al. (2015) destaca-se por apresentar diversas vantagens pela proposta de síntese utilizando o oxidante ferrato de potássio, como uma síntese mais rápida, verde e menor custo. Porém, alguns pontos não foram apresentados durante a discussão e deixam questionamentos sobre o rendimento e eficiência quando comparada ao método, tão difundido, de Hummers modificado. Outros fatores a serem considerados, é a aquisição do ferrato de potássio no Brasil, não ser tão fácil quanto do oxidante permanganato de potássio, sendo necessária sua importação, além das questões de segurança laboratorial ao se realizar o processo de centrifugação do ácido sulfúrico concentrado.

Comparando-se a toxicidade dos reagentes oxidantes utilizados nas sínteses, o ferrato de potássio não apresenta muitas informações, o que se torna uma desvantagem para a síntese, que ao contrário do permanganato de potássio, que é um oxidante mais comum, muito aplicado em diversas áreas e apresenta uma ficha de informações mais completa. O *Safety Data Sheet* do ferrato de potássio (Anexo 1), informa sobre a formação de produtos perigosos ao se decompor durante incêndios, sendo também um comburente (SIGMA-ALDRICH®, 2021b). Já o *Safety Data Sheet* do permanganato de potássio (Anexo 1), dispõe de informações que o caracterizam como comburente e nocivo se ingerido. Além dos efeitos de queimaduras ao contato com pele e olhos e seu contato prolongado poder provocar danos aos órgãos como cérebro. O permanganato de potássio é um reagente muito tóxico para os organismos aquáticos (SIGMA-ALDRICH®, 2021c).

Outra das desvantagens encontradas para o ferrato de potássio pode ser a necessidade de importação do oxidante, que foi encontrado no valor aproximado de R\$ 541,00 o quilograma (XABC BIOTEC CO. LTD, 2021), sendo esse valor superior ao encontrado para o permanganato de potássio no valor aproximado de R\$ 182,00 o quilograma (NEON COMERCIAL, 2021). Porém, o ferrato de potássio pode ser produzido em laboratório ou escala industrial com atenção aos equipamentos e manuseio rigoroso, o que pode ser um facilitador para o processo de síntese do óxido de grafeno (OLIVEIRA, 2019).

Pode-se, também, destacar algumas características do ferrato de potássio como alta solubilidade em água, e na presença do íon ferrato (VI) nesse meio, atua como um oxidante da água produzindo radicais peróxidos, íons hidróxidos e elétrons hidratados que são fortes oxidantes. Quando o ferrato de potássio está em solução ácida sua instabilidade é maior, assim como a possibilidade da decomposição deste produto que pode ser visualizada pela mudança de coloração da solução. Inicialmente a solução é roxa assim como a de permanganato de potássio diluído, à medida que decompõe apresenta uma cor ferrugem e, ao final, a solução torna-se incolor com um precipitado avermelhado ao fundo (OLIVEIRA, 2019).

O outro método baseado no ferrato de potássio, o método de Yu, Wang, Chen (2016), é a versão mais verde entre as sínteses apresentadas por utilizar solventes verdes como água e etanol, além dos produtos de reação como o peróxido de hidrogênio não serem tóxicos. O peróxido de hidrogênio possui alto desempenho como oxidante, pois, a sua decomposição produz radicais hidroxila que possuem alta reatividade. Outro fator a ser considerado é viabilidade econômica do uso do reagente, pois, a decomposição do peróxido de hidrogênio em



água e oxigênio acarreta o aumento do consumo de peróxido de hidrogênio para que a reação ocorra completamente (MAZZA, 2019). Outra vantagem apresentada na metodologia de Yu, Wang, Chen (2016), é que ao retirar o ácido sulfúrico aplicado nas outras metodologias, o procedimento torna-se mais limpo, seguro e acessível (ARAÚJO, 2018).

As rotas de síntese para a produção de óxido de grafeno são a base para a aplicação do óxido de grafeno, porém, ainda existem possibilidades que ampliam suas aplicações por meio de modificações estruturais do material. Um exemplo é a magnetização do óxido de grafeno, que pode ser realizada mediante a metodologia de Rhoden et al. (2017), que se mostrou eficiente, de baixo custo e com menor tempo de reação quando comparada a outros processos. A síntese inicia-se com um balão de 1000 mL com 500 mL de água MilliQ® previamente desoxigenada. Em seguida adiciona-se à água 0,2 g de óxido de grafeno, 2 g de cloreto de ferro (II) e 9 mL de hidróxido de amônio (pH 9). Então, submete-se essa mistura a sonicação por 120 minutos. Por fim, para a lavagem do material com metanol e acetona sem perda de massa, o composto foi retido no fundo do recipiente com um ímã. Após a secagem do material na estufa a 80°C durante 20 minutos para evaporação dos solventes remanescentes, obteve-se aproximadamente 0,8 g do óxido de grafeno magnético (OG.Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>). Para comprovar que o composto obtido era o óxido de grafeno magnético, realizou-se análises de espectrometria de infravermelho, nas quais observou-se a presença do grupo hidroxila e óxido de ferro (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) e por meio de testes com ímãs, pode-se demonstrar a propriedade magnética.

### 3.3.3. *Métodos de caracterização do óxido de grafeno*

A caracterização torna-se uma etapa essencial na verificação das características esperadas para o óxido de grafeno. Convém observar quais características foram alcançadas, visualizar sua estrutura, composição e propriedades do óxido de grafeno ao final do processo de síntese. Dessa forma também será possível determinar qual a melhor aplicação do composto sintetizado.

De acordo com a literatura os métodos mais mencionados para caracterização qualitativa podem ser o uso da técnica de espectroscopia na região do infravermelho para identificar os grupos funcionais, a técnica de espectroscopia Raman e microscopia eletrônica de varredura com emissão de campo (MEV-FEG) para visualizar a estrutura e morfologia do composto, além de analisar a espessura por microscopia de força atômica (AFM) (CORDEIRO, 2018; AVILA, 2017). Caso a funcionalização do óxido de grafeno seja realizada, é possível

localizar os grupos da funcionalização também pelas técnicas de microscopia (IONIŃã et al., 2017).

Em análises mais aprofundadas determinou-se o percentual de carbono e hidrogênio por análise elementar, e a caracterização eletroquímica por voltametria cíclica e espectroscopia de impedância eletroquímica. Para obter-se a distância entre as camadas do óxido de grafeno realizou-se análise por difração de raios-X (DRX) e por fim, também foi apresentada a técnica de termogravimetria (TGA) para avaliar o processo de oxidação (SILVA, 2017; PAVOSKI et al., 2017).

A partir das características definidas na literatura do óxido de grafeno, se ocorrer a identificação instrumental de propriedades estruturais lamelares, com grupos funcionais oxigenados e homogeneidade em tamanho e forma para o pó do óxido de grafeno, o produto poderá se tornar promissor para aplicação na área forense. Ele iria atender as características desejadas de maior aderência aos resquícios da impressão papilar devido seu formato, grande área superficial, menor toxicidade e a presença dos grupos funcionais, que poderiam favorecer a ocorrência efetiva de interações de Van der Waals e ligações de hidrogênio como ocorre nos pós convencionais. Dessa forma essas propriedades poderiam proporcionar maior nitidez da revelação.

Além disso, caso o óxido de grafeno apresentasse os defeitos estruturais de vacância e de Stone-Wales, a presença desses defeitos pode proporcionar sítios ativos para oxidação do carbono completa de forma a inserir mais grupos funcionais, além de facilitar a inserção de novas funções. A modificação do óxido de grafeno como discutida na síntese de óxido de grafeno magnético, abre o campo de possibilidades de modificação do óxido de grafeno para também atuar como um pó preto magnético e substituir o convencional desta classe.

As características do óxido de grafeno são provenientes do tipo de rota sintética utilizada, e de acordo com as comparações, a rota adequada poderá proporcionar uma síntese escalável que atenda a demanda forense de forma sustentável e verde. Com a observação aos cuidados de aplicação, assim como os pós convencionais para uso dos EPI's e forma correta de aplicar sobre o fragmento para não o danificar.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os métodos de revelação papiloscópica apresentados, são essenciais para a continuidade das perícias de identificação de forma eficaz e com qualidade. Porém, além das suas vantagens de uso, eles apresentam diversas limitações de custo, toxicidade, nitidez e restrições de aplicação que afetam a rotina pericial. O uso dos pós reveladores que constituem uma das metodologias mais aplicadas com variedade de tipos e cores, são exemplos claros de substâncias que apresentam essas características de amplo uso com desvantagens de toxicidade, alto custo e heterogeneidade das partículas que dificultam a visualização dos pontos característicos das impressões digitais. Dessa forma, esse trabalho de revisão apresentou o uso de substâncias alternativas para sua substituição, tais como as chalconas, condimentos naturais e, principalmente, os nanomateriais.

O óxido de grafeno, um tipo de nanomaterial à base de carbono, se mostrou uma alternativa viável, devido ao seu tamanho crítico, com alta superfície de contato e grupos funcionais oxigenados que permitem maiores interações com a composição das impressões digitais, e logo poderá conferir maior nitidez de revelação. Além disso, existe a possibilidade de alteração do material para modificar suas características como torná-lo um pó magnético para atender mais demandas de aplicação.

Uma desvantagem do uso do óxido de grafeno seria o custo de produção por ser uma tecnologia nova e pouca difundida. Porém, a análise das rotas sintéticas para atingir uma produção mais acessível e escalável, é possível. Dentre as rotas avaliadas, a síntese apresentada por Yu, Wang, Chen (2016), é a alternativa mais interessante para futuros testes, pois apresenta-se como rota verde com os solventes utilizados, de alto rendimento comparada as outras rotas e de baixo custo. As características da rota são provenientes principalmente ao uso do oxidante ferrato de potássio que, nas condições apresentadas, o torna um oxidante muito eficaz para a esfoliação do grafite.

Apesar da rota apresentada ter diferentes vantagens, é possível propor uma otimização multivariada da rota sintética com a finalidade de se obter melhor rendimento da síntese, empregando menor tempo e menores quantidades de reagentes. Nesse caso, o planejamento fatorial poderia ser aplicado para avaliar o efeito dos fatores tempo de cada etapa, quantidade de grafite, quantidades de solvente e quantidades de reagentes sobre o rendimento da reação ou sobre a razão carbono/oxigênio, possíveis respostas a serem monitoradas. Por último, a

metodologia das superfícies de respostas seria aplicada para identificar a condição ótima para a síntese, sempre visando redução de tempo, de consumo de reagentes e de geração de resíduos.

Ainda que teoricamente a proposta de aplicação do óxido de grafeno como revelador apresente-se viável, uma futura avaliação experimental torna-se necessária para que se realize a síntese do óxido de grafeno pela rota escolhida e otimizada, e teste o pó obtido em diferentes superfícies para a revelação de impressões papilares latentes. Ademais, deve-se realizar a comparação da nitidez e eficiência das revelações proporcionada pelos pós convencionais e pelo óxido de grafeno, seja ele puro ou modificado.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR FILHO, A. M. (org.). **Peritos em Papiloscopia e Identificação Humana**: volume II. Goiânia: Editora Espaço Acadêmico, 2019. 186 p.

ALEM, L. **Padronização de metodologia para a identificação de perfil genético de impressões papilares impregnadas com reveladores químicos empregados na Perícia Criminal Militar**. 2019. 90 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Médicas, Centro Biomédico, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

ALMEIDA, A. F.; SANTOS, G. S. F.; STAUDT, J.; BARICATTI, R. A. Síntese e caracterização de óxido de grafeno pelo método de oxidação química do grafite visando suas aplicações em adsorção de resíduos. In: CONGRESSO SUL AMERICANO DE RESÍDUOS SÓLIDOS E SUSTENTABILIDADE, 2., 2019, Foz do Iguaçu. **Anais**. Paraná: Ibeas, 2019. p. 1-6. Disponível em: <http://www.ibeas.org.br/conresol/conresol2019/V-042.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2021.

ARAÚJO, C. M. B. **ESTUDO DA PRODU O E APLICA O DE ÓXIDOS DE GRAFITE E GRAFENO PARA REMO O DE CONTAMINANTES EM MEIO AQUOSO**. 2018. 130 f. Disserta o (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2018.

ARAÚJO, J. S. **Propriedades eletrônicas e estruturais de defeitos topológicos e fronteiras de grão em grafeno**. 2007. 61 f. Tese (Doutorado) - Curso de Física, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

ARAÚJO, M. E. C.; PASQUALI, L. **Histórico dos Processos de Identifica o**. Brasília: Instituto de Identifica o do Paraná. Cap. 1. p. 2-64. Disponível em: [http://www.institutodeidentificacao.pr.gov.br/arquivos/File/forum/historico\\_processos.pdf](http://www.institutodeidentificacao.pr.gov.br/arquivos/File/forum/historico_processos.pdf) Acesso em: 16 fev. 2021.

ASSIS, A. C. M. M. A. **Carateriza o química de impressões digitais humanas por FT-MS: aplica es forenses**. 2020. 257 f. Tese (Doutorado) - Curso de Química, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2020.

AVILA, E. S.; MELO, C. C. N.; SAMPAIO, T. P.; MACHADO, F. M. Síntese e caracteriza o de óxido de grafeno e óxido de grafeno reduzido. **Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade**, Pelotas, v. 3, n. 1, p. 19-24, abr. 2017.

BALSAN, J. D.; ROSA, B. N.; PEREIRA, C. M. P.; SANTOS, C. M. M. DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA DE REVELA O DE IMPRESSÃO DIGITAL LATENTE COM CHALCONAS. **Química Nova**, [S.L.], v. 42, n. 8, p. 845-850, ago. 2019.

BARBOSA, T. C. **Política de inova o em nanotecnologia no Brasil: Trajetórias e empresas beneficiadas**. 2017. 191 p. Disserta o (Mestrado) - Curso de Política Públicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2017. Disponível em: <https://www.acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/47282/R%20-%20D%20-%20TIAGO%20CLAUDINO%20BARBOSA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 21 mar. 2021.

BARROS, R. M. **Emprego de nanomateriais para análise multi-informacional de impressões digitais latentes**. 2019. 162 f. Tese (Doutorado) - Curso de Nanociência e Nanobiotecnologia, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília, Brasília, 2019.

BRASIL. Portaria nº 245, de 05 de abril de 2012. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Diário Oficial da União**: seção 1, n. 68, p. 5, Brasil, 09 abr. 2012.

BRODIE, B. C. On the Atomic Weight of Graphite. **Philosophical Transactions Of The Royal Society Of London**, Oxford, v. 149, p. 249-259, maio 1859.

CAMARGOS, J. S. F.; SEMMER, A. O.; SILVA, S. N. CARACTERÍSTICAS E APLICAÇÕES DO GRAFENO E DO ÓXIDO DE GRAFENO E AS PRINCIPAIS ROTAS PARA SÍNTESE. **The Journal Of Engineering And Exact Sciences**, Belo Horizonte, v. 3, n. 8, p. 1118-1130, 28 set. 2017.

CARVALHO, D. S.; CUNHA, W. F.; LOBO, B. J. M.; OLIVEIRA NETO, P. H. O Pó Revelador e o seu Processo de Adesão aos Resquícios Presentes nas Impressões Papilares Latentes. **Revista Brasileira de Ciências Policiais**, Brasília, v. 12, n. 4, p. 323-358, abr. 2021.

CASTRO, V. L.; CLEMENTE, Z.; JONSSON, C.; SILVA, M.; VALLIM, J. H.; MEDEIROS, A. M. Z.; MARTINEZ, D. S. T. AVALIAÇÃO DE RISCO AMBIENTAL ESTIMADO PELA EXPOSIÇÃO AO ÓXIDO DE GRAFENO. In: WORKSHOP DE NANOTECNOLOGIA APLICADA AO AGRONEGÓCIO, 4., 2017. **Anais**. São Carlos: Embrapa Instrumentação, 2017, p. 651 -654.

CHAMPOD, C.; LENNARD, C.; MARGOT, P.; STOILOVIC, M. **Fingerprints and Other Ridge Skin Impressions**. 1 ed. New York: CRC Press LLC, 2014. 183 p.

CHAGAS, D. C. VIABILIDADE TÉCNICO-ECONÔMICA DO ÓXIDO DE GRAFENO / TECHNICAL AND ECONOMIC FEASIBILITY OF GRAPHENE OXIDE. **Brazilian Journal Of Development**, [S.L.], v. 7, n. 1, p. 6777-6792, jan. 2021.

CONDOMITTI, U.; CAVALCANTE, E.; PACHECO, P.; SILVEIRA JUNIOR, A. T.; TOMA, H. E. Uso de Nanopartículas Superparamagnéticas na Revelação de impressões Dígito-Papilares Latentes. **Brazilian Journal Of Forensic Sciences, Medical Law And Bioethics**, [S.L.], v. 9, n. 3, p. 282-291, maio 2020.

CORDEIRO, G. L. **Síntese e processamento de óxido de grafeno reduzido: abordagens no desenvolvimento de eletrocatalisadores suportados para oxidação de etanol**. 2018. 123 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências na Área de Tecnologia Nuclear - Materiais, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. Autarquia Associada à Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

DIAS, G. C.; CELLER, T. S. P.; SANTOS, M. C.; CARVALHO, C. L.; MALMONGE, L. F. A. CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DE ÓXIDO DE GRAFENO PREPARADOS PELO MÉTODO DE HUMMERS MODIFICADO. **Revista Tecnológica**, São Paulo, v. 29, n. 1, p. 199-216, 16 jan. 2020.

FERRARI, M. G.; GALEANO, D. Polícia, antropometria e datiloscopia: história transnacional dos sistemas de identificação, do rio da prata ao Brasil. **História, Ciências, Saúde-Manguinhos**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 1, p. 171-194, dez. 2016.

FERREIRA, R. G.; PAULA, R. B. A.; OKUMA, A. A.; COSTA, L. M. Fingerprint Development Techniques: A Review. **Revista Virtual de Química**, Belo Horizonte, *no prelo*, p. 1-26, set. 2021.

FIGINI, A. R. L. Papiloscopia, Datiloscopia e Revelação de Impressões Digitais. In: VELHO, Jesus Antonio; GEISER, Gustavo Caminoto; ESPINDULA, Alberi (org.). **Ciências Forenses: uma introdução às principais áreas da criminalística moderna**. 3. ed. Campinas (SP): Millennium, 2017. p. 135-162.

FREITAS, R. B. **Sistemas de identificação humana no âmbito criminal**. 2013. 38 f. TCC (Graduação) - Curso de Especialização em Segurança Pública, Centro de Ciências Jurídicas, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2013.

GARCIA, M. **Química Forense: metodologias analíticas na investigação de crimes**. 2015. 82 f. TCC (Graduação) - Curso de Química, Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis, Assis, 2015.

GOMES, M. L. M. **Síntese e caracterização de óxido de grafeno e/ou grafeno pelo método de oxidação química da grafite visando suas aplicações como materiais nanoestruturados em capacitores eletroquímicos**. São Paulo: PIBIC/CNPq/INPE, 2015. 39 p.

GOMES, W. M. G. S. **Revelação de impressão digital latente em superfície metálica a partir da eletrodeposição de polímeros conjugados**. 2018. 116 f. Tese (Doutorado) - Curso de Química, Instituto de Química e Biotecnologia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2018.

GUERREIRO, I. L.; SAMPAIO, C. G. Papiloscopia forense e revelação de impressões digitais na cena de um crime: uma ferramenta para o ensino de química com enfoque CTS. **Research, Society And Development**, [S.I.], v. 7, n. 8, p. 1-16, jun. 2019.

HUMMERS, W. S.; OFFEMAN, R. E. Preparation of graphitic oxide. **Journal of the American Chemical Society**, [S.L.], v. 80, p. 1339, mar. 1958.

HOFMANN, U.; KÖNIG, E. Untersuchungen über Graphitoxyd. **Zeitschrift Für Anorganische Und Allgemeine Chemie**, [S.I.], v. 234, n. 4, p. 311-336, dez. 1937.

HUPFFER, H. M.; LAZZARETTI, L. L. NANOTECNOLOGIA E SUA REGULAMENTAÇÃO NO BRASIL. **Revista Gestão e Desenvolvimento**, Novo Hamburgo, v. 16, n. 3, p. 153-177, dez. 2019. Associação Pro-Ensino Superior em Novo Hamburgo.

IONIŃă, M.; VLăSCEANU, G. M.; WATZLAWEK, A. A.; VOICU, S. I.; BURNS, J. S.; IOVU, H. Graphene and functionalized graphene: extraordinary prospects for nanobiocomposite materials. **Composites Part B: Engineering**, [S.L.], v. 121, p. 34-57, jul. 2017.

KUMAR, N.; SALEHIYAN, R.; CHAUKE, V.; BOTLHOKO, O. J.; SETSHEDI, K.; SCRIBA, M.; MASUKUME, M.; RAY, S. S. Top-down synthesis of graphene: a comprehensive review. **Flatchem**, [S.L.], v. 27, 100224, p. 1-40, jan. 2021.

KUMARI, S.; YADAV, V.; SHARMA, P.; MAJUMDER, S. Revisiting the synthesis and applications of graphene oxide. **Journal Of The Indian Chemical Society**, Haryana, v. 96, p. 1461-1466, dez. 2019.

LIM, J. Y.; MUBARAKA, N. M.; ABDULLAH, E. C.; NIZAMUDDIN, S.; KHALID, M.; INAMUDDIN. Recent trends in the synthesis of graphene and graphene oxide based nanomaterials for removal of heavy metals — A review. **Journal Of Industrial And Engineering Chemistry**, [s. l.], v. 66, (2018), p. 29-44, out. 2018.

LOBO, B. J. M.; MACEDO, J. L. Revelação de Impressões Digitais em Suportes Celulósicos e Cédulas de Dinheiro: uma revisão. **Revista Brasileira de Ciências Policiais**, Brasília, v. 11, n. 2, p. 21-48, ago. 2020.

LOOS, M. R. **Nanociência e nanotecnologia**: compósitos termofixos reforçados com nanotubos de carbono. 1 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2014. 300p.

LOPES, L. T. **Propriedades fotoluminescentes de pontos quânticos de carbono sintetizados a partir de ácido cítrico e da técnica hidrotermal**. 2020. 62 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Física, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro, 2020.

LOURO, H.; BORGES, T.; SILVA, M. J. Nanomateriais manufaturados: novos desafios para a saúde pública. **Revista Portuguesa de Saúde Pública**, [S.L.], v. 31, n. 2, p. 188-200, jul. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rpsp.2012.12.004>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0870902512000399#bib0020>. Acesso em: 23 mar. 2021.

MAGNE, T. M.; VIEIRA, T. O.; ALENCAR, L. M. R.; MAIA JUNIOR, F. F.; GEMINI-PIPERNI, S.; CARNEIRO, S. V.; FECHINE, L. M. U. D.; FREIRE, R. M.; GOLOKHAVAST, K.; METRANGOLO, P.; FECHINE, Pierre B. A.; SANTOS-OLIVEIRA, R. Graphene and its derivatives: understanding the main chemical and medicinal chemistry roles for biomedical applications. **Journal Of Nanostructure In Chemistry**, [S.L.], set. 2021.

MAZI, R. C.; PINO JÚNIOR, A. D. IDENTIFICAÇÃO BIOMÉTRICA ATRAVÉS DA IMPRESSÃO DIGITAL USANDO REDES NEURAIS ARTIFICIAIS. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E PÓS-GRADUAÇÃO DO ITA, 14., 2008, São José dos Campos. **Anais**. São José dos Campos: CTA/ITA, 2009. p. 19-22.

MAZZA, V. B. **Otimização de processo para produção do coagulante sulfato férrico pela oxidação de sulfato ferroso com peróxido de hidrogênio**. 2019. 103 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Departamento de Engenharia Química e de Materiais, Departamento de Engenharia Química e de Materiais, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

MENDONÇA FILHO, A. H. M; FUMAGALI, E. O.; OLIVEIRA, L. P. S. O Sistema Jurídico Brasileiro e o Descarte de Nanomateriais. **Interfaces Científicas: Direito**, Aracaju, v. 5, n. 2,



p. 19-28, fev. 2017. Disponível em: <https://periodicos.set.edu.br/direito/article/view/3922/2136>. Acesso em: 29 mar. 2021.

MERCK. **Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos - FISPQ: Ninidrina Solução de pulverização para TLC.** 2015. Disponível em: <https://www.icb.ufmg.br/institucional/administracao-central/gerencias/residuos/fispq-fichas-de-informacoes-de-seguranca-de-produtos-quimicos/471-ninidrina/file>. Acesso em: 08 dez. 2021.

MONTEJO, V. L. **La huella lofoscópica en la escena del crimen: estudio científico.** Madrid: Reus, 2020. 236 p.

MOURA, F. G. A identificação criminal pela biometria. **Cadernos de Direito Actual**, [S.I.], n. 7, p. 43-59, 2017.

NEON COMERCIAL. **Permanganato de Potássio P.A.** Disponível em: <https://www.neoncomercial.com.br/#produtos>. Acesso em: 25 jan. 2021.

NICOLODI, C.; ROSA, B. N.; SILVA, C. C.; BERNEIRA, L. M.; PACHECO, B. S.; POLETTI, T.; VENZKE, D.; MARIOTTI, K. C.; PEREIRA, C. M. P. APLICAÇÃO DE CONDIMENTOS NA REVELAÇÃO DE IMPRESSÕES DIGITAIS LATENTES: um experimento no ensino de química. **Química Nova**, [S.I.], v. 42, n. 8, p. 962-970, ago. 2019.

OLIVEIRA, S. I. F. **Auto decomposição altamente exotérmicas, a utilização do peróxido de hidrogênio em processos necessita de especial atenção à segurança, a fim de evitar dificuldades em sua utilização.** 2019. 170 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia do Ambiente, Faculdade de Ciências e Tecnologias - Universidade Nova Lisboa, Caparica, 2019.

PAVOSKI, G.; MARASCHIN, T.; FIM, F. C.; BALZARETTI, N. M.; GALLAND, G. B.; MOURA, C. S.; BASSO, N. R. S. Few Layer Reduced Graphene Oxide: evaluation of the best experimental conditions for easy production. **Materials Research**, [S.L.], v. 20, n. 1, p. 53-61, 24 nov. 2017.

PENG, L.; XU, Z.; LIU, Z.; WEI, Y.; SUN, H.; LI, Z.; ZHAO, X.; GAO, C. An iron-based green approach to 1-h production of single-layer graphene oxide. **Nature Communications**, Hangzhou, v. 6, n. 5716, p. 1-9, jan. 2015.

POERSCH, S. **APLICAÇÃO DE ÓXIDO DE GRAFENO/L-CISTEÍNA COMO ADSORVENTE EM EXTRAÇÃO EM FASE SÓLIDA.** 2017. 58 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência dos Materiais (Pgcimat), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.

RANA, A.; CHOETSO, N.; PARIYA, T; MOR, R.; MUDULI, S. K.; SHUKLA, S. Development of Fingerprint on Different Surface by Non-Conventional Method. **Journal Of Forensic Science & Criminology**, Phagwara, v. 9, n. 2, p. 1-9, 2021.

REIS, C. F. **REVELAÇÃO DE IMPRESSÕES DIGITAIS LATENTES COM MATERIAIS HÍBRIDOS MAGNETO-FLUORESCENTES POR ESIPT.** 2019. 63 f. Tese

(Doutorado) - Curso de Ciência dos Materiais., Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.

RHODEN, C. R. B.; AZZOLIN, V. F.; SIQUEIRA, L.; PERINI, M. C.; BULHÕES, L. O. S.; MORTARI, S. R. SÍNTESE FÁCIL E DIRETA DO ÓXIDO DE GRAFENO MAGNÉTICO. **Disciplinarum Scientia**. Série: Naturais e Tecnológicas, Santa Maria, v. 18, n. 2, p. 389-397, ago. 2017.

SALLES, C. R. O.; BARROS FILHO, J. Identificação Criminal em Adolescentes. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, [S.L.], v. 21, Ed. 10, p. 96-110, 6 nov. 2020.

SCHEDY, A.; QUARTHAL, D.; OETKEN, M. Graphene – Exciting Insights into the Synthesis and Chemistry of the Miracle Material of the 21st Century and Its Implementation in Chemistry Lessons for the First Time. **World Journal Of Chemical Education**, [S.L.], v. 6, n. 1, p. 43-53, jan. 2018.

SIRCHIE®. **101L HiFi Volcano Latent Print Powder, Silk Black**: Safety Data Sheet. 2017. <https://www.sirchie.com/regular-silk-black-fingerprint-powder.html>. Acesso em: 06 dez. 2021.

SIRCHIE®. **A211C Iodine Crystal Ampoules**: Safety Data Sheet. 2016. Disponível em: <https://www.sirchie.com/search-iodine-crystal-ampoules-6-ea.html>. Acesso em: 06 dez. 2021.

SIRCHIE®. **DFO Pump Spray 100ml**. Disponível em: <https://www.sirchie.com/dfo-pump-spray-100ml-1.html>. Acesso em: 08 dez. 2021b.

SIRCHIE®. **Introdução às impressões digitais latentes**. Disponível em: [https://www.forensicsbrasil.com.br/catalogos/sirchie/impressoes\\_latentes.pdf](https://www.forensicsbrasil.com.br/catalogos/sirchie/impressoes_latentes.pdf). Acesso em: 04 dez. 2021a.

SIRCHIE®. **Ninhydrin Crystals 25 gram jar**: technical Information - NRP01A NRP02B NRP03C Ninhydrin Crystals. 2011b. Disponível em: <https://www.sirchie.com/ninhydrin-crystals-25g-jar.html>. Acesso em: 08 dez. 2021.

SIRCHIE®. **Oil Red O Latent Print Developer 25 gram**: technical Information - LV510 Oil Red O Latent Print Developer. 2011a. Disponível em: <https://www.sirchie.com/oil-red-o-latent-print-developer-25g.html>. Acesso em: 08 dez. 2021.

SIRCHIE®. **Sudan Black 30 gram**: technical Information - LV504 Sudan Black. 2013. Disponível em: <https://www.sirchie.com/sudan-black-30g.html>. Acesso em: 08 dez. 2021.

SIGMA-ALDRICH®. **Graphene oxide**: powder, flakes, 15-20 sheets, 4-10% edge-oxidized. Merck: 2021a. Disponível em: <https://www.sigmaaldrich.com/BR/pt/product/aldrich/796034?context=product>. Acesso em: 01 dez. 2021.

SIGMA-ALDRICH®. **Potassium ferrate (VI)**. Merck: 2021b. Disponível em: <https://www.sigmaaldrich.com/BR/pt/product/aldrich/480010>. Acesso em: 27 dez. 2021.

SIGMA-ALDRICH®. **Potassium permanganate**. Merck: 2021c. Disponível em: <https://www.sigmaaldrich.com/BR/pt/product/sigald/223468>. Acesso em: 21 dez. 2021.

SILVA, J. V. **Preparação, caracterização e aplicação da plataforma baseada em óxido de grafeno reduzido e poli(ácido 3-hidroxifenilacético) para diagnóstico do vírus da dengue**. 2017. 133 f. Tese (Doutorado) - Curso de Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.

SOUZA, Z. S. B. **ESTUDO DA FUNCIONALIZAÇÃO DO GRAFENO COMO VIA PARA COMPATIBILIZAÇÃO COM A MATRIZ DE POLI(TEREFTALATO DE ETILENO)**. 2020. 113 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2020.

THAKRAN, M.; RAY, S.K.; KUMAR, B. Recent Advances in Synthetic Methods to Prepare Graphene Oxide. **International Journal For Research In Applied Science & Engineering Technology (Ijrasnet)**, Gurugram (Índia), v. 6, n. 6, p. 1055-1059, jun. 2018.

TONET, M. D.; LEONEL, A. A. Nanociência e Nanotecnologia: uma revisão bibliográfica acerca das contribuições e desafios para o ensino de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 36, n. 2, p. 431-456, ago. 2019. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7035721>. Acesso em: 20 mar. 2021.

XABC Biotech Co., Ltd. **Ferrato potássio**. Disponível em: <https://portuguese.alibaba.com/product-detail/high-quality-with-potassium-ferrate-from-supplier-1600247517893.html>. Acesso em: 21 dez. 2021.

XAVIER, C. **Otimização da síntese de compósitos rGo/r-C3N4 para a fotodegradação de poluentes orgânicos empregando-se o bisfenol A como modelo**. 2019. 90 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências, Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2019.

YU, C.; WANG, C.; CHEN, S. Facile Access to Graphene Oxide from Ferro-Induced Oxidation. **Nature: Scientific Reports**, [S.I.], v. 6, n. 17071, p. 1-7, jan. 2016.

ZAMINPAYMA, E; RAZAVI, M. E.; NAYEBI, P. Electronic properties of graphene with single vacancy and Stone-Wales defects. **Applied Surface Science**, [S.L.], v. 414, p. 101-106, ago. 2017.

ZARBIN, Aldo J. G. Química de (nano)materiais. **Química Nova**, Curitiba, v. 30, n. 6, p. 1469-1479, dez. 2007.

## 6. ANEXO

### ANEXO 1 - Fichas de Informação de Segurança de Produto Químico

# FICHA DE INFORMAÇÃO DE SEGURANÇA DE PRODUTO QUÍMICO

Versão 6.3  
Data da revisão 04.05.2021  
Data de impressão 30.11.2021

---

## 1. IDENTIFICAÇÃO DO PRODUTO E DA EMPRESA

### 1.1 Identificadores do produto

Nome do produto : Graphene oxide, flakes, 15-20 sheets, 4-10%  
edge-oxidized

Referência do Produto : 796034  
Marca : Aldrich  
Número REACH : Um número de registo não está disponível para esta substancia,  
já que a substancia ou os seus usos estão isentos do registo, a  
tonelagem anual não requiere registo ou este registo está  
previsto para uma data posterior

### 1.2 Usos identificados da substância ou mistura e usos não recomendados

Usos identificados : Produtos químicos de laboratório, Manufatura de substâncias

### 1.3 Detalhes do fornecedor da Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico - FISPQ

Empresa : Sigma-Aldrich Brasil Ltda.  
Av. das Nações Unidas 23.043  
SÃO PAULO - SP  
04795-100  
BRAZIL

Telefone : +55 11 3732 3100  
Número de Fax : +55 11 5522 7409

### 1.4 Número do telefone de emergência

Número de Telefone de Emergência : Chemtrec: +(55)-2139581449 \*  
Suatrans: 0800 707 7022 / 0800 17 2020

---

## 2. IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS

### 2.1 Classificação da substância ou mistura

Não é uma substância ou uma mistura perigosa.

### 2.2 Elementos do rótulo

Não é uma substância ou uma mistura perigosa.

### 2.3 Outros Perigos - nenhum

---

### 3. COMPOSIÇÃO E INFORMAÇÕES SOBRE OS INGREDIENTES

#### 3.1 Substâncias

Peso molecular : 4,239.48 g/mol

De acordo com a norma aplicável não é necessário divulgar nenhum dos componentes.

---

### 4. MEDIDAS DE PRIMEIROS-SOCORROS

#### 4.1 Descrição das medidas de primeiros-socorros

##### Se inalado

Após inalação: Exposição ao ar fresco.

##### Em caso de contato com a pele

No caso dum contacto com a pele: Retirar imediatamente toda a roupa contaminada. Enxaguar a pele com água/tomar um duche.

##### Em caso de contato com o olho

Após contacto com os olhos: Enxaguar abundantemente com água. Remova as lentes de contato.

##### Se ingerido

Após ingestão: fazer a vítima beber água (dois copos no máximo). Consultar o médico se se sentir mal.

---

### 4. MEDIDAS DE PRIMEIROS-SOCORROS

#### 4.1 Descrição das medidas de primeiros-socorros

##### Se inalado

Após inalação: Exposição ao ar fresco.

##### Em caso de contato com a pele

No caso dum contacto com a pele: Retirar imediatamente toda a roupa contaminada. Enxaguar a pele com água/tomar um duche.

##### Em caso de contato com o olho

Após contacto com os olhos: Enxaguar abundantemente com água. Remova as lentes de contato.

##### Se ingerido

Após ingestão: fazer a vítima beber água (dois copos no máximo). Consultar o médico se se sentir mal.

#### 4.2 Sintomas e efeitos mais importantes, agudos e retardados

Os sintomas e efeitos mais importantes conhecidos descrevem-se na etiqueta (ver secção 2.2) e / ou na secção 11

#### 4.3 Indicação da atenção médica imediata e do tratamento especial necessário

dados não disponíveis

---

### 5. MEDIDAS DE COMBATE A INCÊNDIO

#### 5.1 Meios de extinção

##### Meios adequados de extinção

Água Espuma Dióxido de carbono (CO2) Pó seco

##### Agentes de extinção inadequados

Para esta substância/mistura, não há limitações dos agentes de extinção.

#### 5.2 Riscos especiais resultantes da substância ou da mistura

A natureza dos produtos de decomposição não é conhecida.

Combustível.

Risco de explosão do pó.

Em caso de incêndio formam-se gases inflamáveis e vapores perigosos.

**5.3 Precauções para bombeiros**

Usar equipamento de respiração autônomo em casos de incêndio.

**5.4 Informações complementares**

Evitar a contaminação de águas superficiais e subterrâneas pela água de combate a incêndios.

---

**6. MEDIDAS DE CONTROLE PARA DERRAMAMENTO OU VAZAMENTO****6.1 Precauções pessoais, equipamentos de proteção e procedimentos de emergência**

Conselho para o pessoal da não emergência: Evitar a inalação de pós. Evacuar a área de perigo, observar os procedimentos de emergência, consultar um especialista. Para a proteção individual, consultar a seção 8.

**6.2 Precauções ambientais**

Não permitir a entrada do produto nos esgotos.

**6.3 Métodos e materiais de contenção e limpeza**

Cobrir os drenos. Colectar, ligar e bombear fugas para fora. Observar as possíveis restrições materiais (ver secções 7 e 10). Absorver em estado seco. Proceder à eliminação de resíduos. Limpeza posterior. Evitar a formação de pós.

**6.4 Consulta a outras seções**

Para eliminação de resíduos ver secção 13.

---

**7. MANUSEIO E ARMAZENAMENTO****7.1 Precauções para manuseio seguro**

Ver precauções na secção 2.2

**7.2 Condições para armazenamento seguro, incluindo incompatibilidades****Condições de armazenamento**

Herméticamente fechado. Em local seco.

**7.3 Utilizações finais específicas**

Aparte dos usos mencionados na secção 1.2 não se estipulam outros usos específicos

---

**8. CONTROLE DE EXPOSIÇÃO E PROTEÇÃO INDIVIDUAL****8.1 Parâmetros de controle****Componentes com parâmetros a controlar no local de trabalho**

Não contém substâncias com valores limites de exposição ocupacional.

**8.2 Controles da exposição****Controles apropriados de engenharia**

Mudar a roupa contaminada. Depois de terminar o trabalho, lavar as mãos.

**Equipamento de Proteção Individual (EPI)****Proteção para a pele/olhos**

Use equipamento de proteção ocular testado e aprovado de acordo com as normas governamentais adequadas, tais como NIOSH (US) ou EN 166 (EU). Óculos de segurança

**Proteção para a pele**

Esta recomendação aplica-se apenas ao produto descrito na ficha de dados de segurança por nós fornecida bem como para a aplicação especificada. Quando houver dissolução ou mistura com outras substâncias e sob as devidas condições houver desvios aos descritos na EN374, por favor, contactar o fornecedor de luvas com marcação CE (ex: KCL GmbH, D-36124 Eichenzell, Internet: www.kcl.de).

Contato total

Materiais: Borracha nitrílica

espessura mínima da capa: 0.11 mm



Pausa: 480 min  
 Material ensaiado: KCL 741 Dermatril® L

Contato com salpicos  
 Materiais: Borracha nitrílica  
 espessura mínima da capa: 0.11 mm

Pausa: 480 min  
 Material ensaiado: KCL 741 Dermatril® L

#### **Proteção respiratória**

necessário em caso de formação de pós.

Nossas recomendações sobre proteção respiratória de filtragem são baseadas nas seguintes normas: DIN EN 143, DIN 14387 e outras normas associadas relacionadas ao sistema de proteção respiratória utilizado.

#### **Controle da exposição ambiental**

Não permitir a entrada do produto nos esgotos.

---

## **9. PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS**

### **9.1 Informações sobre propriedades físico-químicas básicas**

a) Aspecto	Estado físico: pó Cor: marrom, preto
b) Odor	dados não disponíveis
c) Limite de Odor	dados não disponíveis
d) pH	dados não disponíveis
e) Ponto de fusão/congelamento	dados não disponíveis
f) Ponto de ebulição inicial e faixa de temperatura de ebulição	dados não disponíveis
g) Ponto de inflamação	Não aplicável
h) Taxa de evaporação	dados não disponíveis
i) Inflamabilidade (sólido, gás)	dados não disponíveis
j) Limites superiores / inferiores de inflamabilidade ou de explosão	dados não disponíveis
k) Pressão de vapor	dados não disponíveis
l) Densidade do vapor	dados não disponíveis
m) Densidade relativa	dados não disponíveis
n) Solubilidade em água	dados não disponíveis
o) Coeficiente de partição (n-octanol/água)	dados não disponíveis

p) Temperatura de autoignição	dados não disponíveis
q) Temperatura de decomposição	dados não disponíveis
r) Viscosidade	Viscosidade, cinemática: dados não disponíveis Viscosidade, dinâmica: dados não disponíveis
s) Riscos de explosão	dados não disponíveis
t) Propriedades oxidantes	dados não disponíveis

**9.2 Outra informação de segurança**  
dados não disponíveis

---

**10. ESTABILIDADE E REATIVIDADE**

**10.1 Reatividade**

Em geral o seguinte aplica-se a substâncias e misturas orgânicas inflamáveis: numa distribuição geralmente fina, quando voltado para cima pode gerar uma potencial explosão de pó.

**10.2 Estabilidade química**

O produto é estável quimicamente sob condições ambiente padrão (temperatura ambiente).

**10.3 Possibilidade de reações perigosas**

dados não disponíveis

**10.4 Condições a serem evitadas**

não existem indicações

**10.5 Materiais incompatíveis**

Agentes oxidantes fortes

**10.6 Produtos perigosos de decomposição**

Em caso de incêndio: veja-se secção 5

---

**11. INFORMAÇÕES TOXICOLÓGICAS**

**11.1 Informações sobre efeitos toxicológicos**

**Toxicidade aguda**

Oral: dados não disponíveis

Inalação: dados não disponíveis

Dérmico: dados não disponíveis

**Corrosão/irritação à pele.**

dados não disponíveis

**Lesões oculares graves/irritação ocular**

dados não disponíveis

**Sensibilização respiratória ou à pele**

dados não disponíveis

**Mutagenicidade em células germinativas**

dados não disponíveis



**Carcinogenicidade**

dados não disponíveis

**Toxicidade à reprodução**

dados não disponíveis

**Toxicidade sistêmica de órgão-alvo específico - exposição única**

dados não disponíveis

**Toxicidade sistêmica de órgão-alvo específico - exposição repetida**

dados não disponíveis

**Perigo por aspiração.**

dados não disponíveis

**11.2 Informação adicional**

Até onde sabemos, as propriedades químicas, físicas e toxicológicas não foram minuciosamente investigadas.

---

**12. INFORMAÇÕES ECOLÓGICAS****12.1 Toxicidade**

dados não disponíveis

**12.2 Persistência e degradabilidade**

dados não disponíveis

**12.3 Potencial bioacumulativo**

dados não disponíveis

**12.4 Mobilidade no solo**

dados não disponíveis

**12.5 Resultados da avaliação PBT e vPvB**

A valoração de PBT / mPmB não está disponível já que a avaliação de segurança química não é necessária / não se realizou

**12.6 Outros efeitos adversos**

dados não disponíveis

---

**13. CONSIDERAÇÕES SOBRE TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO****13.1 Métodos de tratamento de resíduos****Produto**

O material residual deve ser eliminado de acordo com os regulamentos nacionais e locais. Deixar os produtos químicos nos recipientes originais. Não misturar com outros materiais residuais. Manusear os recipientes não limpos como o próprio produto. As advertências de perigo e recomendações de prudência apresentadas na etiqueta aplicam-se também a todos os resíduos deixados no recipiente. Uma eliminação ou reciclagem descontrolada desta embalagem não é permitida e pode ser perigosa. A embalagem tem de ser incinerada numa instalação de incineração adequada que disponha de uma autorização fornecida pelas autoridades competentes.

---

## 14. INFORMAÇÕES SOBRE TRANSPORTE

### 14.1 Número ONU

ADR/RID: - DOT (US): - IMDG: - IATA: - ANTT: -

### 14.2 Nome de embarque correto da ONU

ADR/RID: Mercadorias não perigosas

DOT (US): Mercadorias não perigosas

IMDG: Mercadorias não perigosas

IATA: Mercadorias não perigosas

ANTT: Mercadorias não perigosas

### 14.3 Classes de riscos de transporte

ADR/RID: - DOT (US): - IMDG: - IATA: - ANTT: -

### 14.4 Grupo de embalagem

ADR/RID: - DOT (US): - IMDG: - IATA: - ANTT: -

### 14.5 Perigos ambientais

ADR/RID: não DOT (US): não IMDG Poluente IATA: não  
marinho: não

### 14.6 Precauções especiais para os usuários

#### Informações complementares

Produto não perigoso segundo o regulamento de transporte.

### 14.7 Numero De Risco

---

## 15. REGULAMENTAÇÕES

### 15.1 Normas de segurança, saúde e ambientais específicas para a substância ou mistura

Esta Ficha de Informações de Produtos Químicos foi preparada de acordo com a NBR 14725-4/2014 da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas)

---

## 16. OUTRAS INFORMAÇÕES

### Informações complementares

Acredita-se que as informações acima estejam correctas, embora não pretendam ser totalmente abrangentes, devendo ser usadas apenas como um guia. A informação contida neste documento esta baseada no presente estado do nosso conhecimento e é aplicável ás precauções de segurança apropriadas para o produto. Não representa nenhuma garantia das propriedades do produto. A Corporação Sigma-Aldrich e as suas companhias afiliadas, não responderão por nenhum dano resultante do manuseio ou do contato com o produto acima. Consultar [www.sigma-aldrich.com](http://www.sigma-aldrich.com) e/ou o verso da factura ou nota que acompanha o produto para tomar conhecimento dos termos adicionais e condições de venda.

Direitos exclusivos, 2020, da Sigma-Aldrich Co. LLC. Permissão concedida para fazer número ilimitado de cópias em papel, somente para uso interno.

A marca no cabeçalho e/ou rodapé deste documento pode não corresponder temporariamente ao produto adquirido, uma vez que alteramos a nossa marca. No entanto, todas as informações no documento referentes ao produto não sofreram alterações e correspondem ao produto encomendado. Para obter mais informações, envie um e-mail para [mlsbranding@sial.com](mailto:mlsbranding@sial.com).

Fonte: <https://www.sigmaaldrich.com/BR/pt/sds/aldrich/796034>

# 101L HiFi Volcano Latent Print Powder, Silk Black

## Safety Data Sheet

according to Federal Register / Vol. 77, No. 58 / Monday, March 26, 2012 / Rules and Regulations

### SECTION 1: Identification

#### 1.1. Identification

Product form : Mixtures  
 Product name : 101L HiFi Volcano Latent Print Powder, Silk Black  
 Product code : 101L BPP098 BPP0916 BPP0964 BPP09128

#### 1.2. Recommended use and restrictions on use

Use of the substance/mixture : Latent fingerprint powder

#### 1.3. Supplier

SIRCHIE  
 100 Hunter Place  
 Youngsville, NC 27596 - USA  
 T 919-554-2244; 800-356-7311 - F 919-554-2266; 800-899-8181  
<http://www.sirchie.com>

#### 1.4. Emergency telephone number

Emergency number : 1.800.424.9300  
 CHEMTREC: 1.800.424.9300

### SECTION 2: Hazard(s) identification

#### 2.1. Classification of the substance or mixture

##### GHS-US classification

Not classified

#### 2.2. GHS Label elements, including precautionary statements

##### GHS-US labeling

No labeling applicable

#### 2.3. Other hazards which do not result in classification

Other hazards not contributing to the classification : Epidemiological studies of workers in the Carbon Black pigment producing industries of North America and Western Europe show no significant adverse health effect due to occupational exposure to Carbon Black pigment. Early studies in the former USSR and Eastern Europe report respiratory diseases among workers exposed to Carbon Black pigment, including bronchitis, pneumonia, emphysema, and rhinitis. Such studies are of questionable validity, due to inadequate study design and methodology, lack of appropriate controls for cigarette smoking, and other confounding factors such as concurrent exposures to carbon monoxide, coal oil and petroleum vapors. Moreover, review of these studies indicates that concentrations of Carbon Black pigment are greater than current occupational exposure standards. In Monograph 65, issued in April 1996, The International Agency for Research on Cancer (IARC) re-evaluated Carbon Black pigment and concluded that: "Although one cohort study on the Carbon Black pigment production industry showed slight excesses of cancer, the totality of the epidemiology studies, both in the Carbon Black pigment industry and in some user industries, suggested that there is inadequate evidence for the carcinogenicity in humans of Black pigment.

#### 2.4. Unknown acute toxicity (GHS US)

Not applicable

### SECTION 3: Composition/Information on ingredients

#### 3.1. Substances

Not applicable

#### 3.2. Mixtures

Name	Product identifier	%	GHS-US classification
carbon black	(CAS-No.) 1333-86-4	75	Carc. 2, H351
Lycopodium	(CAS-No.) 8023-70-9	25	Flam. Sol. 1, H228

# 101L HiFi Volcano Latent Print Powder, Silk Black

## Safety Data Sheet

according to Federal Register / Vol. 77, No. 58 / Monday, March 26, 2012 / Rules and Regulations

Full text of hazard classes and H-statements : see section 16

### SECTION 4: First-aid measures

#### 4.1. Description of first aid measures

First-aid measures general	: Never give anything by mouth to an unconscious person. If you feel unwell, seek medical advice (show the label where possible). Suspected of causing cancer.
First-aid measures after inhalation	: Allow victim to breathe fresh air. Allow the victim to rest.
First-aid measures after skin contact	: Remove affected clothing and wash all exposed skin area with mild soap and water, followed by warm water rinse.
First-aid measures after eye contact	: Rinse immediately with plenty of water. Obtain medical attention if pain, blinking or redness persists.
First-aid measures after ingestion	: Rinse mouth. Do NOT induce vomiting. Obtain emergency medical attention.

#### 4.2. Most important symptoms and effects (acute and delayed)

No additional information available

#### 4.3. Immediate medical attention and special treatment, if necessary

No additional information available

### SECTION 5: Fire-fighting measures

#### 5.1. Suitable (and unsuitable) extinguishing media

Suitable extinguishing media	: Carbon dioxide. Dry chemical powder. Foam. Sand.
Unsuitable extinguishing media	: Do not use a heavy water stream.

#### 5.2. Specific hazards arising from the chemical

Explosion hazard	: No data available on direct explosion hazard.
Reactivity	: No data available.

#### 5.3. Special protective equipment and precautions for fire-fighters

Firefighting instructions	: Exercise caution when fighting any chemical fire.
Protection during firefighting	: Do not attempt to take action without suitable protective equipment.

### SECTION 6: Accidental release measures

#### 6.1. Personal precautions, protective equipment and emergency procedures

##### 6.1.1. For non-emergency personnel

Protective equipment	: Gloves. Safety glasses.
----------------------	---------------------------

##### 6.1.2. For emergency responders

Protective equipment	: Equip cleanup crew with proper protection.
Emergency procedures	: Ventilate area.

#### 6.2. Environmental precautions

Prevent entry to sewers and public waters. Notify authorities if liquid enters sewers or public waters.

#### 6.3. Methods and material for containment and cleaning up

Methods for cleaning up	: On land, sweep or shovel into suitable containers. Minimize generation of dust. Store away from other materials.
-------------------------	--

#### 6.4. Reference to other sections

See Heading 8. Exposure controls and personal protection.

### SECTION 7: Handling and storage

#### 7.1. Precautions for safe handling

Precautions for safe handling	: Wash hands and other exposed areas with mild soap and water before eating, drinking or smoking and when leaving work. Provide good ventilation in process area to prevent formation of vapor. Obtain special instructions before use. Do not handle until all safety precautions have been read and understood.
-------------------------------	---

#### 7.2. Conditions for safe storage, including any incompatibilities

Storage conditions	: Keep container closed when not in use.
--------------------	--

# 101L HiFi Volcano Latent Print Powder, Silk Black

## Safety Data Sheet

according to Federal Register / Vol. 77, No. 58 / Monday, March 26, 2012 / Rules and Regulations

### SECTION 8: Exposure controls/personal protection

#### 8.1. Control parameters

101L HiFi Volcano Latent Print Powder, Silk Black		
OSHA	OSHA PEL (TWA) (mg/m <sup>3</sup> )	3.5 mg/m <sup>3</sup>
carbon black (1333-86-4)		
OSHA	OSHA PEL (TWA) (mg/m <sup>3</sup> )	3.5 mg/m <sup>3</sup>
Lycopodium (8023-70-9)		
Not applicable		

#### 8.2. Appropriate engineering controls

No additional information available

#### 8.3. Individual protection measures/Personal protective equipment

##### Personal protective equipment:

Dust formation: dust mask. Gloves. Safety glasses.

##### Hand protection:

Wear protective gloves.

##### Eye protection:

Chemical goggles or safety glasses

##### Respiratory protection:

Wear appropriate mask



##### Other information:

Do not eat, drink or smoke during use.

### SECTION 9: Physical and chemical properties

#### 9.1. Information on basic physical and chemical properties

Physical state	: Solid
Appearance	: Powders.
Color	: Black
Odor	: odorless
Odor threshold	: No data available
pH	: No data available
Melting point	: 3500 °C
Freezing point	: No data available
Boiling point	: No data available
Flash point	: No data available
Relative evaporation rate (butyl acetate=1)	: No data available
Flammability (solid, gas)	: Non flammable.
Vapor pressure	: No data available
Relative vapor density at 20 °C	: No data available
Relative density	: No data available
Solubility	: Insoluble in water.
Log Pow	: No data available

# 101L HiFi Volcano Latent Print Powder, Silk Black

## Safety Data Sheet

according to Federal Register / Vol. 77, No. 58 / Monday, March 26, 2012 / Rules and Regulations

Auto-ignition temperature	: No data available
Decomposition temperature	: No data available
Viscosity, kinematic	: No data available
Viscosity, dynamic	: No data available
Explosion limits	: No data available
Explosive properties	: No data available
Oxidizing properties	: No data available

### 9.2. Other information

No additional information available

## SECTION 10: Stability and reactivity

### 10.1. Reactivity

No data available.

### 10.2. Chemical stability

Stable under normal conditions.

### 10.3. Possibility of hazardous reactions

Not established.

### 10.4. Conditions to avoid

Direct sunlight. Extremely high or low temperatures.

### 10.5. Incompatible materials

Strong acids. Strong bases.

### 10.6. Hazardous decomposition products

Carbon monoxide. Carbon dioxide.

## SECTION 11: Toxicological information

### 11.1. Information on toxicological effects

Acute toxicity : Not classified

carbon black (1333-86-4)	
LD50 oral rat	> 8000 mg/kg (Equivalent or similar to OECD 401, Rat, Male/female, Experimental value)
LD50 dermal rabbit	> 3000 mg/kg (Rabbit, Literature study)
LC50 inhalation rat (mg/l)	> 4.6 mg/l air (4 h, Rat, Experimental value)

Skin corrosion/irritation	: Not classified
Serious eye damage/irritation	: Not classified
Respiratory or skin sensitization	: Not classified
Germ cell mutagenicity	: Not classified
	Based on available data, the classification criteria are not met
Carcinogenicity	: Not classified

### 101L HiFi Volcano Latent Print Powder, Silk Black

Additional information	This product contains less than 0.1% of absorbed PAHs (polynuclear aromatic hydrocarbons). In non-absorbed form, some PAHs have been found to be carcinogens in animal studies. No correlating carcinogenic effect, however, has been observed in humans due to exposure to Carbon Black pigment. Chronic inflammation, lung fibrosis, and lung tumors have been observed in some rats experimentally exposed, for long periods of time, to very high concentrations. Researchers conducting rat inhalation studies believe that these effects most likely result from massive accumulation of small dust particles in the lung which overwhelm the natural lung clearance mechanism, known as "lung overload" phenomenon, rather than from a specific chemical effect of the dust particles in the lung.
IARC group	2B - Possibly carcinogenic to humans

Reproductive toxicity	: Not classified
	Based on available data, the classification criteria are not met
Specific target organ toxicity – single exposure	: Not classified



# 101L HiFi Volcano Latent Print Powder, Silk Black

## Safety Data Sheet

according to Federal Register / Vol. 77, No. 58 / Monday, March 26, 2012 / Rules and Regulations

Specific target organ toxicity – repeated exposure	: Not classified
Aspiration hazard	: Not classified
Potential Adverse human health effects and symptoms	: Based on available data, the classification criteria are not met.

### SECTION 12: Ecological information

#### 12.1. Toxicity

carbon black (1333-86-4)	
LC50 fish 1	> 1000 mg/l (OECD 203: Fish, Acute Toxicity Test, 96 h, Brachydanio rerio, Literature study)
EC50 Daphnia 1	> 5600 mg/l (OECD 202: Daphnia sp. Acute Immobilisation Test, 24 h, Daphnia magna, Static system, Fresh water, Experimental value)

#### 12.2. Persistence and degradability

101L HiFi Volcano Latent Print Powder, Silk Black	
Persistence and degradability	Not established.
carbon black (1333-86-4)	
Persistence and degradability	Biodegradability in soil: not applicable. Biodegradability: not applicable.
Biochemical oxygen demand (BOD)	Not applicable
Chemical oxygen demand (COD)	Not applicable
ThOD	Not applicable
BOD (% of ThOD)	Not applicable

#### 12.3. Bioaccumulative potential

101L HiFi Volcano Latent Print Powder, Silk Black	
Bioaccumulative potential	Not established.
carbon black (1333-86-4)	
Bioaccumulative potential	Not bioaccumulative.

#### 12.4. Mobility in soil

carbon black (1333-86-4)	
Ecology - soil	Adsorbs into the soil. Not toxic to plants. Not toxic to animals.

#### 12.5. Other adverse effects

Effect on the global warming	: No known effects from this product.
GWPmix comment	: No known effects from this product.
Other information	: Avoid release to the environment.

### SECTION 13: Disposal considerations

#### 13.1. Disposal methods

Product/Packaging disposal recommendations	: Dispose in a safe manner in accordance with local/national regulations. Dispose of contents/container to hazardous or special waste collection point, in accordance with local, regional, national and/or international regulation.
Ecology - waste materials	: Avoid release to the environment.

### SECTION 14: Transport information

#### Department of Transportation (DOT)

In accordance with DOT

Other information	: No supplementary information available.
-------------------	---

# 101L HiFi Volcano Latent Print Powder, Silk Black

## Safety Data Sheet

according to Federal Register / Vol. 77, No. 58 / Monday, March 26, 2012 / Rules and Regulations

### Transportation of Dangerous Goods

#### Transport by sea

#### Air transport

## SECTION 15: Regulatory information

### 15.1. US Federal regulations

No additional information available

### 15.2. International regulations

#### CANADA

No additional information available

#### EU-Regulations

No additional information available

#### National regulations

No additional information available

### 15.3. US State regulations

No additional information available

## SECTION 16: Other information

#### Data sources

: REGULATION (EC) No 1272/2008 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 16 December 2008 on classification, labeling and packaging of substances and mixtures, amending and repealing Directives 67/548/EEC and 1999/45/EC, and amending Regulation (EC) No 1907/2006.

#### Full text of H-phrases:

H228	Flammable solid
H351	Suspected of causing cancer

#### NFPA health hazard

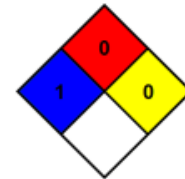
: 1 - Materials that, under emergency conditions, can cause significant irritation.

#### NFPA fire hazard

: 0 - Materials that will not burn under typical dire conditions, including intrinsically noncombustible materials such as concrete, stone, and sand.

#### NFPA reactivity

: 0 - Material that in themselves are normally stable, even under fire conditions.



#### Hazard Rating

##### Health

: 1 Slight Hazard - Irritation or minor reversible injury possible

##### Flammability

: 0 Minimal Hazard - Materials that will not burn

##### Physical

: 1 Slight Hazard - Materials that are normally stable but can become unstable (self-react) at high temperatures and pressures. Materials may react non-violently with water or undergo hazardous polymerization in the absence of inhibitors.

#### Personal protection

: E

E - Safety glasses, Gloves, Dust respirator

SDS US (GHS HazCom 2012)



# A211C Iodine Crystal Ampoules

## Safety Data Sheet

according to Federal Register / Vol. 77, No. 58 / Monday, March 26, 2012 / Rules and Regulations

### SECTION 1: Identification

#### 1.1. Identification

Product form : Substance  
 Substance name : A211C Iodine Crystal Ampoules  
 Chemical name : Iodine  
 CAS No : 7553-56-2  
 Product code : A211C

#### 1.2. Relevant identified uses of the substance or mixture and uses advised against

Use of the substance/mixture : Latent fingerprint developer

#### 1.3. Details of the supplier of the safety data sheet

SIRCHIE  
 100 Hunter Place  
 Youngsville, NC 27596 - USA  
 T 919-554-2244; 800-356-7311 - F 919-554-2266; 800-899-8181  
<http://www.sirchie.com>

#### 1.4. Emergency telephone number

Emergency number : 1.800.424.9300  
 CHEMTREC: 1.800.424.9300

### SECTION 2: Hazard(s) identification

#### 2.1. Classification of the substance or mixture

##### GHS-US classification

Acute toxicity (dermal) Category 4 H312  
 Acute toxicity (inhalation:dust,mist) Category 4 H332

Full text of H statements : see section 16

#### 2.2. Label elements

##### GHS-US labeling

Hazard pictograms (GHS-US) :



GHS07

Signal word (GHS-US) :

Warning

Hazard statements (GHS-US) :

H312+H332 - Harmful in contact with skin or if inhaled

Precautionary statements (GHS-US) :

P261 - Avoid breathing dust, fume, vapors  
 P271 - Use only outdoors or in a well-ventilated area  
 P280 - Wear Dust mask, eye protection, protective gloves  
 P302+P352 - If on skin: Wash with plenty of water  
 P304+P340 - If inhaled: Remove person to fresh air and keep comfortable for breathing  
 P312 - Call a doctor if you feel unwell  
 P321 - Specific treatment (see ... on this label)  
 P362+P364 - Take off contaminated clothing and wash it before reuse  
 P501 - Dispose of contents/container to a licensed hazardous-waste disposal contractor or collection site except for empty clean containers which can be disposed of as non-hazardous waste

#### 2.3. Other hazards

Other hazards not contributing to the classification : None under normal conditions.

#### 2.4. Unknown acute toxicity (GHS US)

Not applicable

# A211C Iodine Crystal Ampoules

## Safety Data Sheet

according to Federal Register / Vol. 77, No. 58 / Monday, March 26, 2012 / Rules and Regulations

### SECTION 3: Composition/Information on ingredients

#### 3.1. Substance

Name : A211C Iodine Crystal Ampoules

CAS No : 7553-56-2

Name	Product identifier	%	GHS-US classification
iodine	(CAS No) 7553-56-2	100	Acute Tox. 4 (Dermal), H312 Acute Tox. 4 (Inhalation), H332 Aquatic Acute 1, H400

Full text of H-phrases: see section 16

#### 3.2. Mixture

Not applicable

### SECTION 4: First aid measures

#### 4.1. Description of first aid measures

First-aid measures general : Never give anything by mouth to an unconscious person. If you feel unwell, seek medical advice (show the label where possible).

First-aid measures after inhalation : Allow victim to breathe fresh air. Allow the victim to rest.

First-aid measures after skin contact : Remove affected clothing and wash all exposed skin area with mild soap and water, followed by warm water rinse.

First-aid measures after eye contact : Rinse immediately with plenty of water. Obtain medical attention if pain, blinking or redness persist.

First-aid measures after ingestion : Rinse mouth. Do NOT induce vomiting. Obtain emergency medical attention.

#### 4.2. Most important symptoms and effects, both acute and delayed

Symptoms/injuries : Not expected to present a significant hazard under anticipated conditions of normal use.

#### 4.3. Indication of any immediate medical attention and special treatment needed

No additional information available

### SECTION 5: Firefighting measures

#### 5.1. Extinguishing media

Suitable extinguishing media : Foam. Dry powder. Carbon dioxide. Water spray. Sand.

Unsuitable extinguishing media : Do not use a heavy water stream.

#### 5.2. Special hazards arising from the substance or mixture

Reactivity : Decomposes at room temperature: release of heat. Corrosive vapors.

#### 5.3. Advice for firefighters

Firefighting instructions : Use water spray or fog for cooling exposed containers. Exercise caution when fighting any chemical fire. Prevent fire-fighting water from entering environment.

Protection during firefighting : Do not enter fire area without proper protective equipment, including respiratory protection.

### SECTION 6: Accidental release measures

#### 6.1. Personal precautions, protective equipment and emergency procedures

##### 6.1.1. For non-emergency personnel

Emergency procedures : Evacuate unnecessary personnel.

##### 6.1.2. For emergency responders

Protective equipment : Equip cleanup crew with proper protection.

Emergency procedures : Ventilate area.

#### 6.2. Environmental precautions

Prevent entry to sewers and public waters. Notify authorities if liquid enters sewers or public waters.

#### 6.3. Methods and material for containment and cleaning up

Methods for cleaning up : On land, sweep or shovel into suitable containers. Minimize generation of dust. Store away from other materials.

#### 6.4. Reference to other sections

See Heading 8. Exposure controls and personal protection.

# A211C Iodine Crystal Ampoules

## Safety Data Sheet

according to Federal Register / Vol. 77, No. 58 / Monday, March 26, 2012 / Rules and Regulations

### SECTION 7: Handling and storage

#### 7.1. Precautions for safe handling

Precautions for safe handling : Wash hands and other exposed areas with mild soap and water before eating, drinking or smoking and when leaving work. Provide good ventilation in process area to prevent formation of vapor.

#### 7.2. Conditions for safe storage, including any incompatibilities

Storage conditions : Keep only in the original container in a cool, well ventilated place away from : Keep container closed when not in use.

Incompatible products : Strong bases. Strong acids.

Incompatible materials : Sources of ignition. Direct sunlight.

### SECTION 8: Exposure controls/personal protection

#### 8.1. Control parameters

iodine (7553-56-2)		
ACGIH	ACGIH TWA (ppm)	0.01 ppm (Iodine; USA; Time-weighted average exposure limit 8 h; TLV - Adopted Value; Inhalable fraction and vapor)
ACGIH	ACGIH STEL (ppm)	0.1 ppm (Iodine; USA; Short time value; TLV - Adopted Value; Vapor and aerosol)

#### 8.2. Exposure controls

Personal protective equipment : Avoid all unnecessary exposure. Combined gas/dust mask with filter type A/P2. Gloves. Safety glasses.



Hand protection : Wear protective gloves.

Eye protection : Chemical goggles or safety glasses.

Respiratory protection : Wear appropriate mask.

Other information : Do not eat, drink or smoke during use.

### SECTION 9: Physical and chemical properties

#### 9.1. Information on basic physical and chemical properties

Physical state	: Solid
Appearance	: Powder. Flakes.
Color	: Black
Odor	: Pungent
Odor threshold	: No data available
pH	: No data available
Melting point	: No data available
Freezing point	: No data available
Boiling point	: No data available
Flash point	: No data available
Relative evaporation rate (butyl acetate=1)	: No data available
Flammability (solid, gas)	: No data available
Explosion limits	: No data available
Explosive properties	: No data available
Oxidizing properties	: No data available
Vapor pressure	: No data available
Relative density	: No data available
Relative vapor density at 20 °C	: No data available

## A211C Iodine Crystal Ampoules

### Safety Data Sheet

according to Federal Register / Vol. 77, No. 58 / Monday, March 26, 2012 / Rules and Regulations

Solubility	: Soluble in water. Water: Solubility in water of component(s) of the mixture : • Iodine: 0.03 g/100ml
Log Pow	: No data available
Auto-ignition temperature	: No data available
Decomposition temperature	: No data available
Viscosity	: No data available
Viscosity, kinematic	: No data available
Viscosity, dynamic	: No data available

#### 9.2. Other information

No additional information available

### SECTION 10: Stability and reactivity

#### 10.1. Reactivity

Decomposes at room temperature: release of heat. Corrosive vapors.

#### 10.2. Chemical stability

Stable under normal conditions.

#### 10.3. Possibility of hazardous reactions

Refer to section 10.1 on Reactivity.

#### 10.4. Conditions to avoid

Direct sunlight. Extremely high or low temperatures.

#### 10.5. Incompatible materials

Strong acids. Strong bases.

#### 10.6. Hazardous decomposition products

fume. Corrosive vapors.

### SECTION 11: Toxicological information

#### 11.1. Information on toxicological effects

Acute toxicity : Dermal: Harmful in contact with skin. Inhalation:dust,mist: Harmful if inhaled.

A211C Iodine Crystal Ampoules (7553-56-2)	
ATE US (dermal)	1100.000 mg/kg body weight
ATE US (dust, mist)	1.500 mg/l/4h
Iodine (7553-56-2)	
ATE US (dermal)	1100.000 mg/kg body weight
ATE US (gases)	4500.000 ppmV/4h
ATE US (vapors)	11.000 mg/l/4h
ATE US (dust, mist)	1.500 mg/l/4h

Skin corrosion/irritation	: Not classified
Serious eye damage/irritation	: Not classified
Respiratory or skin sensitization	: Not classified
Germ cell mutagenicity	: Not classified Based on available data, the classification criteria are not met
Carcinogenicity	: Not classified
Reproductive toxicity	: Not classified Based on available data, the classification criteria are not met
Specific target organ toxicity (single exposure)	: Not classified
Specific target organ toxicity (repeated exposure)	: Not classified
Aspiration hazard	: Not classified
Potential Adverse human health effects and symptoms	: Based on available data, the classification criteria are not met.

# A211C Iodine Crystal Ampoules

## Safety Data Sheet

according to Federal Register / Vol. 77, No. 58 / Monday, March 26, 2012 / Rules and Regulations

### SECTION 12: Ecological information

#### 12.1. Toxicity

Iodine (7553-56-2)	
LC50 fish 1	0.164 mg/l (LC50; 96 h)

#### 12.2. Persistence and degradability

A211C Iodine Crystal Ampoules (7553-56-2)	
Persistence and degradability	Not established.
Iodine (7553-56-2)	
Persistence and degradability	Biodegradability: not applicable.
Biochemical oxygen demand (BOD)	Not applicable
Chemical oxygen demand (COD)	Not applicable
ThOD	Not applicable

#### 12.3. Bioaccumulative potential

A211C Iodine Crystal Ampoules (7553-56-2)	
Bioaccumulative potential	Not established.
Iodine (7553-56-2)	
BCF other aquatic organisms 1	0.027 (BCF)
Log Pow	2.49 (Experimental value)
Bioaccumulative potential	Low potential for bioaccumulation (BCF < 500).

#### 12.4. Mobility in soil

No additional information available

#### 12.5. Other adverse effects

Effect on the global warming : No known ecological damage caused by this product.

Other information : Avoid release to the environment.

### SECTION 13: Disposal considerations

#### 13.1. Waste treatment methods

Waste disposal recommendations : Dispose in a safe manner in accordance with local/national regulations.

Ecology - waste materials : Avoid release to the environment.

### SECTION 14: Transport information

#### Department of Transportation (DOT)

In accordance with DOT

Transport document description : UN1759 Corrosive solids, toxic, n.o.s. (CORROSIVE), 8, III

UN-No.(DOT) : UN1759

Proper Shipping Name (DOT) : Corrosive solids, toxic, n.o.s.  
CORROSIVE

Class (DOT) : 8 - Class 8 - Corrosive material 49 CFR 173.136

Hazard labels (DOT) : 8 - Corrosive



Packing group (DOT) : III - Minor Danger

DOT Packaging Non Bulk (49 CFR 173.xxx) : 212

DOT Packaging Bulk (49 CFR 173.xxx) : 240

DOT Symbols : G - Identifies PSN requiring a technical name

# A211C Iodine Crystal Ampoules

## Safety Data Sheet

according to Federal Register / Vol. 77, No. 58 / Monday, March 26, 2012 / Rules and Regulations

DOT Special Provisions (49 CFR 172.102)	: IB8 - Authorized IBCs: Metal (11A, 11B, 11N, 21A, 21B, 21N, 31A, 31B and 31N); Rigid plastics (11H1, 11H2, 21H1, 21H2, 31H1 and 31H2); Composite (11HZ1, 11HZ2, 21HZ1, 21HZ2, 31HZ1 and 31HZ2); Fiberboard (11G); Wooden (11C, 11D and 11F); Flexible (13H1, 13H2, 13H3, 13H4, 13H5, 13L1, 13L2, 13L3, 13L4, 13M1 or 13M2) IP2 - When IBCs other than metal or rigid plastics IBCs are used, they must be offered for transportation in a closed freight container or a closed transport vehicle IP4 - Flexible, fiberboard or wooden IBCs must be sift-proof and water-resistant or be fitted with a sift-proof and water-resistant liner T3 - 2.65 178.274(d)(2) Normal..... 178.275(d)(2) TP33 - The portable tank instruction assigned for this substance applies for granular and powdered solids and for solids which are filled and discharged at temperatures above their melting point which are cooled and transported as a solid mass. Solid substances transported or offered for transport above their melting point are authorized for transportation in portable tanks conforming to the provisions of portable tank instruction T4 for solid substances of packing group III or T7 for solid substances of packing group II, unless a tank with more stringent requirements for minimum shell thickness, maximum allowable working pressure, pressure-relief devices or bottom outlets are assigned in which case the more stringent tank instruction and special provisions shall apply. Filling limits must be in accordance with portable tank special provision TP3. Solids meeting the definition of an elevated temperature material must be transported in accordance with the applicable requirements of this subchapter
DOT Packaging Exceptions (49 CFR 173.xxx)	: 154
DOT Quantity Limitations Passenger aircraft/rail (49 CFR 173.27)	: 15 kg
DOT Quantity Limitations Cargo aircraft only (49 CFR 175.75)	: 50 kg
DOT Vessel Stowage Location	: B - (i) The material may be stowed "on deck" or "under deck" on a cargo vessel and on a passenger vessel carrying a number of passengers limited to not more than the larger of 25 passengers, or one passenger per each 3 m of overall vessel length; and (ii) "On deck only" on passenger vessels in which the number of passengers specified in paragraph (k)(2)(i) of this section is exceeded
DOT Vessel Stowage Other	: 40 - Stow "clear of living quarters"
Other information	: No supplementary information available.

### TDG

No additional information available

### Transport by sea

No additional information available

### Air transport

UN-No. (IATA)	: 1759
Proper Shipping Name (IATA)	: Corrosive solid, n.o.s. (Iodine)
Class (IATA)	: 8 - Corrosives
Packing group (IATA)	: III - Minor Danger

## SECTION 15: Regulatory information

### 15.1. US Federal regulations

#### A211C Iodine Crystal Ampoules (7553-56-2)

Listed on the United States TSCA (Toxic Substances Control Act) inventory  
Subject to reporting requirements of United States SARA Section 313

All components of this product are listed, or excluded from listing, on the United States Environmental Protection Agency Toxic Substances Control Act (TSCA) inventory except for:

iodine	CAS No 7553-56-2	100%
--------	------------------	------

This product or mixture does not contain a toxic chemical or chemicals in excess of the applicable de minimis concentration as specified in 40 CFR §372.38(a) subject to the reporting requirements of section 313 of Title III of the Superfund Amendments and Reauthorization Act of 1986 and 40 CFR Part 372.

### 15.2. International regulations

#### CANADA

No additional information available

#### EU-Regulations

No additional information available

09/01/2016

EN (English US)

6/7

## A211C Iodine Crystal Ampoules

### Safety Data Sheet

according to Federal Register / Vol. 77, No. 58 / Monday, March 26, 2012 / Rules and Regulations

#### National regulations

No additional information available

#### 15.3. US State regulations

California Proposition 65 - This product does not contain any substances known to the state of California to cause cancer, developmental and/or reproductive harm

### SECTION 16: Other information

- Data sources : REGULATION (EC) No 1272/2008 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 16 December 2008 on classification, labeling and packaging of substances and mixtures, amending and repealing Directives 67/548/EEC and 1999/45/EC, and amending Regulation (EC) No 1907/2006.
- Training advice : Normal use of this product shall imply use in accordance with the instructions on the packaging. Keep in tightly closed container. Keep cool and dry. Avoid all ignition sources - heat, open flame, sparks. Avoid incompatible materials. Avoid dust creation and accumulation. Avoid inhalation and ingestion. Avoid contact with eyes. Wash thoroughly after handling.
- Other information : None.

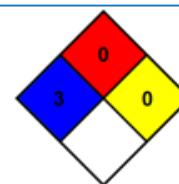
#### Full text of H-phrases:

H312	Harmful in contact with skin
H332	Harmful if inhaled
H400	Very toxic to aquatic life

NFPA health hazard : 3 - Short exposure could cause serious temporary or residual injury even though prompt medical attention was given.

NFPA fire hazard : 0 - Materials that will not burn.

NFPA reactivity : 0 - Normally stable, even under fire exposure conditions, and are not reactive with water.



#### HMIS III Rating

Health : 3 Serious Hazard - Major injury likely unless prompt action is taken and medical treatment is given

Flammability : 0 Minimal Hazard - Materials that will not burn

Physical : 0 Minimal Hazard - Materials that are normally stable, even under fire conditions, and will NOT react with water, polymerize, decompose, condense, or self-react. Non-Explosives.

Personal Protection : J

J - Splash goggles, Gloves, Synthetic apron, Dust & vapor respirator

#### SDS US (GHS HazCom 2012)

*The information above is believed to be accurate and represents the best information currently available to us. However, we make no warranty of merchantability or any other warranty, expressed or implied, with respect to such information, and we assume no liability resulting from its use. Users should make their own investigation to determine the suitability of the information for their particular purposes.*



# FICHA DE DADOS DE SEGURANÇA

Versão 6.0  
Data de revisão 25.09.2019  
Data de impressão 28.12.2021

## 1. IDENTIFICAÇÃO DO PRODUTO E DA EMPRESA

### 1.1 Identificadores do produto

Nome do produto : FERRATO(VI) DE POTÁSSIO

Referência do Produto : 480010

Marca : Aldrich

No. REACH : Um número de registo não está disponível para esta substância, já que a substância ou os seus usos estão isentos do registo, a tonelagem anual não requiere registo ou este registo está previsto para uma data posterior

No. CAS : 13718-66-6

### 1.2 Utilizações identificadas relevantes da substância ou mistura e utilizações desaconselhadas

Utilizações identificadas : Produtos químicos de laboratório, Fabrico de substâncias

### 1.3 Identificação do fornecedor da ficha de dados de segurança

Companhia : Sigma-Aldrich Brasil Ltda.  
Av. das Nações Unidas 23.043  
SÃO PAULO - SP  
04795-100  
BRAZIL

Telefone : +55 11 3732 3100

Número de Fax : +55 11 5522 7409

### 1.4 Número de telefone de emergência

Número de Telefone de Emergência : Chemtrec: +(55)-2139581449 \*

Suatrans: 0800 707 7022 / 0800 17 2020

## 2. IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS

### 2.1 Classificação da substância ou mistura

### 2.2 Elementos do rótulo

### 2.3 Outros Perigos - nenhum(a)

## 3. COMPOSIÇÃO E INFORMAÇÕES SOBRE OS INGREDIENTES

### 3.1 Substâncias

Formula :  $\text{FeK}_2\text{O}_4$



Peso molecular : 198.04 g/mol  
No. CAS : 13718-66-6

---

#### 4. MEDIDAS DE PRIMEIROS-SOCORROS

##### 4.1 Descrição das medidas de primeiros socorros

###### Recomendação geral

Consultar um médico. Mostrar esta ficha de segurança ao médico de serviço.

###### Em caso de inalação

Se for respirado, levar a pessoa para o ar fresco. Se não respirar, dar respiração artificial. Consultar um médico.

###### Em caso de contacto com a pele

Lavar com sabão e muita água. Consultar um médico.

###### Se entrar em contacto com os olhos

Lavar os olhos com água como precaução.

###### Em caso de ingestão

Nunca dar nada pela boca a uma pessoa inconsciente. Enxaguar a boca com água. Consultar um médico.

##### 4.2 Sintomas e efeitos mais importantes, tanto agudos como retardados

Os sintomas e efeitos mais importantes conhecidos descrevem-se na etiqueta (ver secção 2.2) e / ou na secção 11

##### 4.3 Indicações sobre cuidados médicos urgentes e tratamentos especiais necessários

Dados não disponíveis

---

#### 5. MEDIDAS DE COMBATE A INCÊNDIO

##### 5.1 Meios de extinção

###### Meios adequados de extinção

Utilizar água pulverizada, espuma resistente ao álcool, pó químico seco ou dióxido de carbono.

##### 5.2 Perigos especiais decorrentes da substância ou mistura

Óxidos de potássio, Óxidos de ferro

##### 5.3 Recomendações para o pessoal de combate a incêndios

Usar equipamento de respiração autónomo para combate a incêndios, se necessário.

##### 5.4 Informações adicionais

Os jatos de água podem ser utilizados para arrefecer os contentores fechados.

---

#### 6. MEDIDAS DE CONTROLE PARA DERRAMAMENTO OU VAZAMENTO

##### 6.1 Precauções individuais, equipamento de proteção e procedimentos de emergência

Evitar a formação de poeira. Evitar a respiração do vapor/névoa/gas. Assegurar ventilação adequada. Evacuar o pessoal para áreas de segurança. Para a proteção individual ver a secção 8.

**6.2 Precauções a nível ambiental**

Não permitir a entrada do produto no sistema de esgotos.

**6.3 Métodos e materiais de confinamento e limpeza**

Varrer e apanhar com uma pá. Controlar e recuperar o líquido derramado com aspirador protegido electricamente ou varrer a seco e por o líquido dentro de contentores para a eliminação de acordo com as regulações locais (ver secção 13). Manter em recipientes fechados adequados, para eliminação.

**6.4 Remissão para outras secções**

Para eliminação de resíduos ver secção 13.

**7. MANUSEIO E ARMAZENAMENTO****7.1 Precauções para um manuseamento seguro**

Providenciar uma adequada ventilação em locais onde se formem poeiras. Manter afastado de qualquer chama ou fonte de ignição - Não fumar. Manter afastado do calor e de fontes de ignição. Medidas usuais de protecção preventiva contra incêndio. Ver precauções na secção 2.2

**7.2 Condições de armazenagem segura, incluindo eventuais incompatibilidades**

Armazenar em local fresco. Guardar o recipiente herméticamente fechado em lugar seco e bem ventilado.

Estocar sob gás inerte. Sensível à humidade.

**7.3 Utilização(ões) final(is) específica(s)**

Aparte dos usos mencionados na secção 1.2 não se estipulam outros usos específicos

**8. CONTROLE DE EXPOSIÇÃO E PROTEÇÃO INDIVIDUAL****8.1 Parâmetros de controlo****Componentes a controlar com relação ao local de trabalho****8.2 Controlo da exposição****Controlos técnicos adequados**

Manusear de acordo com as boas práticas industriais de higiene e segurança. Lavar as mãos antes dos intervalos e no final do dia de trabalho.

**Protecção individual****Protecção ocular/ facial**

Óculos de protecção com um lado protector de acordo com EN 166 Use equipamento de protecção ocular testado e aprovado de acordo com as normas governamentais adequadas, tais como NIOSH (US) ou EN 166 (EU).

**Protecção da pele**

Manusear com luvas. As luvas devem ser inspeccionadas antes da utilização. Use uma técnica adequada para a remoção das luvas (sem tocar a superfície exterior da luva) para evitar o contacto da pele com o produto. Descarte as luvas contaminadas após o uso, em conformidade com as leis e boas práticas de laboratório. Lavar e secar as mãos.

As luvas de protecção seleccionadas têm de estar de acordo com as especificações da Diretiva da UE 2016/425 e da norma EN 374 dela derivada.

**Protecção do corpo**

Roupas impermeáveis, O tipo de equipamento de protecção deve ser escolhido de acordo com a concentração e a quantidade da substância perigosa no local de trabalho.

**Protecção respiratória**

Nos casos em que a avaliação de risco mostrar que os respiradores purificadores do ar são apropriados, use um respirador de partículas do tipo N100 (E.U.A.) ou cartuchos de respiração do tipo P2 (EN 143) como apoio a controlos de engenharia. Se o respirador for o único meio de protecção, usa um respirador de ar de cobertura facial total. Use respiradores e componentes testados e aprovados por normas governamentais apropriadas, tais como as NIOSH (E.U.A.) ou CEN (UE).

**Controlo da exposição ambiental**

Não permitir a entrada do produto no sistema de esgotos.

**9. PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS****9.1 Informações sobre propriedades físicas e químicas de base**

a) Aspeto	Forma: pó Cor: preto
b) Odor	Dados não disponíveis
c) Limiar olfativo	Dados não disponíveis
d) pH	Dados não disponíveis
e) Ponto de fusão/ponto de congelação	Ponto/intervalo de fusão: > 400 °C - lit.
f) Ponto de ebulição inicial e intervalo de ebulição	Dados não disponíveis
g) Ponto de inflamação	Não aplicável
h) Taxa de evaporação	Dados não disponíveis
i) Inflamabilidade (sólido, gás)	Dados não disponíveis
j) limites de inflamabilidade superior / inferior ou explosivas	Dados não disponíveis
k) Pressão de vapor	Dados não disponíveis
l) Densidade de vapor	Dados não disponíveis
m) Densidade relativa	Dados não disponíveis
n) Hidrossolubilidade	Dados não disponíveis
o) Coeficiente de partição: n-octanol/água	Dados não disponíveis
p) Temperatura de auto-ignição	Dados não disponíveis
q) Temperatura de	Dados não disponíveis

decomposição

- |                             |  |
|-----------------------------|--|
| r) Viscosidade              | Dados não disponíveis  |
| s) Propriedades explosivas  | Dados não disponíveis  |
| t) Propriedades comburentes | A substância ou a mistura está classificada como oxidante com a categoria 2. |

## 9.2 Outra informação de segurança

Dados não disponíveis

---

## 10. ESTABILIDADE E REATIVIDADE

### 10.1 Reatividade

Dados não disponíveis

### 10.2 Estabilidade química

Estável sob as condições recomendadas de armazenamento.

### 10.3 Possibilidade de reações perigosas

Dados não disponíveis

### 10.4 Condições a evitar

Evitar a humidade.

### 10.5 Materiais incompatíveis

Materiais orgânicos, Metais em pó

### 10.6 Produtos de decomposição perigosos

Produtos perigosos de decomposição formados durante os incêndios. - Óxidos de potássio, Óxidos de ferro

Outros produtos de decomposição perigosos - Dados não disponíveis

Em caso de incêndio: veja-se secção 5

---

## 11. INFORMAÇÕES TOXICOLÓGICAS

### 11.1 Informações sobre os efeitos toxicológicos

#### Toxicidade aguda

Dados não disponíveis

#### Corrosão/irritação cutânea

Dados não disponíveis

#### Lesões oculares graves/irritação ocular

Dados não disponíveis

#### Sensibilização respiratória ou cutânea

Dados não disponíveis

#### Mutagenicidade em células germinativas

Dados não disponíveis

#### Carcinogenicidade

IARC: Nenhum componente deste produto presente a níveis maiores ou iguais a 0.1% é identificado como carcinogénio provável, possível ou confirmado pelo IARC.

#### Toxicidade reprodutiva

Dados não disponíveis

**Toxicidade para órgãos-alvo específicos - exposição única**

Dados não disponíveis

**Toxicidade para órgãos-alvo específicos - exposição repetida**

Dados não disponíveis

**Perigo de aspiração**

Dados não disponíveis

**Informação adicional**

RTECS: dados não disponíveis

Até onde sabemos, as propriedades químicas, físicas e toxicológicas não foram minuciosamente investigadas.

---

**12. INFORMAÇÕES ECOLÓGICAS****12.1 Toxicidade**

Dados não disponíveis

**12.2 Persistência e degradabilidade**

Dados não disponíveis

**12.3 Potencial de bioacumulação**

Dados não disponíveis

**12.4 Mobilidade no solo**

Dados não disponíveis

**12.5 Resultados da avaliação PBT e mPmB**

A valoração de PBT / mPmB não está disponível já que a avaliação de segurança química não é necessária / não se realizou

**12.6 Outros efeitos adversos**

Dados não disponíveis

---

**13. CONSIDERAÇÕES SOBRE TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO****13.1 Métodos de tratamento de resíduos****Produto**

Queimar em um incinerador químico equipado com pós-combustor e purificador de gases, mas tomar precauções adicionais ao colocar esse material em ignição, visto que é altamente inflamável. Propor a entrega de soluções excedentes e não recicláveis a uma empresa idônea de tratamento de resíduos. Entrar em contato com um serviço profissional credenciado de descarte de lixo para descartar esse material.

**Embalagens contaminadas**

Eliminar como produto Não utilizado.

---

**14. INFORMAÇÕES SOBRE TRANSPORTE****14.1 Número ONU**

ADR/RID: 1479    DOT (US): 1479    IMDG: 1479    IATA: 1479    ANTT: 1479

**14.2 Designação oficial de transporte da ONU**

ADR/RID: SÓLIDO COMBURENTE, N.S.A. (Potassium ferrate(VI))  
 DOT (US): Oxidizing solid, n.o.s. (Potassium ferrate(VI))  
 IMDG: OXIDIZING SOLID, N.O.S. (Potassium ferrate(VI))  
 IATA: Oxidizing solid, n.o.s. (Potassium ferrate(VI))  
 ANTT: SÓLIDO OXIDANTE, N.E. (Potassium ferrate(VI))

**14.3 Classes de perigo para efeitos de transporte**

ADR/RID: 5.1    DOT (US): 5.1    IMDG: 5.1    IATA: 5.1    ANTT: 5.1

**14.4 Grupo de embalagem**

ADR/RID: II    DOT (US): II    IMDG: II    IATA: II    ANTT: II

**14.5 Perigos para o ambiente**

ADR/RID: sim    DOT (US): não    IMDG Poluente marinho: sim    IATA: não

**14.6 Precauções especiais para o utilizador**

Dados não disponíveis

**14.7 Numero De Risco**

---

**15. REGULAMENTAÇÕES****15.1 Regulamentação/legislação específica para a substância ou mistura em matéria de saúde, segurança e ambiente**

Esta Ficha de Informações de Produtos Químicos foi preparada de acordo com a NBR 14725-4/2014 da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas)

---

**16. OUTRAS INFORMAÇÕES****Informações adicionais**

Direitos exclusivos, 2018, da Sigma-Aldrich Co. LLC. Permissão concedida para fazer número ilimitado de cópias em papel, somente para uso interno.

Acredita-se que as informações acima estejam correctas, embora não pretendam ser totalmente abrangentes, devendo ser usadas apenas como um guia. A informação contida neste documento esta baseada no presente estado do nosso conhecimento e é aplicável ás precauções de segurança apropriadas para o produto. Não representa nenhuma garantia das propriedades do produto. A Corporação Sigma-Aldrich e as suas companhias afiliadas, não responderão por nenhum dano resultante do manuseio ou do contato com o produto acima. Consultar [www.sigma-aldrich.com](http://www.sigma-aldrich.com) e/ou o verso da factura ou nota que acompanha o produto para tomar conhecimento dos termos adicionais e condições de venda.

A marca no cabeçalho e/ou rodapé deste documento pode não corresponder temporariamente ao produto adquirido, uma vez que alteramos a nossa marca. No entanto, todas as informações no documento referentes ao produto não sofreram alterações e correspondem ao produto encomendado. Para obter mais informações, envie um e-mail para [mlsbranding@sial.com](mailto:mlsbranding@sial.com).

# FICHA DE INFORMAÇÃO DE SEGURANÇA DE PRODUTO QUÍMICO

Versão 6.1  
Data da revisão 18.12.2020  
Data de impressão 27.11.2021

---

## 1. IDENTIFICAÇÃO DO PRODUTO E DA EMPRESA

### 1.1 Identificadores do produto

Nome do produto : Potassium permanganate

Referência do Produto : 223468  
Marca : SIGALD  
Nº de Index : 025-002-00-9  
Número REACH : Um número de registo não está disponível para esta substancia, já que a substancia ou os seus usos estão isentos do registo, a tonelagem anual não requiere registo ou este registo está previsto para uma data posterior

Nº CAS : 7722-64-7

### 1.2 Usos identificados da substância ou mistura e usos não recomendados

Usos identificados : Produtos químicos de laboratório, Manufatura de substâncias

### 1.3 Detalhes do fornecedor da Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico - FISPQ

Empresa : Sigma-Aldrich Brasil Ltda.  
Av. das Nações Unidas 23.043  
SÃO PAULO - SP  
04795-100  
BRAZIL

Telefone : +55 11 3732 3100  
Número de Fax : +55 11 5522 7409

### 1.4 Número do telefone de emergência

Número de Telefone de Emergência : Chemtrec: +(55)-2139581449 \*  
Suatrans: 0800 707 7022 / 0800 17 2020

---

## 2. IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS

### 2.1 Classificação da substância ou mistura

#### Classificação de acordo com o regulamento (CE) 1272/2008

Sólidos oxidantes (Categoria 2), H272  
Toxicidade aguda, Oral (Categoria 4), H302  
Corrosivo para a pele (Categoria 1), H314  
Lesões oculares graves (Categoria 1), H318  
Toxicidade à reprodução (Categoria 2), H361

Toxicidade sistêmica de órgão-alvo específico - exposição repetida, Inalação (Categoria 2), Cérebro, H373

Perigoso ao ambiente aquático - Agudo (Categoria 1), H400

Perigoso ao ambiente aquático - Crônico. (Categoria 1), H410

Para obter o texto completo das frases de perigo mencionadas nesta seção, consulte a seção 16.

## 2.2 Elementos do rótulo

### Rotulagem de acordo com o Regulamento (CE) 1272/2008

Pictograma



Palavra-sinal

Perigo

Declaração de perigo

H272

Pode agravar um incêndio, comburente.

H302

Nocivo se ingerido.

H314

Provoca queimadura severa à pele e dano aos olhos.

H361

Suspeita-se que prejudique a fertilidade ou o feto.

H373

Pode provocar dano aos órgãos (Cérebro) por exposição repetida ou prolongada, se inalado.

H410

Muito tóxico para os organismos aquáticos, com efeitos prolongados.

declaração de precaução

Prevenção

P210

Mantenha afastado do calor.

P220

Mantenha afastado das roupas/ de outros materiais combustíveis.

P221

Tomar todas as precauções para não misturar com combustíveis.

P260

Não inale as poeiras/ fumos/ gases/ névoas/ vapores/ aerossóis.

P264

Lave a pele cuidadosamente após o manuseio.

P273

Evite a liberação para o meio ambiente.

P280

Use luvas de proteção/ roupa de proteção/ proteção ocular/ proteção facial.

Resposta de emergência

P303 + P361 + P353

EM CASO DE CONTATO COM A PELE (ou com o cabelo): Retire imediatamente toda a roupa contaminada. Enxágue a pele com água/ tome uma ducha.

P304 + P340 + P310

EM CASO DE INALAÇÃO: Remova a pessoa para local ventilado e a mantenha em repouso numa posição que não dificulte a respiração. Contate imediatamente um CENTRO DE INFORMAÇÃO TOXICOLÓGICA ou um médico.

P305 + P351 + P338 + P310

EM CASO DE CONTATO COM OS OLHOS: Enxágue cuidadosamente com água durante vários minutos. No caso de uso de lentes de contato, remova-as, se for fácil. Continue enxaguando. Contate imediatamente um CENTRO DE INFORMAÇÃO TOXICOLÓGICA ou um médico.

P363

Lave a roupa contaminada antes de usá-la novamente.

P370 + P378

Em caso de incêndio: Para a extinção utilize areia seca, produto químico seco ou espuma resistente ao álcool.

P391

Recolha o material derramado.



### 2.3 Outros Perigos - nenhum

## 3. COMPOSIÇÃO E INFORMAÇÕES SOBRE OS INGREDIENTES

### 3.1 Substâncias

Fórmula	: $\text{KMnO}_4$
Peso molecular	: 158.03 g/mol
Nº CAS	: 7722-64-7
Nº CE	: 231-760-3
Nº de Index	: 025-002-00-9

Componente	Classificação	Concentração
<b>Permanganato de potássio</b>		
	Ox. Sol. 2; Acute Tox. 4; Skin Corr. 1; Eye Dam. 1; Repr. 2; STOT RE 2; Aquatic Acute 1; Aquatic Chronic 1; H272, H302, H314, H318, H361, H373, H400, H410 Fator M - Aquatic Acute: 10 Fator M - Aquatic Chronic: 10	<= 100 %

Para obter o texto completo das frases de perigo mencionadas nesta seção, consulte a seção 16.

## 4. MEDIDAS DE PRIMEIROS-SOCORROS

### 4.1 Descrição das medidas de primeiros-socorros

#### Recomendação geral

O prestador de primeiros socorros deve se proteger. Mostrar esta FISPQ ao médico de plantão.

#### Se inalado

Depois de inalar: Exposição ao ar fresco. Chamar um médico.

#### Em caso de contato com a pele

No caso dum contacto com a pele: Retirar imediatamente toda a roupa contaminada. Enxaguar a pele com água/tomar um duche. Chamar o médico imediatamente .

#### Em caso de contato com o olho

Após contacto com os olhos: Enxaguar abundantemente com água. Consultar imediatamente um oftalmologista. Remova as lentes de contato.

#### Se ingerido

Após ingestão: fazer a vítima beber água ( dois copos no máximo), evitar vômito ( risco de perfuração!). Chamar o médico imediatamente . Não tentar neutralizar o agente tóxico.

### 4.2 Sintomas e efeitos mais importantes, agudos e retardados

Os sintomas e efeitos mais importantes conhecidos descrevem-se na etiqueta (ver secção 2.2) e / ou na secção 11

#### **4.3 Indicação da atenção médica imediata e do tratamento especial necessário dados não disponíveis**

---

### **5. MEDIDAS DE COMBATE A INCÊNDIO**

#### **5.1 Meios de extinção**

##### **Meios adequados de extinção**

Adapte as medidas de combate a incêndios às condições locais e ao ambiente que esta situado ao seu redor.

##### **Agentes de extinção inadequados**

Para esta substância/mistura, não há limitações dos agentes de extinção.

#### **5.2 Riscos especiais resultantes da substância ou da mistura**

Óxidos de potássio

Óxidos de magnésio/manganês

Não combustível.

Actua como substância comburente devido à cedência de oxigénio.

Possibilidade de formação de fumos perigosos em caso de incêndio nas zonas próximas.

#### **5.3 Precauções para bombeiros**

Não ficar na zona de perigo sem aparelhos respiratórios autónomos apropriados para respiração independente do ambiente. De forma a evitar o contacto com a pele, mantenha uma distância de segurança e utilize vestuário protetor adequado.

#### **5.4 Informações complementares**

Evitar a contaminação da água de superfície e da água subterrânea com a água de combate a incêndios.

---

### **6. MEDIDAS DE CONTROLE PARA DERRAMAMENTO OU VAZAMENTO**

#### **6.1 Precauções pessoais, equipamentos de proteção e procedimentos de emergência**

Conselho para o pessoal da não emergência: Evitar a inalação de pós. Evitar o contacto com a substância. Assegurar ventilação adequada. Evacuar a área de perigo, observar os procedimentos de emergência, consultar um especialista.

Para a proteção individual, consultar a seção 8.

#### **6.2 Precauções ambientais**

Não permitir a entrada do produto nos esgotos.

#### **6.3 Métodos e materiais de contenção e limpeza**

Cobrir os drenos. Colectar, ligar e bombear fugas para fora. Observar as possíveis restrições materiais (ver secções 7 e 10). Absorver em estado seco. Proceder à eliminação de resíduos. Limpeza posterior. Evitar a formação de pós.

#### **6.4 Consulta a outras seções**

Para eliminação de resíduos ver secção 13.

---

### **7. MANUSEIO E ARMAZENAMENTO**

#### **7.1 Precauções para manuseio seguro**

##### **Recomendações para manuseio seguro**

Trabalhar com chaminé. Não inalar a substância/mistura.

##### **Orientação para prevenção de fogo e explosão**

Armazenar afastado de chamas, superfícies aquecidas e fontes de ignição.

**Medidas de higiene**

Mudar imediatamente a roupa contaminada. Profilaxia cutânea. Depois de terminar o trabalho, lavar as mãos e a cara.  
Ver precauções na secção 2.2

**7.2 Condições para armazenamento seguro, incluindo incompatibilidades****Condições de armazenamento**

Herméticamente fechado. Não armazenar perto das substâncias combustíveis.

**7.3 Utilizações finais específicas**

Aparte dos usos mencionados na secção 1.2 não se estipulam outros usos específicos

**8. CONTROLE DE EXPOSIÇÃO E PROTEÇÃO INDIVIDUAL****8.1 Parâmetros de controle****Componentes com parâmetros a controlar no local de trabalho**

Componente	Nº CAS	Valor	Parâmetros de controle	Base
Permanganato de potássio	7722-64-7	LT	5 mg/m <sup>3</sup>	Brasil. NR 15 - Atividades e operações insalubres
		LT	1 mg/m <sup>3</sup>	Brasil. NR 15 - Atividades e operações insalubres

**8.2 Controles da exposição****Controles apropriados de engenharia**

Mudar imediatamente a roupa contaminada. Profilaxia cutânea. Depois de terminar o trabalho, lavar as mãos e a cara.

**Equipamento de Proteção Individual (EPI)****Proteção para a pele/olhos**

Use equipamento de proteção ocular testado e aprovado de acordo com as normas governamentais adequadas, tais como NIOSH (US) ou EN 166 (EU). Óculos de segurança bem ajustados

**Proteção para a pele**

Esta recomendação aplica-se apenas ao produto descrito na ficha de dados de segurança por nós fornecida bem como para a aplicação especificada. Quando houver dissolução ou mistura com outras substâncias e sob as devidas condições houver desvios aos descritos na EN374, por favor, contactar o fornecedor de luvas com marcação CE (ex: KCL GmbH, D-36124 Eichenzell, Internet: [www.kcl.de](http://www.kcl.de)).  
Contato total

Materiais: Borracha nitrílica

espessura mínima da capa: 0.11 mm

Pausa: 480 min

Material ensaiado: KCL 741 Dermatril® L

Esta recomendação aplica-se apenas ao produto descrito na ficha de dados de segurança por nós fornecida bem como para a aplicação especificada. Quando houver dissolução ou mistura com outras substâncias e sob as devidas condições houver desvios aos descritos na EN374, por favor, contactar o fornecedor de luvas com marcação CE (ex: KCL GmbH, D-36124 Eichenzell, Internet: [www.kcl.de](http://www.kcl.de)).

Contato com salpicos

Materiais: Borracha nitrílica

espessura mínima da capa: 0.11 mm

Pausa: 480 min  
Material ensaiado: KCL 741 Dermatril® L

**Proteção do corpo**  
vestuário de protecção

**Proteção respiratória**  
necessário em caso de formação de pós.  
Nossas recomendações sobre proteção respiratória de filtragem são baseadas nas seguintes normas: DIN EN 143, DIN 14387 e outras normas associadas relacionadas ao sistema de proteção respiratória utilizado.

**Controle da exposição ambiental**  
Não permitir a entrada do produto nos esgotos.

---

## 9. PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS

### 9.1 Informações sobre propriedades físico-químicas básicas

a) Aspecto	Estado físico: sólido
b) Odor	dados não disponíveis
c) Limite de Odor	dados não disponíveis
d) pH	dados não disponíveis
e) Ponto de fusão/congelamento	dados não disponíveis
f) Ponto de ebulição inicial e faixa de temperatura de ebulição	dados não disponíveis
g) Ponto de inflamação	Não aplicável
h) Taxa de evaporação	dados não disponíveis
h) Taxa de evaporação	dados não disponíveis
i) Inflamabilidade (sólido, gás)	O produto não é inflamável.
j) Limites superiores / inferiores de inflamabilidade ou de explosão	dados não disponíveis
k) Pressão de vapor	dados não disponíveis
l) Densidade do vapor	dados não disponíveis
m) Densidade relativa	dados não disponíveis
n) Solubilidade em água	dados não disponíveis
o) Coeficiente de partição (n-octanol/água)	dados não disponíveis
p) Temperatura de autoignição	dados não disponíveis
q) Temperatura de decomposição	dados não disponíveis

r) Viscosidade	Viscosidade, cinemática: dados não disponíveis Viscosidade, dinâmica: dados não disponíveis
s) Riscos de explosão	dados não disponíveis
t) Propriedades oxidantes	A substância ou mistura está classificada como oxidante com a categoria 2.

## 9.2 Outra informação de segurança

dados não disponíveis

---

## 10. ESTABILIDADE E REATIVIDADE

### 10.1 Reatividade

dados não disponíveis

### 10.2 Estabilidade química

O produto é estável quimicamente sob condições ambiente padrão (temperatura ambiente).

### 10.3 Possibilidade de reações perigosas

Perigo de explosão am presença de:

alumínio em pó  
Amoníaco  
compostos de amónio  
arsénio  
Dimetilformamida  
ácido acético  
Anidrido acético  
formaldeído  
substâncias oxidáveis  
Compostos nitro  
fósforo  
piridina  
redutores fortes  
ácido clorídrico  
enxofre  
Titânio  
açucares  
nitrato de amónio  
ácido sulfúrico  
Líquidos combustíveis  
Substâncias Orgânicas  
ácidos minerais  
anidridos  
lã mineral

Álcoois

com

ácido sulfúrico

sais alcalinos

com

ácido sulfúrico

Risco de inflamação ou formação de gases ou vapores inflamáveis com:

Acetaldeído

Álcoois

antimônio

Aldeídos

silanos  
 sulfóxido de dimetilo  
 Etilenoglicol  
 etanol  
 Ácido fluorídrico  
 solvente orgânico  
 glicerol  
 hidroxilamina  
 Substâncias Orgânicas  
 ácido oxálico  
 ácido sulfúrico  
 sulfureto de hidrogénio  
 peróxido de hidrogénio  
 trietanolamina  
 Ésteres  
 glicerol  
 com  
 ácido sulfúrico  
 ácido sulfúrico  
 com  
 Substâncias Orgânicas  
 Reacção exotérmica com:  
 Agentes redutores  
 Ácido nítrico  
 carbonetos  
 Desenvolvimento de gases e vapores perigosos com:  
 Cloreto de hidrogênio gasoso

#### **10.4 Condições a serem evitadas**

não existem indicações

#### **10.5 Materiais incompatíveis**

dados não disponíveis

#### **10.6 Produtos de decomposição perigosa**

Em caso de incêndio: veja-se secção 5

---

### **11. INFORMAÇÕES TOXICOLÓGICAS**

#### **11.1 Informações sobre efeitos toxicológicos**

##### **Toxicidade aguda**

DL50 Oral - Rato - 750 mg/kg

Observações: (RTECS)

DL50 Dérmico - Rato - masculino e feminino - > 2,000 mg/kg  
 (Diretriz de Teste de OECD 402)

##### **Corrosão/irritação à pele.**

Pele - Coelho

Resultado: Corrosivo depois de 4 horas ou menos de exposição  
 (Diretriz de Teste de OECD 404)

##### **Lesões oculares graves/irritação ocular**

Provoca lesões oculares graves.

**Sensibilização respiratória ou à pele**

Teste de maximização - Cobaia

Resultado: negativo

(Diretriz de Teste de OECD 406)

**Mutagenicidade em células germinativas**

Teste de Ames

Escherichia coli/Salmonella typhimurium

Resultado: negativo

Teste de mutação de genes em células de mamíferos in vitro

Mouse lymphoma test

Resultado: negativo

Diretriz de Teste de OECD 474

Rato - masculino e feminino - Medula óssea

Resultado: negativo

**Carcinogenicidade**

IARC: Nenhum componente deste produto com concentrações maiores ou iguais a 0,1% é identificado como carcinogênico provável, possível ou confirmado pelo IARC.

**Toxicidade à reprodução**

Suspeita-se que prejudique o feto.

**Toxicidade sistêmica de órgão-alvo específico - exposição única**

dados não disponíveis

**Toxicidade sistêmica de órgão-alvo específico - exposição repetida**

Inalação - Pode provocar danos aos órgãos por exposição repetida ou prolongada. - Cérebro

**Perigo por aspiração.**

dados não disponíveis

**11.2 Informação adicional**

RTECS: SD6475000

O contacto com a pele pode provocar:, Edema, Necrose, Os efeitos devidos à ingestão podem incluir:, metemoglobinemia, perturbações psicológicas, Vômitos, Náusea, Diarréia Até onde sabemos, as propriedades químicas, físicas e toxicológicas não foram minuciosamente investigadas.

**12. INFORMAÇÕES ECOLÓGICAS****12.1 Toxicidade**

Toxicidade para os peixes	Ensaio semiestático CL50 - Poecilia reticulata (Guppi) - 0.47 mg/l - 96 h (Diretriz de Teste de OECD 203)
Toxicidade em daphnias e outros invertebrados aquáticos.	Ensaio semiestático CE50 - Daphnia magna (pulga d'água ou dáfnia) - 0.06 mg/l - 48 h (Diretrizes para o teste 202 da OECD)
Toxicidade para as algas	Ensaio estático CE50r - Desmodesmus subspicatus (alga verde) - 0.8 mg/l - 72 h (Diretrizes para o teste 201 da OECD)

Ensaio estático NOEC - *Desmodesmus subspicatus* (alga verde) -  
0.32 mg/l - 72 h  
(Diretrizes para o teste 201 da OECD)

Toxicidade para as bactérias Ensaio estático CE50 - lodo ativado - 164 mg/l - 180 min  
(Diretrizes para o teste 209 da OECD)

#### 12.2 Persistência e degradabilidade

Os métodos para determinação da degradabilidade biológica não são aplicáveis às substâncias inorgânicas.

#### 12.3 Potencial bioacumulativo

#### 12.4 Mobilidade no solo

#### 12.5 Resultados da avaliação PBT e vPvB

A valoração de PBT / mPmB não está disponível já que a avaliação de segurança química não é necessária / não se realizou

#### 12.6 Outros efeitos adversos

dados não disponíveis

---

### 13. CONSIDERAÇÕES SOBRE TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO

#### 13.1 Métodos de tratamento de resíduos

##### Produto

O material residual deve ser eliminado de acordo com os regulamentos nacionais e locais. Deixar os produtos químicos nos recipientes originais. Não misturar com outros materiais residuais. Manusear os recipientes não limpos como o próprio produto. As advertências de perigo e recomendações de prudência apresentadas na etiqueta aplicam-se também a todos os resíduos deixados no recipiente. Uma eliminação ou reciclagem descontrolada desta embalagem não é permitida e pode ser perigosa. A embalagem tem de ser incinerada numa instalação de incineração adequada que disponha de uma autorização fornecida pelas autoridades competentes.

---

### 14. INFORMAÇÕES SOBRE TRANSPORTE

#### 14.1 Número ONU

ADR/RID: 1490 DOT (US): 1490 IMDG: 1490 IATA: 1490 ANTT: 1490

#### 14.2 Nome de embarque correto da ONU

ADR/RID: PERMANGANATO DE POTÁSSIO  
DOT (US): Potassium permanganate  
IMDG: POTASSIUM PERMANGANATE  
IATA: Potassium permanganate  
ANTT: PERMANGANATO DE POTÁSSIO

#### 14.3 Classes de riscos de transporte

ADR/RID: 5.1 DOT (US): 5.1 IMDG: 5.1 IATA: 5.1 ANTT: 5.1

#### 14.4 Grupo de embalagem

ADR/RID: II DOT (US): II IMDG: II IATA: II ANTT: II

#### 14.5 Perigos ambientais

ADR/RID: sim DOT (US): não IMDG Poluente marinho: sim IATA: não



**14.6 Precauções especiais para os usuários**  
dados não disponíveis

**14.7 Numero De Risco**

---

**15. REGULAMENTAÇÕES**

**15.1 Normas de segurança, saúde e ambientais específicas para a substância ou mistura**

Esta Ficha de Informações de Produtos Químicos foi preparada de acordo com a NBR 14725-4/2014 da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas)

**14.6 Precauções especiais para os usuários**  
dados não disponíveis

**14.7 Numero De Risco**

---

**16. OUTRAS INFORMAÇÕES**

**Informações complementares**

Acredita-se que as informações acima estejam correctas, embora não pretendam ser totalmente abrangentes, devendo ser usadas apenas como um guia. A informação contida neste documento esta baseada no presente estado do nosso conhecimento e é aplicável às precauções de segurança apropriadas para o produto. Não representa nenhuma garantia das propriedades do produto. A Corporação Sigma-Aldrich e as suas companhias afiliadas, não responderão por nenhum dano resultante do manuseio ou do contato com o produto acima. Consultar [www.sigma-aldrich.com](http://www.sigma-aldrich.com) e/ou o verso da factura ou nota que acompanha o produto para tomar conhecimento dos termos adicionais e condições de venda.

Direitos exclusivos, 2020, da Sigma-Aldrich Co. LLC. Permissão concedida para fazer número ilimitado de cópias em papel, somente para uso interno.

A marca no cabeçalho e/ou rodapé deste documento pode não corresponder temporariamente ao produto adquirido, uma vez que alteramos a nossa marca. No entanto, todas as informações no documento referentes ao produto não sofreram alterações e correspondem ao produto encomendado. Para obter mais informações, envie um e-mail para [mlsbranding@sial.com](mailto:mlsbranding@sial.com).

Fonte: <https://www.sigmaaldrich.com/BR/pt/substance/potassiumpermanganate158037722647>

## ANEXO 2 - Orçamento de produtos periciais Teclab



Rua Stênio Neves, 96  
Parque 10 de Novembro  
Manaus/AM. CEP: 69055-713  
Fone 92.3611-1313

Rua Dr. Jarbas Vidal Gomes, 30  
Sala 304/305 - Cidade Nova  
Belo Horizonte/MG. CEP: 31170-070  
Fone 31.2573-1313

[www.teclabam.com.br](http://www.teclabam.com.br) / [teclabam@teclabam.com.br](mailto:teclabam@teclabam.com.br)

### PROPOSTA COMERCIAL nº 625/2021

À  
SUPERINTENDENCIA DO DEPARTAMENTO DE POLÍCIA FEDERAL MINAS GERAIS.  
Laboratorio da Policia Federal. GID/SR/DPF/MG

A/C: Luciana Machado.  
Fone (31) 2517-8247 / 99494-7779

local de entrega  
Rua Nascimento Gurgel, 30 Gutierrez, Belo Horizonte - MG

E-mail: [lucianamcosta@hotmail.com](mailto:lucianamcosta@hotmail.com) [claracardosocosta26@gmail.com](mailto:claracardosocosta26@gmail.com)

#### 1. Dados Cadastrais e Bancários da Proponente

Teclab da Amazônia Comércio de Equipamentos e Materiais de Laboratórios Ltda  
Rua Stênio Neves, 96 – Parque 10 de Novembro - Manaus-AM – CEP: 69055-713  
CNPJ: 06.759.858/0001-10 - Insc. Estadual: 04.212.793-9 - Insc. Municipal: 10907501  
Banco: 001(BB), Agência: 5927-7, CC: 21797-2 / Banco: 237 (Bradesco), Agência: 3715, CC:12542-3

#### 2. Condições de Fornecimento

**Prazo de Validade:** 60 dias, contados da apresentação da proposta  
**Prazo de Entrega:** 90 dias a contar da data de recebimento da nota de empenho  
**Local de Entrega:** Conforme empenho ou termo de referência  
**Prazo Pagamento:** Conforme empenho ou termo de referência  
**Forma Pagamento:** Depósito Bancário

#### 3. Declarações e Informações Complementares

Declaramos que os preços acima, são fixos e irredutíveis e neles estão inclusos lucro e todos os custos que possam incidir no fornecimento dos produtos, tais como, impostos, frete, seguro, taxas, comissões e outras.

Declaramos que os produtos entregues terão garantia/validade mínima de 12 (doze) meses contados a partir da data de entrega. Neste período será prestada assistência técnica e eventuais defeitos de confecção ou fabricação ou que apresentarem adulteração de qualidade ou que sofrerem eventual alteração de suas características dentro de seus prazos de validade/garantia serão substituídos ou reparados, quando for o caso, sem qualquer ônus para o adquirente.

#### 4. Valor Total da Proposta

R\$ 1.030,30 -

um mil e trinta reais e trinta centavos

Belo Horizonte, 29 de Novembro de 2021

*Raimunda Patrícia Águila de Souza*

**Raimunda Patrícia Águila de Souza**

Sócia/Administradora

CPF: 714.041.982-53 / RG: 15993140 SSP AM



Rua Stênio Neves, 96  
Parque 10 de Novembro  
Manaus/AM. CEP: 69055-713  
Fone 92.3611-1313

Rua Dr. Jarbas Vidal Gomes, 30  
Sala 304/305 - Cidade Nova  
Belo Horizonte/MG. CEP: 31170-070  
Fone 31.2573-1313

[www.teclabam.com.br](http://www.teclabam.com.br) / [teclabam@teclabam.com.br](mailto:teclabam@teclabam.com.br)

## 5. Descrição e Preços dos Itens

Item	Quantidade	Unidade	Marca	Modelo
1	1	UNID	EXPERT	PRP240
Valor Unitário:		142,00	cento e quarenta e dois reais	
Valor Total:		142,00	cento e quarenta e dois reais	
Pó Regular cor Preto para Levantamento de impressões digitais. Frasco contendo 240ml.				

Item	Quantidade	Unidade	Marca	Modelo
2	1	UNID	EXPERT	PRB240
Valor Unitário:		142,00	cento e quarenta e dois reais	
Valor Total:		142,00	cento e quarenta e dois reais	
Pó Regular cor Branco para Levantamento de impressões digitais. Frasco contendo 240ml.				

Item	Quantidade	Unidade	Marca	Modelo
3	1	UNID	SIRCHIE	NRP01A
Valor Unitário:		571,40	quinhentos e setenta e um reais e quarenta centavos	
Valor Total:		571,40	quinhentos e setenta e um reais e quarenta centavos	
Cristais de ninidrina frasco de 25 gramas				

Item	Quantidade	Unidade	Marca	Modelo
4	1	UNID	SIRCHIE	CNA102
Valor Unitário:		174,90	cento e setenta e quatro reais e noventa centavos	
Valor Total:		174,90	cento e setenta e quatro reais e noventa centavos	
OMEGA-PRINT composto de cianoacrilato. Frasco de 20gramas.				