

# Síntese e caracterização do iodofórmio obtido a partir do etanol

## *Synthesis and characterization of iodoform obtained from ethanol*

**Guilherme Bernardes de Melo**

Graduando do curso de Farmácia (UNIPAM).

E-mail: [gbm\\_pm@hotmail.com](mailto:gbm_pm@hotmail.com)

**Valdir Peres**

Professor orientador (UNIPAM).

E-mail: [valdirperesbh41@gmail.com](mailto:valdirperesbh41@gmail.com)

---

**Resumo:** O iodofórmio, triiodometano, triiodeto de metila ou triiodeto de carbono ( $\text{CHI}_3$ ) é um composto que se apresenta sob a forma de cristais hexagonais brilhantes com estrutura tetraédrica. É utilizado em endodontia há muitos anos como antisséptico, radiopacificador e estimulador biológico com um alto índice de sucesso. O presente trabalho possibilitou a obtenção e a caracterização do iodofórmio por duas rotas sintéticas, a primeira partindo-se da acetona (ensaio tradicional utilizado em laboratórios especializados) e a segunda a partir do etanol, na busca do menor custo e de maior rendimento, dentro dos princípios norteadores da Química Verde. Os resultados obtidos permitiram observar que a síntese de iodofórmio a partir do etanol é perfeitamente viável, podendo tornar-se uma alternativa mais sustentável que a obtenção a partir da acetona. Além disso, ao analisar os resíduos gerados pelo ensaio do etanol, foi possível construir um mecanismo de reação até então inexistente na literatura.

**Palavras-chave:** Iodofórmio; triiodometano; química verde.

**Abstract:** The iodoform, triiodomethane, methyl triiodide or carbon triiodide ( $\text{CHI}_3$ ) is a compound that is presented in the form of hexagonal crystals glowing with tetrahedral structure. It has been used in endodontics for many years as an antiseptic, radio pacifier and biological stimulator with a high success rate. This work enabled obtaining and characterization of iodoform by two synthetic routes, the first starting from the acetone (traditional assay used in specialized laboratories) and the second is stemmed from the ethanol, in the search of the lowest cost and the highest yield within the guiding principles of Green Chemistry. The results obtained propose that the synthesis of iodoform from ethanol is feasible and may become a more sustainable alternative to the extraction of acetone. Furthermore, when analysing the waste generated by ethanol assay, it was possible to construct a reaction mechanism non-existent in the literature.

**Keywords:** Iodoform. Triiodomethane. Green chemistry.

---

## 1 INTRODUÇÃO

A química verde (*green chemistry*, ou química sustentável) foi introduzida há cerca de dezoito anos nos EUA quando o *Presidential Green Chemistry Awards* foi criado pela EPA (*Environmental Protection Agency*), agência de proteção ambiental daquele

país, em colaboração com a *American Chemical Society* (ACS) e o *Green Chemistry Institute* (GCI). Desde 1996, essa iniciativa norte-americana vem despertando o interesse de organizações governamentais e não governamentais de vários países. Na Europa, no Japão e mesmo nos Estados Unidos, foram criados prêmios para incentivar pesquisadores de Indústrias e Universidades a desenvolverem tecnologias inovadoras empregando os princípios da química verde.

O que hoje está sendo chamado de química verde na verdade não apresenta nada de novo, uma vez que a busca de um desenvolvimento sustentável há anos está incorporada nos ideais do homem moderno. A ECO-92, o Protocolo de Kyoto, a Rio+10 e a Rio-21 são exemplos de iniciativas que mostram a crescente preocupação mundial com as questões ambientais. A química verde pode ser encarada como a associação do desenvolvimento da química à busca da auto sustentabilidade.

Criou-se, ao longo dos anos, um consenso sobre os principais pontos ou princípios básicos da química verde. Os doze pontos que precisam ser considerados quando se pretende implementar a química verde em uma indústria ou instituição de ensino e/ou pesquisa são os seguintes:

1. Prevenção - É mais barato evitar a formação de resíduos tóxicos do que tratá-los depois que eles são produzidos;
2. Eficiência Atômica - As metodologias sintéticas devem ser desenvolvidas de modo a incorporar o maior número possível de átomos dos reagentes no produto final;
3. Síntese Segura - Devem-se desenvolver metodologias sintéticas que utilizam e geram substâncias com pouca ou nenhuma toxicidade à saúde humana e ao ambiente;
4. Desenvolvimento de Produtos Seguros - Deve-se buscar o desenvolvimento de produtos que, após realizarem a função desejada, não causem danos ao ambiente;
5. Uso de Solventes e Auxiliares Seguros - A utilização de substâncias auxiliares como solventes, agentes de purificação e secantes precisa ser evitada ao máximo; quando inevitável a sua utilização, essas substâncias devem ser inócuas ou facilmente reutilizáveis;
6. Busca pela Eficiência de Energia - Os impactos ambientais e econômicos causados pela geração da energia utilizada em um processo químico precisam ser considerados. É necessário o desenvolvimento de processos que ocorram à temperatura e pressão ambientes;
7. Uso de Fontes de Matéria-Prima Renováveis - O uso de biomassa como matéria-prima deve ser priorizado no desenvolvimento de novas tecnologias e processos;
8. Evitar, sempre que possível, derivações desnecessárias (grupos bloqueadores, proteção/desproteção, modificação temporária de processos físicos/químicos).
9. Catálise - O uso de catalisadores (tão seletivos quanto possível) deve ser escolhido em substituição aos reagentes estequiométricos;
10. Produtos Degradáveis - Os produtos químicos precisam ser projetados para a biocompatibilidade. Após sua utilização não devem permanecer no ambiente, degradando-se em produtos inócuos;

11. Análise em Tempo Real para a Prevenção da Poluição - O monitoramento e controle em tempo real, dentro do processo, deverão ser viabilizados. A possibilidade de formação de substâncias tóxicas deverá ser detectada antes de sua geração;

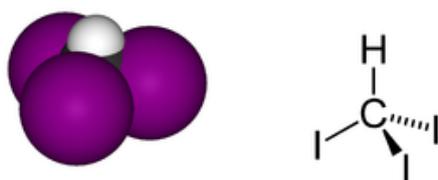
12. Química Intrinsecamente Segura para a Prevenção de Acidentes - A escolha das substâncias, bem como sua utilização em um processo químico, deve procurar a minimização do risco de acidentes, como vazamentos, incêndios e explosões.

A eficiência atômica, também chamada de economia de átomos, objetiva a incorporação do maior número de átomos dos reagentes no produto final de uma rota sintética. Pode ser determinada dividindo-se a massa molar do produto desejado pela soma das massas molares de todas as substâncias produzidas nas reações envolvidas. Esse novo conceito para avaliar a eficácia das reações implicou em um modo inovador de olhar para a química de síntese. A reação evoluiu do modelo clássico, de objetivo único (o produto final, com rendimento máximo) para um novo modelo que integra três objetivos complementares: produto final com rendimento máximo, maximização da incorporação dos átomos dos reagentes no produto final e minimização da formação de resíduos, não só os derivados dos reagentes, mas também dos solventes e dos auxiliares intermediários. Essa evolução também objetivou a redução do gasto energético.

A gestão dos resíduos gerados em cada processo sintético tem a finalidade de promover a prevenção de acidentes, de monitorar a formação de substâncias tóxicas e de promover o descarte final, se for o caso, dentro das normas legais. Normalmente, esse trabalho é desenvolvido com a observância dos princípios norteadores da Agenda 21, os denominados 5Rs: **Reduzir**, **Recuperar**, **Reutilizar**, **Reaproveitar** e **Reprojetar**.

O iodofórmio, triiodometano, triiodeto de metila, triiodeto de carbono ou simplesmente TIM ( $\text{CHI}_3$ ) é um composto que se apresenta sob a forma de cristais hexagonais brilhantes, de cor amarelo-limão, com ponto de fusão de 121-123°C, massa molar 393,73 g/mol e estrutura tetraédrica que pode ser representada espacialmente pelos modelos mostrados na Figura 1.

Figura 1 - Iodofórmio em suas duas representações espaciais.



Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Iodof%C3%B3rmio>

O iodofórmio possui sabor desagradável, odor penetrante e persistente. Tem baixa solubilidade em água (0,1g/L), é relativamente solúvel em álcool etílico (16,7g/L) e muito solúvel em clorofórmio (100g/L), em óleo de oliva e em éter sulfúrico (133g/L). É utilizado em endodontia há muitos anos como antisséptico, radiopacificador e estimulador biológico (AYDOS; MILANO, 1984) com um alto índice de sucesso.

O iodofórmio disponível no comércio e nos laboratórios especializados tem sido obtido historicamente a partir da reação halofórmica, realizada com iodo, acetona e

hidróxido de sódio. No presente trabalho, buscou-se a obtenção e a caracterização do  $\text{CHI}_3$  por uma rota sintética diferente, estabelecendo-se os parâmetros para consolidar o menor custo, o maior rendimento e a maior sustentabilidade, dentro dos princípios norteadores da química verde.

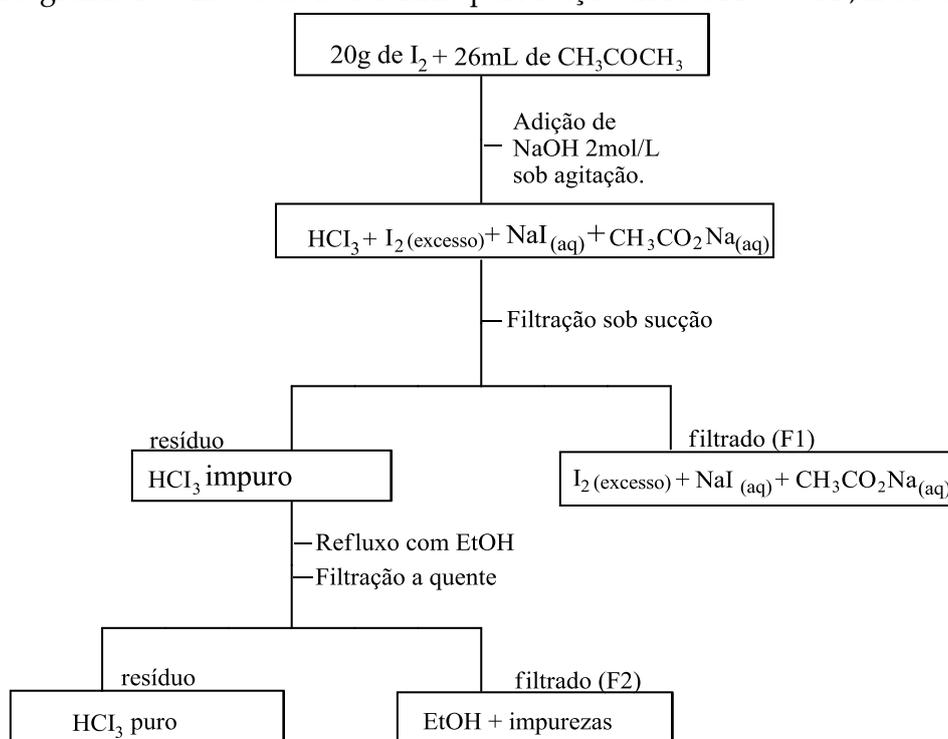
## 2 MATERIAL E MÉTODOS

As sínteses e as análises por via úmida foram conduzidas no laboratório de preparo da Central Analítica, do Bloco M, do Centro Universitário de Patos de Minas - UNIPAM. As medidas de  $\text{pH}$ , quando necessárias, foram realizadas em  $\text{pHmetro}$  INATEC, modelo INL-10. As medidas de ponto de fusão foram feitas em aparelho FISATOM, modelo 430.

As análises espectrométricas foram realizadas nos laboratórios do campus de Rio Paranaíba da Universidade Federal de Viçosa - UFV. Para a difratometria de Raios-X, foi utilizado um difratômetro Shimadzu XRD-6000, monocromador de grafite e tubo de cobre, com passo de  $2\theta/s$ , e para as análises no infravermelho, utilizou-se equipamento Jasco, modelo 4100, com faixa de leitura de  $4000 - 400 \text{ cm}^{-1}$ , fazendo as leituras em acessório de ATR.

A investigação da rota sintética a partir do etanol, para possível substituição do processo tradicional, com provável maior rendimento, foi feita por comparação com a síntese original, partindo de acetona, iodo e hidróxido de sódio, de acordo com roteiro adaptado de Barros e Peres (2007), para o qual foi construído o fluxograma 1.

Fluxograma 1 – Síntese do iodofórmio pela reação entre  $\text{CH}_3\text{COCH}_3$ ,  $\text{I}_2$  e  $\text{NaOH}$ .



Fonte: Autoria própria, 2014.

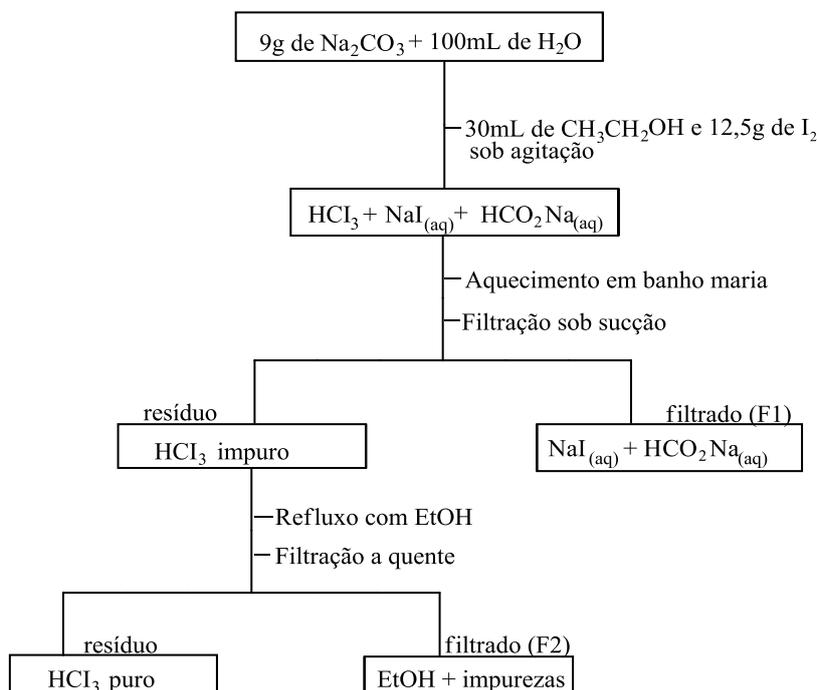
O iodo foi dissolvido, inicialmente, sob agitação em 26mL de acetona e a esse material foi adicionada a solução aquosa de hidróxido de sódio de concentração 2mol/L por meio de um funil de separação, lentamente e com agitação, até a precipitação completa do iodofórmio (precipitado amarelo). O produto da reação foi resfriado em banho de gelo e submetido à filtração sob sucção, obtendo-se um resíduo amarelo e um filtrado (F1). O resíduo impuro foi submetido à purificação por recristalização e, logo após a filtração a quente, o filtrado foi resfriado em banho de gelo até a precipitação total dos cristais amarelos de iodofórmio. Foi feita uma nova filtração sob pressão reduzida, lavando-se os cristais com etanol frio, obtendo-se, assim, o iodofórmio puro e um segundo filtrado (F2). O produto sólido foi levado para secagem em dessecador com o dessecante sílica gel, por 24h. Depois de seco, determinou-se seu ponto de fusão para controle do grau de pureza e, em seguida, foi armazenado em frasco de vidro. Uma alíquota do produto foi encaminhada para análises espectrométricas nos laboratórios da UFV, CRP, e o material restante foi armazenado em frasco de vidro sob a denominação de IOD-1. Os filtrados (F1 e F2) foram armazenados em frascos de vidro para posterior análise e tratamento.

Vale ressaltar que, ao serem adicionados, o iodo e o hidróxido de sódio apresentam uma reação adicional ao processo indicado no Fluxograma 1:



Verifica-se, portanto, a possibilidade da existência de hipiodito de sódio (NaIO) na segunda linha do referido fluxograma, o que, conseqüentemente, vai alterar a composição do filtrado F1. Isso realmente foi detectado por Barros e Peres (2007), porém a quantidade do sal de iodo com estado de oxidação +1 foi muito pequena, conseqüência talvez do deslocamento do equilíbrio no sentido do NaOH, uma vez que os íons hidroxila foram consumidos para a neutralização dos hidrogênios ácidos da acetona.

Apesar da pequena quantidade de hipiodito, detectada no filtrado F1, aventou-se a hipótese de que, depois de certo tempo, a diminuição da velocidade da reação inversa poderia prejudicar o processo, causando redução no rendimento. Desse modo, ao ser proposta a síntese do iodofórmio por uma rota alternativa, talvez mais sustentável, procurou-se evitar a presença do hidróxido de sódio como base forte para a reação halofórmica e o inconveniente da formação do hipiodito. Assim, a síntese do iodofórmio proposta por esse trabalho partiu de iodo e carbonato de sódio, de acordo com roteiro adaptado de Rogana *et. al.* (1968). Foi escolhido, também, o etanol como reagente de partida, numa tentativa de diminuir o custo e aumentar a sustentabilidade do processo. O problema surgido durante o experimento foi acompanhar o mecanismo de oxidação do etanol para etanal, uma vez que somente este último possui hidrogênios  $\alpha$  para serem neutralizados pela base e atingir o aldeído trihalogenado para a clivagem final, formando o iodofórmio. Assim, para a síntese do iodofórmio a partir de etanol, iodo e carbonato de sódio, foi proposto o fluxograma 2.

Fluxograma 2 – Síntese do iodofórmio pela reação de  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ,  $\text{I}_2$  e  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .

Fonte: Autoria própria, 2014.

O iodo (12,5g) foi dissolvido, inicialmente, sob agitação em 30mL de etanol e a esse material foi adicionada a solução aquosa (9% p/v) de carbonato de sódio, por meio de um funil de separação, lentamente, até a precipitação completa do iodofórmio (precipitado amarelo). O produto da reação foi aquecido em banho-maria, resfriado em banho de gelo e submetido à filtração sob sucção. O filtrado (F1) foi armazenado para posterior análise e tratamento. O resíduo, constituído de iodofórmio impuro, foi submetido à purificação por recristalização e, depois da filtração a quente, o filtrado foi resfriado em banho de gelo até a precipitação total dos cristais amarelos de iodofórmio. Foi feita uma nova filtração sob sucção, lavando-se os cristais com etanol frio, obtendo-se, assim, o iodofórmio puro. Esse produto foi levado para secagem em dessecador com o dessecante sílica gel por 24h e, depois de seco, determinou-se seu ponto de fusão para controle do grau de pureza. Uma alíquota do produto foi encaminhada para análises espectrométricas nos laboratórios da UFV, CRP, e o produto restante foi estocado em frasco de vidro sob a denominação de IOD-3. O filtrado (F2) foi armazenado em frascos de vidro para posterior análise e tratamento.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 SÍNTESE DO IODOFÓRMIO PELA REAÇÃO ENTRE $\text{CH}_3\text{COCH}_3$ , $\text{I}_2$ e $\text{NaOH}$ .

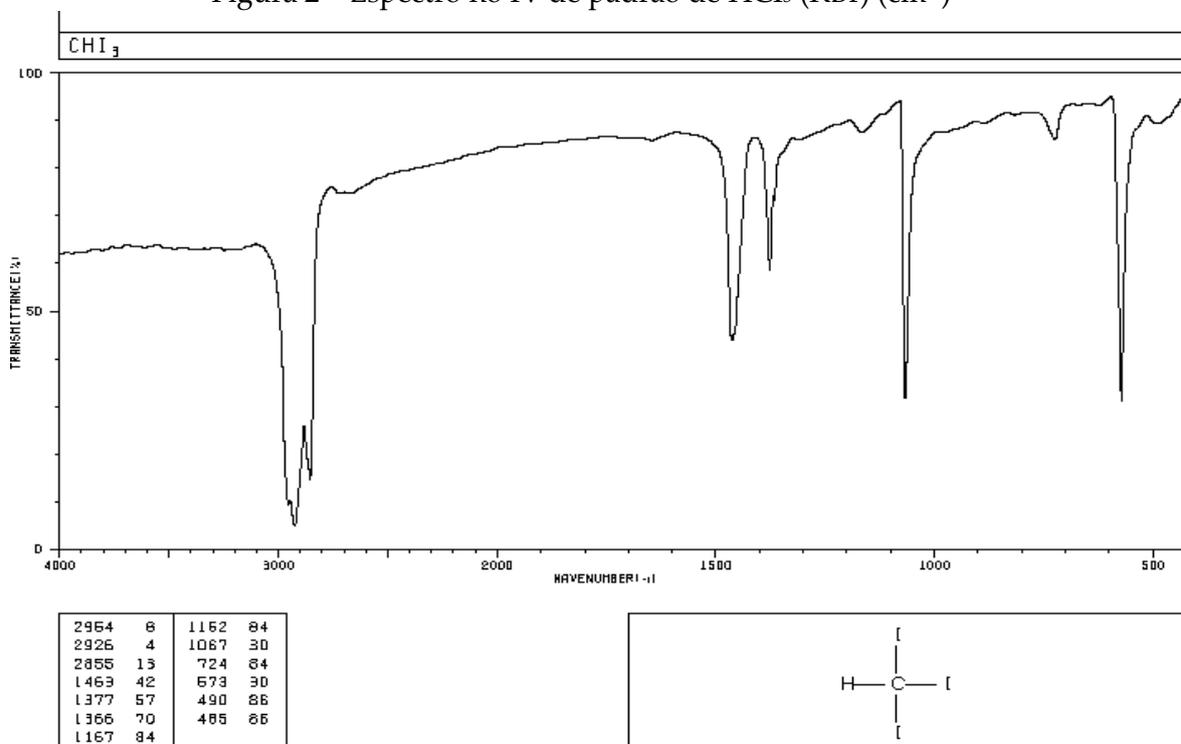
O tratamento de 26mL de acetona com 20g de iodo e solução de hidróxido de sódio de concentração 2,0 mol/L, conforme o Fluxograma 1, levou à produção de

5,817g de iodofórmio puro, o que corresponde a um rendimento de 56,3%. Esses resultados reproduzem com exatidão o procedimento adotado por Barros e Peres (2007).

A pureza do iodofórmio foi determinada, inicialmente, considerando a sua temperatura de fusão, a qual ocorreu na faixa de 119-121°C (não corrigida). Para não pairar dúvidas sobre essa faixa de fusão, obtida em aparelho, promoveu-se a confirmação por meio do método do tubo de Thiele, obtendo-se o mesmo resultado. Essa faixa coincide com os valores constantes da literatura para o iodofórmio e, desse modo, comprovou-se parcialmente a sua pureza.

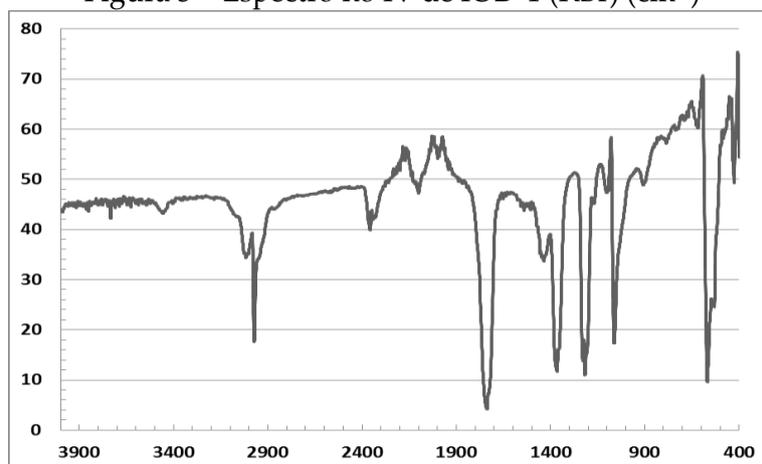
A comprovação definitiva da pureza e da estrutura do produto foi feita por meio de análise espectroscópica no infravermelho. Inicialmente, buscou-se na literatura o espectro no IV de um padrão de iodofórmio, o qual está mostrado na Figura 2.

Figura 2 – Espectro no IV de padrão de  $\text{CHI}_3$  (KBr) ( $\text{cm}^{-1}$ )



Fonte: [http://sdbs.db.aist.go.jp/sdbs/cgi-bin/direct\\_frame\\_top.cgi](http://sdbs.db.aist.go.jp/sdbs/cgi-bin/direct_frame_top.cgi)

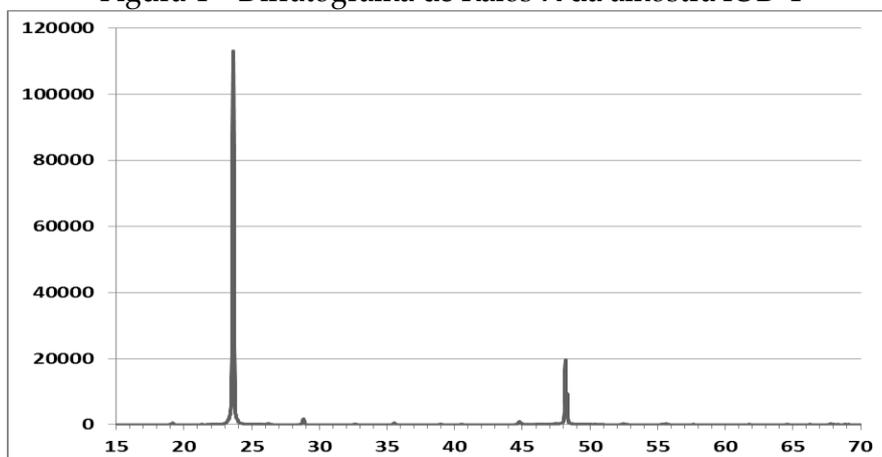
Foi feita, então, a comparação com o espectro da amostra IOD-1 (Figura 3) e as bandas características das ligações C-I e C-H coincidiram relativamente bem, considerando a escala das figuras, confirmando-se, assim, a pureza e a estrutura do iodofórmio, obtido de acordo com o Fluxograma 1.

Figura 3 – Espectro no IV de IOD-1 (KBr) ( $\text{cm}^{-1}$ )

Fonte: Laboratório de Raios-X e IV do CRP da UFV, 2014.

Uma vez confirmadas a estrutura e a pureza da amostra IOD-1, correspondente ao iodofórmio gerado na reação entre acetona, iodo e hidróxido de sódio, procurou-se mais um parâmetro para servir de comparação, a fim de garantir que o iodofórmio produzido pela reação entre o etanol, iodo e carbonato de sódio, de acordo com o fluxograma 2, era realmente igual ao obtido seguindo o fluxograma 1. Como a molécula do iodofórmio é constituída de apenas um átomo de carbono, ligado a três átomos de iodo e a um átomo de hidrogênio, pode-se realmente adotar as estruturas espaciais tetraédricas expostas na Figura 1. Assim sendo, e considerando que a literatura informa que ele é um composto que se apresenta sob a forma de cristais hexagonais brilhantes, optou-se por analisar a amostra IOD-1 por difratometria de Raios-X, a fim de se obter um padrão para futuras comparações. Vale ressaltar que não existe uma ficha na biblioteca virtual do instrumento utilizado para essa análise e, desse modo, esse trabalho é inédito quanto a esse item. O resultado dessa análise encontra-se na Figura 4.

Figura 4 – Difratoograma de Raios-X da amostra IOD-1



Fonte: Laboratório de Raios-X e IV do CRP da UFV, 2014.

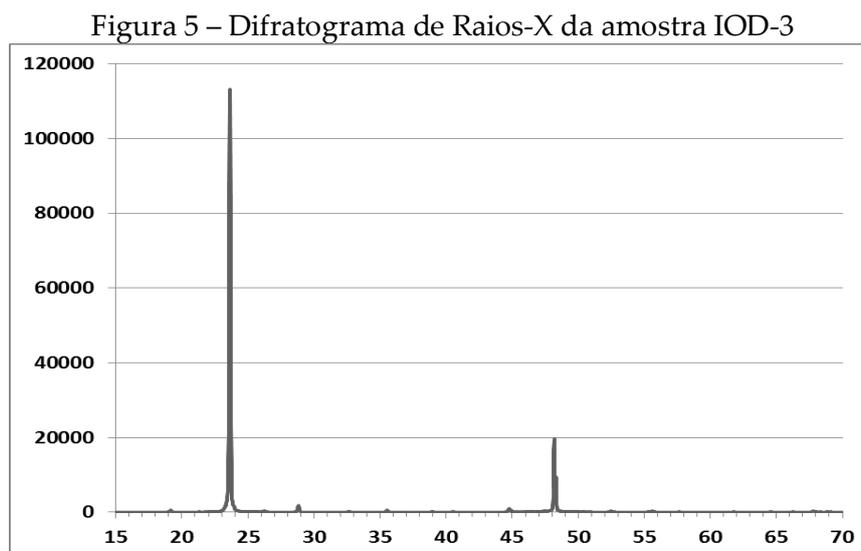
Para a gestão dos resíduos gerados, foram recolhidos e estocados 472mL de material, provenientes da mistura dos filtrados F1 e F2 do Fluxograma 1, constituídos teoricamente por excesso de iodo, acetato de sódio e iodeto de sódio. Para a análise desses resíduos, foram repetidos os procedimentos propostos e executados com êxito por Barros e Peres (2007). Além das referidas substâncias, considerando a reação adicional que ocorre naturalmente quando o hidróxido de sódio é adicionado ao iodo, foi avaliada qualitativamente a presença de hipiodito de sódio, seguindo também a técnica proposta por Barros e Peres (2007), que consistiu em promover a redução do  $I^+$  do  $IO^-$  com  $Sn(NO_3)_2$  seguida de extração do iodo livre ( $I_2$ ) com  $CHCl_3$ .

Como a quantidade de material resultante da mistura de F1 e F2 após as análises era muito pouca, procedeu-se ao tratamento dos resíduos remanescentes com solução de HCl 0,1 mol/L até total neutralização, verificada a partir da medida do pH do meio. Uma vez neutralizado e estando o pH ajustado de acordo com as orientações do CONAMA, o material resultante foi finalmente descartado.

### 3.2 SÍNTESE DO IODOFÓRMIO PELA REAÇÃO ENTRE $CH_3CH_2OH$ , $I_2$ E $Na_2CO_3$

O tratamento de 30mL de etanol com 12,5g de iodo e 9g de carbonato de sódio, conforme Fluxograma 2, levou à produção de 2,88g de iodofórmio puro, o que corresponde a um rendimento de 44,6%.

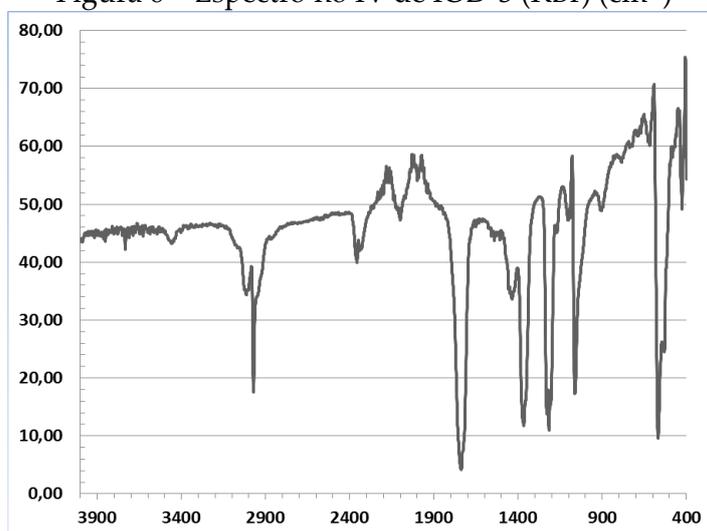
A pureza do iodofórmio assim obtido foi determinada, inicialmente, pela sua temperatura de fusão, obtida por meio de aparelho e confirmada pelo método do tubo de Thiele, encontrando-se a faixa de 120-123°C (não corrigida), coincidente com valores aproximados aos dos constantes da literatura. A comprovação definitiva da pureza do  $CHI_3$  foi realizada, inicialmente, por difratometria de Raios-X da amostra designada por IOD-3, obtendo-se o difratograma constante da Figura 5, o qual apresenta perfeita identidade com o padrão obtido com a análise da amostra IOD 1.



Fonte: Laboratório de Raios-X e IV do CRP da UFV, 2014.

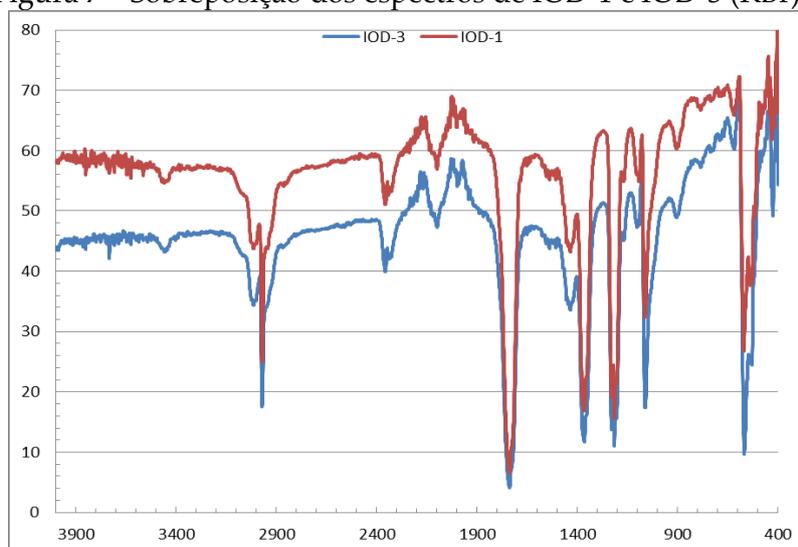
A comprovação definitiva da pureza e da estrutura do iodofórmio obtido com a nova rota, constante do Fluxograma 2, foi feita por meio de análise espectroscópica no infravermelho. Para isso, uma alíquota do produto quimicamente puro (IOD 3), resultante da reação entre etanol, iodo e carbonato de sódio, foi submetida à análise, obtendo-se o espectro mostrado na Figura 6. Os espectros das amostras IOD-1 (Figura 3) e IOD-3 (Figura 6) foram sobrepostos (Figura 7), para melhor visualização das bandas de absorção características de deformação axial da ligação C-I de grupos  $CI_3$ , na região de  $1350-1120\text{ cm}^{-1}$  e análise da região de impressão digital de  $900\text{ a }1400\text{ cm}^{-1}$ . Essa região do espectro é bastante complexa por apresentar um grande número de bandas de deformação angular, de tal modo que cada molécula apresenta um padrão de absorção característico e único, como se fosse uma impressão digital da substância, sendo, portanto, adequada na caracterização de uma amostra.

Figura 6 – Espectro no IV de IOD-3 (KBr) ( $\text{cm}^{-1}$ )



Fonte: Laboratório de Raios-X e IV do CRP da UFV, 2014.

Figura 7 – Sobreposição dos espectros de IOD-1 e IOD-3 (KBr) ( $\text{cm}^{-1}$ )



Fonte: Laboratório de Raios-X e IV do CRP da UFV, 2014.

Como os difratogramas de Raios-X se sobrepuseram perfeitamente e como as absorções características das ligações C-I e C-H coincidiram, não permaneceu assim nenhuma dúvida quanto à pureza e à estrutura tetraédrica do produto, ficando, assim, caracterizado o iodofórmio obtido por essa rota sintética.

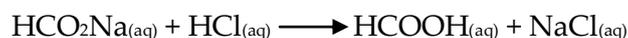
Para a análise e o possível gerenciamento dos resíduos provenientes dessa rota sintética, foram reunidos os filtrados F1 e F2 constantes do Fluxograma 2, o que totalizou 359mL de material homogêneo de coloração castanho claro.

O material foi testado primeiramente para detecção da possível presença de etanol por meio do teste de inflamabilidade. Para esse ensaio, obteve-se um resultado negativo, o que pode ser explicado pela inexistência de EtOH remanescente, em virtude, provavelmente, da pequena quantidade dessa substância utilizada na fase de recristalização do iodofórmio impuro. Desse modo, ficou prejudicada a composição do filtrado F2 do Fluxograma 2.

Seguindo a proposta do Fluxograma 2, foi realizado um ensaio do resíduo pela adição de solução de nitrato de prata ( $\text{AgNO}_3$ ), obtendo-se um precipitado amarelado, que confirmou a presença de iodeto, o que pode ser expresso pela equação



Considerando, ainda, o Fluxograma 2, foi promovido o ensaio de identificação do metanoato de sódio ( $\text{HCO}_2\text{Na}$ ) pela evaporação do solvente e consequente obtenção de um pó branco residual. A esse material, constituído provavelmente por iodeto de sódio e metanoato de sódio, foi feita a adição de HCl 1,0 mol/L, o que provocou a evolução de odor característico de ácido fórmico, o que pode ser expresso pela equação



Nesse caso, a reação é favorecida, pois o ácido fórmico (ou metanoico) produzido é muito mais fraco que o ácido clorídrico. Assim sendo, apenas o formato (ou metanoato) de sódio reage, pois a reação



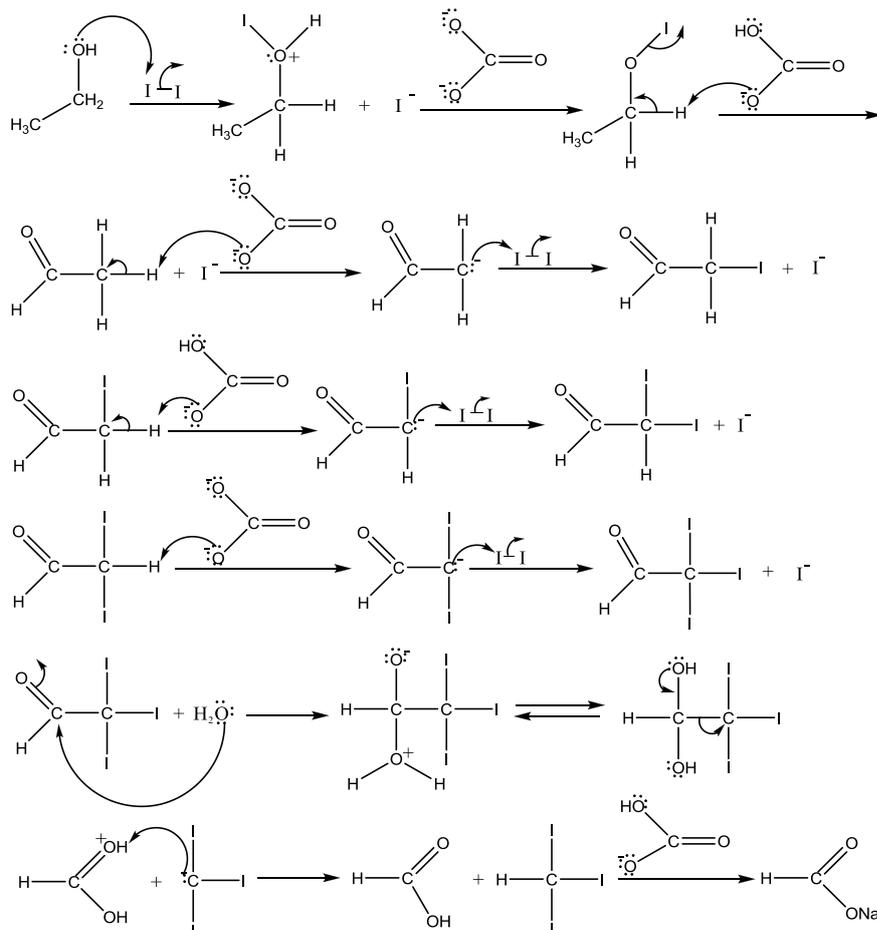
não é favorecida, uma vez que aparece no segundo membro da equação o ácido iodídrico, muito mais forte que o ácido clorídrico.

Outra coisa observada nessa síntese foi a evolução de pequenas bolhas durante o experimento, o que pode ser explicado pela produção, no final, de ácido carbônico, formado a partir do carbonato e mantido apenas no equilíbrio



Os resultados obtidos nas análises desses resíduos permitiram a construção do mecanismo da reação entre etanol, iodo e carbonato de sódio, até agora inexistente na literatura (figura 8).

Figura 8 – Mecanismo da reação entre etanol, iodo e carbonato de sódio.



Fonte: Autoria própria, 2014.

Como a quantidade de material remanescente da mistura de F1 e F2 após as análises era muito pouca, procedeu-se ao tratamento dos resíduos com solução de HCl 0,1 mol/L até total neutralização, verificada a partir da medida do pH do meio. Uma vez neutralizado e estando o pH ajustado de acordo com as orientações do CONAMA, o material resultante foi finalmente descartado.

### 3.3 COMPARATIVOS ENTRE AS SÍNTESES UTILIZANDO ACETONA (IOD-1) E A PARTIR DE ETANOL (IOD-3)

Quadro 1 – Comparação entre as rotas para obtenção de IOD-1 e IOD-3

Rotas Sintéticas	Reagentes Utilizados	Resíduos Gerados	Rendimento
IOD-1	Acetona, iodo e hidróxido de sódio	Acetato de sódio, hipoiodito de sódio e iodeto de sódio	56,3%
IOD-3	Etanol, iodo e carbonato de sódio.	Metanoato de sódio e iodeto de sódio.	44,6%

Os preços dos insumos utilizados para cada uma das rotas sintéticas são apresentados no Quadro 2.

Quadro 2 – Preços dos insumos utilizados nas duas rotas sintéticas.

Insumo	Preço (R\$)
Acetona (1L)	18,05
Álcool Etílico Absoluto (1L)	9,78
Hidróxido de Sódio 2mol/L (2L)	5,04
Carbonato de Sódio (500g)	8,50
Iodo P.A. (100g)	81,00

Quanto aos produtos constituintes dos resíduos gerados nas duas sínteses, o  $\text{HCO}_2\text{Na}$ , formado a partir da reação de etanol, iodo e carbonato de sódio, assume uma importância significativa, uma vez que ele pode ser aproveitado na indústria química para a produção de ácido oxálico. Além disso, o metanotato, formiato ou formato de sódio tem utilização em laboratórios de química analítica para a precipitação de metais nobres e nas indústrias têxtil e de papel ele é usado na produção do agente redutor bissulfito de sódio. Em química de tratamento de efluentes, as soluções aquosas do metanoato são utilizadas para a absorção de anidrido sulfuroso constituinte dos gases de exaustão de chaminés, particularmente em usinas termoelétricas.

#### 4 CONCLUSÕES

A análise dos resultados permite concluir que a síntese do iodofórmio a partir de etanol, iodo e carbonato de sódio, apesar de apresentar um rendimento mais baixo, pode representar uma rota economicamente viável, principalmente pelo baixo custo dos insumos e pela menor geração de resíduos.

Analisando-se os doze pontos que precisam ser considerados quando se pretende implementar a química verde em uma indústria, pode-se concluir que a produção de iodofórmio pela rota do etanol é mais sustentável e ecologicamente correta e deve ser estimulada.

#### 5 AGRADECIMENTOS

À estagiária da Central Analítica, Karoline Pereira Ribeiro e seu assistente Lindolfo Neiva, pela inestimável ajuda para a execução de todos os ensaios de síntese e de análise. Ao Professor Jairo Tronto, do Campus de Rio Paranaíba da Universidade Federal de Viçosa, pelas análises em Raios-X e no Infravermelho. À Professora Maria Perpétua Oliveira Ramos, do Centro Universitário de Patos de Minas, pelo suporte e ajuda na finalização do trabalho. À FEPAM pela bolsa concedida.

## REFERÊNCIAS

AYDOS, J. H.; MILANO, N. F. Revisão bibliográfica sobre o uso do iodofórmio em Endodontia. *Rev. Fac. Odontol.* Porto Alegre, v. 26, p. 43-51, mar.1984.

BARROS, J. C. B.; PERES, V. *Estudo da oxidação da acetona pela reação halofórmica e gestão dos resíduos gerados*. In: XXI ENCONTRO REGIONAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA – MG, Uberlândia: Integrando os Pesquisadores em Química do Estado de Minas Gerais, 2007.

ROGANA, E.; PEREIRA, J. A; FERREIRA, G. A. L. *Orgânica Experimental*. Belo Horizonte: UFMG. 1968. 81 p.