

Potencial de degradação dos compostos químicos adicionados à Portaria 2914/2011¹

Potential of degradation of chemical compounds added to the Decree 2914/2011

Andrêssa Rezende Pereira²

Sue Ellen Costa Bottrel³

Renata de Oliveira Pereira⁴

DOI: <https://doi.org/10.34019/2179-3700.2018.v18.29856>

Resumo

Na última revisão do padrão de potabilidade da água, que resultou na Portaria nº 2914/2011, alguns compostos químicos que podem causar danos à saúde humana foram acrescentados ou retirados. Dentre os compostos adicionados, escolheram-se onze agrotóxicos para a avaliação de sua remoção em processos do ciclo completo de tratamento de água, de acordo com as bibliografias nacional e internacional. Os onze agrotóxicos foram: aldicarbe, carbendazim, carbofurano, clorpirifós, diuron, mancozebe, metamidofós, parationa metilica, profenofós, tebuconazol e terbufós. A respeito das remoções nas etapas de clarificação do tratamento de ciclo completo da água, que contempla a coagulação/floculação, decantação e filtração, foi possível perceber que estes processos alcançam remoções variadas, chegando a eficiências acima de 60% para o carbendazim e clorpirifós. Para os demais compostos, as eficiências de remoção apresentaram-se abaixo de 50%. Na etapa de oxidação com compostos clorados, tais como dióxido de cloro, hipoclorito de sódio, hipoclorito de cálcio e cloro gasoso, as remoções apresentaram valores desejáveis, acima de 70%, na maioria dos estudos verificados. Ressalta-se que ainda existem poucos estudos relacionados à remoção de agrotóxicos nos processos de tratamento de água, principalmente com relação às técnicas atualmente empregadas no Brasil, fazendo-se necessário o desenvolvimento de mais estudos na área.

Palavras-chave: Agrotóxicos. Tratamento de água. Portaria de consolidação nº 5 anexo XX. Remoção.

Abstract

In the last review of the water potability standard, which resulted in Decree nº 2914/2011, some chemical compounds that may cause harm to human health were added or withdrawn. Among the added compounds, eleven pesticides were chosen for the evaluation of their removals in processes of the full cycle water treatment, according to the national and international

¹ Trabalho premiado no Seminário de Iniciação Científica da UFJF de 2014.

² Bolsista PROVOQUE do XXVI BIC/UFJF – 2013/2014. Graduada em Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal de Juiz de Fora – UFJF. Mestra e doutoranda em Engenharia Ambiental na Universidade Federal de Ouro Preto.

³ Colaboradora. Professora do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFJF.

⁴ Orientadora. Professora do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFJF. Endereço: Campus da UFJF, 4ª Plataforma do Setor de Tecnologia, Bairro São Pedro – CEP: 36036-330 – Juiz de Fora – MG



bibliographies. The eleven pesticides were: aldicarb, carbendazim, carbofuran, chlorpyrifos, diuron, mancozeb, metamidofós, methyl parathion, profenofos, tebuconazol and terbufos. Regarding the removals in the clarification steps of the full cycle water treatment, which includes coagulation/flocculation, decantation and filtration, it was possible to notice that these processes reached varied removal rates, reaching efficiencies above 60% for carbendazim and chlorpyrifos. For the other compounds, removal efficiencies were below 50%. In the oxidation stage with chlorinated compounds, such as chlorine dioxide, sodium hypochlorite, calcium hypochlorite and chlorine gas, the removals had desirable values, above 70%, in most of the verified studies. It must be emphasized that there are still few studies about the removal of pesticides in water treatment processes, especially those related to the techniques currently employed in Brazil. This gap makes necessary the development of further studies in the area.

Keywords: Pesticides. Water treatment. Consolidation decree nº 5 annex XX. Removal.

1 INTRODUÇÃO

A portaria que estabelece a qualidade da água a ser distribuída à população sofre constantemente alterações a fim de garantir o abastecimento de água com qualidade que atenda às necessidades da população. O desenvolvimento de tecnologias de tratamento da água, a descoberta de compostos químicos que podem causar danos à saúde da população, o perfil de consumo e até mesmo a poluição dos mananciais de abastecimento, fazem com que as atualizações da legislação sejam necessárias. Assim sendo, entrou em vigor a Portaria nº 2914/2011 (BRASIL, 2011), que atualmente mudou de nome para Portaria de Consolidação nº 5 Anexo XX (BRASIL, 2017), mas manteve o mesmo conteúdo. Esta objetivou excluir e complementar alguns compostos químicos da antiga Portaria nº 518/2004 (BRASIL, 2004).

A Portaria nº 518/2004 definia, para substâncias químicas, o padrão de potabilidade para 13 compostos inorgânicos, 12 compostos orgânicos e 22 agrotóxicos. A Portaria em vigor estabelece 15 compostos inorgânicos, 15 compostos orgânicos e 27 agrotóxicos (BRASIL, 2004; BRASIL, 2011; BRASIL, 2017). Assim, o foco deste estudo foi no âmbito dos agrotóxicos.

Segundo o Ministério do Meio Ambiente, a partir do ano de 2008, o Brasil assumiu a posição de maior consumidor de agrotóxicos no mundo, visto que o país se destaca na produção de alimentos e matérias-primas. O uso dos agrotóxicos pode resultar na presença dos mesmos nas águas e mananciais. Assim sendo, o tratamento de águas de abastecimento deve garantir a remoção desses compostos ou reduzir suas concentrações a níveis abaixo do estabelecido pela legislação e, portanto, não implicar em riscos para a saúde humana no seu uso (OLIVEIRA, 2011; ORMAD *et al.*, 2008).

Nas estações de tratamento de água (ETA) que utilizam o ciclo completo, as etapas

de coagulação/floculação, decantação e filtração são capazes de remover apenas parte das substâncias, sendo necessária a implantação de processos alternativos mais eficientes (SANCHES *et al.*, 2013; PHAM *et al.*, 2013; GORZA, 2012; FALEIROS, 2008; SOARES, 2011). A etapa de desinfecção é a que possui potencial de alcançar as maiores eficiências de remoção.

Com relação à presença de agrotóxicos nas águas de consumo humano, o grande desafio do tratamento de água é o projeto de unidades de tratamento capazes de remover diversos microcontaminantes com características químicas diferentes, sem que ocorra a formação de outros compostos nocivos à saúde humana (PASCHOALATO *et al.*, 2008). Assim sendo, o objetivo deste trabalho é realizar um estudo sobre as degradações/remoções, no tratamento de água de ciclo completo, dos onze compostos adicionados à Portaria nº2914/2011—aldicarbe, carbendazim, carbofurano, clorpirifós, diuron, mancozebe, metamidofós, parationa metílica, profenofós, tebuconazol e terbufós.

2 METODOLOGIA

Para a elaboração desse trabalho de revisão bibliográfica, utilizaram-se artigos científicos encontrados nas bases de dados *Scopus* e *Science Direct*, dissertações de mestrado e teses de doutorado, relacionados aos agrotóxicos acrescentados à Portaria nº 2914 de 2011 (aldicarbe, carbendazim, carbofurano, clorpirifós, diuron, mancozebe, metamidofós, parationa metílica, profenofós, tebuconazol e terbufós). O agrotóxico mancozebe foi substituído no presente trabalho pela etilenotiouréia (ETU), visto que o mancozebe apresenta tempo de meia-vida no solo de 1 h e é rapidamente transformado em ETU (IUPAC, 2018). Assim, tem-se a ETU como um dos principais subprodutos.

Inicialmente, foram obtidos aproximadamente 60 trabalhos que apresentavam diversas técnicas de tratamento de água contendo os compostos de interesse e, em seguida, selecionaram-se 17 trabalhos que apresentavam técnicas do tratamento de água de ciclo completo.

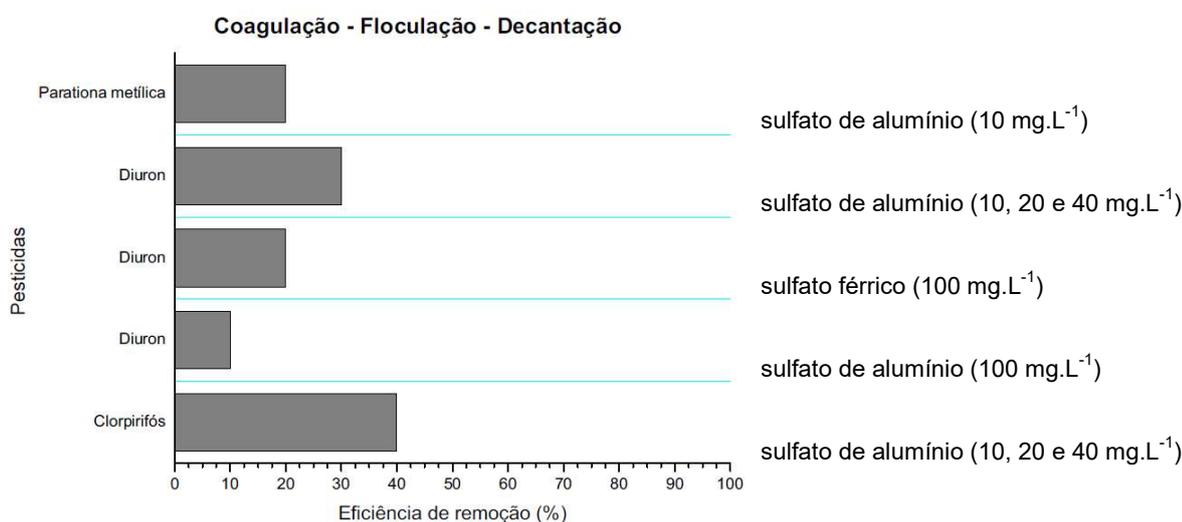
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Tratamento de ciclo completo— Etapas de clarificação

O tratamento de ciclo completo é normalmente utilizado nas estações de tratamento de água, consistindo nas etapas de coagulação, floculação, decantação,

filtração e desinfecção. Com relação às etapas que compreendem a clarificação, a remoção apenas nas etapas de coagulação/floculação/decantação variou de 10 a 40% nos estudos avaliados (Figura 1). Quando se inclui a etapa de filtração, as eficiências reportadas na literatura ultrapassaram 60% para os alguns agrotóxicos, como pode ser verificado na Figura 2. Os estudos encontrados são referentes aos compostos carbendazim, carbofurano, clorpirifós, diuron, parationa metílica e ETU – subproduto do mancozebe. Para os demais micropoluentes de interesse – aldicarbe, metamidofós, profenofós, tebuconazol e terbufós – não foram encontrados trabalhos específicos para estas etapas, destacando a lacuna na literatura com relação a este tópico.

Figura 1 – Eficiências de remoção dos agrotóxicos (clorpirifós, diuron e parationa metílica) na coagulação/floculação/decantação e suas respectivas condições de tratamento

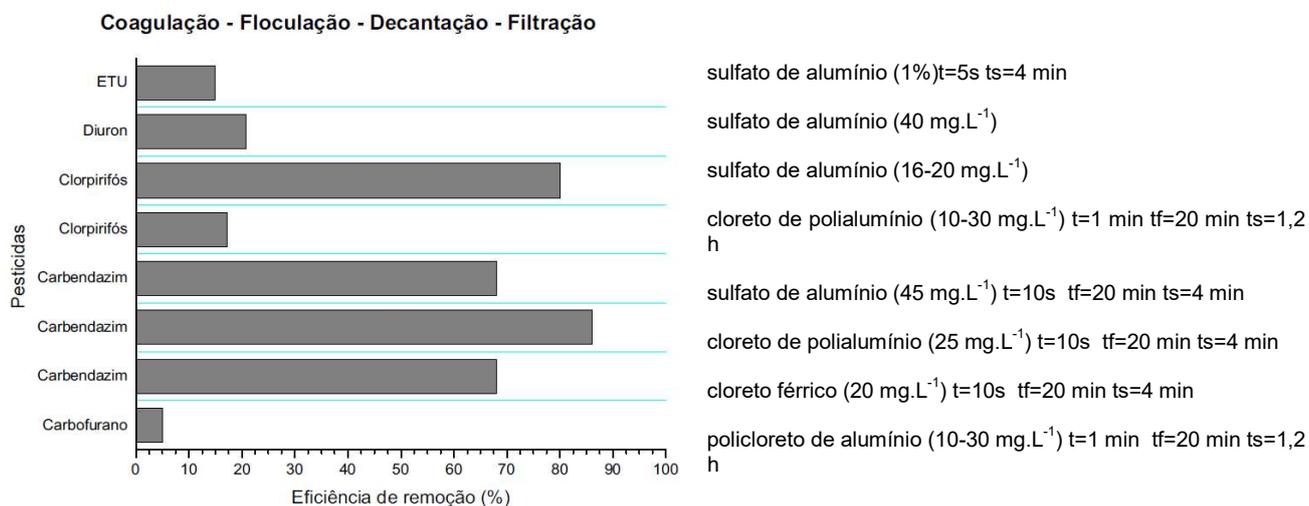


Fonte: EL-DIB & ALI (1977); ORMAD *et al.* (2008)

Em um único trabalho, estudou-se a remoção do carbofurano após coagulação com cloreto de polialumínio na dose de 10 a 30 mg.L⁻¹ seguida por floculação, decantação e filtração. A remoção do agrotóxico foi de apenas 5%, mostrando a ineficiência dessas etapas na remoção do carbofurano (PHAM *et al.*, 2013).

Com relação ao carbendazim, observaram-se remoções acima de 60% para os três coagulantes testados, sulfato de alumínio, cloreto de polialumínio e cloreto férrico, sendo utilizadas condições de tratamento, como dose e pH, normalmente empregadas em ETA (PEREIRA, 2018).

Figura 2 – Eficiências de remoção dos agrotóxicos (carbofurano, carbendazim, clorpirifós, diuron e ETU) na coagulação, floculação, decantação e filtração, e suas respectivas condições de tratamento



T=tempo de coagulação, ts=tempo de sedimentação, tf=tempo de filtração

Fonte: PHAM *et al.* (2013); ORMAD *et al.* (2008); GORZA (2012); FALEIROS (2008); PASCHOALATO *et al.* (2009); SOARES (2011); PEREIRA (2018)

Para o clorpirifós, as remoções reportadas na literatura variaram entre 17 a 80%. Utilizando o coagulante sulfato de alumínio nas doses de 10, 20 e 40 mg.L⁻¹, chegou-se a remoção de 40% na etapa de coagulação e 80% na etapa de filtração utilizando a areia e o antracito como meio filtrante (ORMAD *et al.*, 2008; GORZA, 2012). Já ao se utilizar o cloreto de polialumínio, dosado entre 10 a 30 mg.L⁻¹, a remoção na filtração em areia chegou a apenas 17% (PHAM *et al.*, 2013).

Para o diuron, a faixa de remoção variou de 5 a 30% nos trabalhos avaliados. No estudo de Ormad *et al.* (2008), ao se utilizar o sulfato de alumínio em doses até 40 mg.L⁻¹, a eficiência de remoção na coagulação foi de 30% e na associação da coagulação, floculação, decantação e filtração, esta se reduziu para 21% com a mesma dose de coagulante (PASCHOALATO *et al.*, 2009). El-Dib & Ali (1977) avaliaram a eficiência apenas da coagulação com sulfato de alumínio e sulfato férrico na dose de 100 mg.L⁻¹, alcançando remoção de 10% e 20%, respectivamente, indicando que o sulfato de alumínio é mais eficiente para remoção do diuron.

Neste estudo, optou-se por verificar a remoção do mancozebe por meio de um dos

seus principais subprodutos encontrados em águas de abastecimento, conhecido como ETU. Segundo Soares (2011), este composto apresenta maior solubilidade em água e maior potencial carcinogênico do que o ingrediente ativo original. Sendo assim, Soares (2011) analisou a remoção da ETU nas etapas de coagulação com sulfato de alumínio, floculação, decantação e filtração nas concentrações iniciais de 2, 5, 25 e 50 mg.L⁻¹ e a remoção máxima alcançada no referido estudo foi 18%.

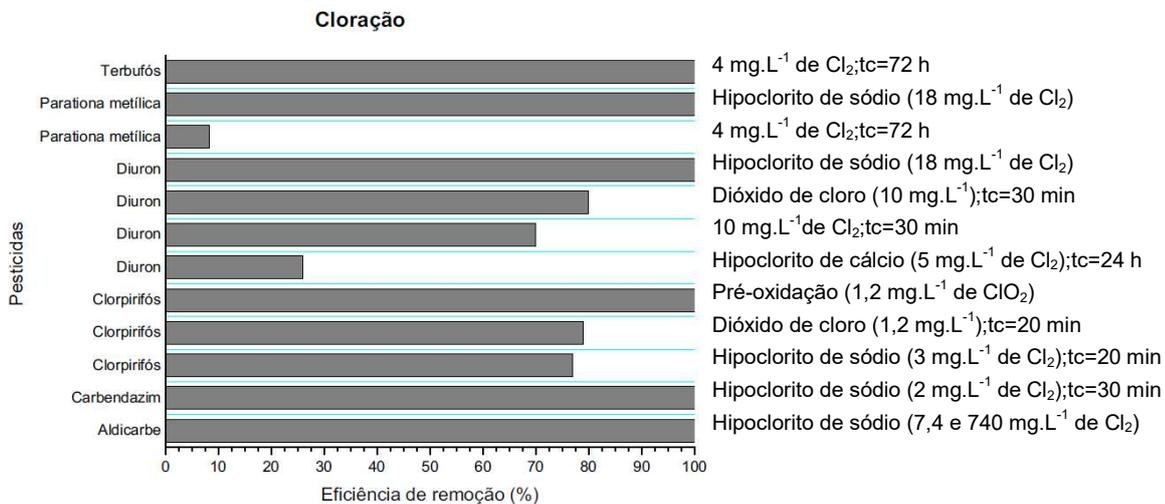
A remoção da parationa metílica foi avaliada com o coagulante sulfato de alumínio a 10 mg.L⁻¹ chegando ao valor de 20% de remoção do agrotóxico na etapa de coagulação (ORMAD *et al.*, 2008). A ausência de outras referências sobre a parationa metílica e demais agrotóxicos (aldicarbe, metamidofós, parationa metílica, profenofós, tebuconazol e terbufós) limita a análise e as conclusões sobre as eficiências de remoção, demonstrando a carência de estudos na área.

Conforme as Figuras 1 e 2, ao analisar a faixa de variação da remoção dos agrotóxicos estudados na água, pode-se perceber que a etapa de coagulação/floculação/decantação não alcança uma elevada remoção dos agrotóxicos considerados, sendo encontradas eficiências inferiores a 40% (PHAM *et al.*, 2013; ORMAD *et al.*, 2008; EL-DIB & ALI, 1977; FALEIROS, 2008; PASCHOALATO *et al.*, 2009; SOARES, 2011). Já na junção a etapa de filtração às demais, obtiveram-se eficiências mais elevadas, acima de 60% para carbendazim e clorpirifós, indicando que estes compostos poderiam ser removidos de forma mais eficiente em estações de tratamento de água.

3.2 Tratamento de ciclo completo– Desinfecção com compostos clorados

De acordo com os resultados apresentados na literatura referenciada, a etapa de desinfecção, utilizando compostos a base de cloro, se mostrou eficiente na degradação dos seguintes agrotóxicos: aldicarbe, carbendazim, clorpirifós, diuron, parationa metílica e terbufós. Para os demais agrotóxicos não foram encontrados estudos referentes a este tipo de tratamento. Os desinfetantes utilizados nos trabalhos avaliados foram o hipoclorito de sódio, hipoclorito de cálcio, cloro gasoso e dióxido de cloro. Os resultados dos estudos encontrados e condições de ensaios são mostrados na Figura 3.

Figura 3 – Eficiências de remoção dos agrotóxicos na desinfecção com compostos clorados e suas respectivas condições de tratamento



tc=tempo de contato

Fonte: EL-DIB & ALI (1977); MILES (1991); ORMAD *et al.* (2008); ROSA (2008); KAMEL *et al.* (2009); GORZA (2012); PEREIRA (2018)

No trabalho de Miles (1991), estudou-se a degradação do aldicarbe utilizando hipoclorito de sódio em concentrações de 7,4 e 740 mg.L⁻¹ e tempo de contato não especificado no trabalho, encontrando-se remoções de 100%, o que pode ser atribuído à elevada dose do oxidante na água. Neste sentido, é importante ressaltar que, segundo as considerações da Portaria 2914/2011, o teor máximo de cloro residual deve ser de 5 mg.L⁻¹.

Pereira (2018) verificou que o agrotóxico carbendazim foi totalmente degradado utilizando o hipoclorito de sódio na dose de 2 mg.L⁻¹ de Cl₂ e tempo de contato de 30 minutos, sendo estas condições muito semelhantes às verificadas no tratamento de água de ciclo completo.

Para o clorpirifós, utilizou-se o hipoclorito de sódio com dosagens de Cl₂ de 3 mg.L⁻¹, chegando à remoção de 77% (GORZA, 2012). Na utilização do dióxido de cloro na dose de 1,2 mg.L⁻¹, a remoção foi de 79%, sendo que o acréscimo da etapa de coagulação com sulfato de alumínio após a oxidação não levou ao aumento da remoção (ORMAD *et al.*, 2008).

No caso do diuron, nos estudos avaliados, utilizaram o cloro gasoso, o hipoclorito

de cálcio, hipoclorito de sódio e dióxido de cloro como desinfetantes. No trabalho em que se avaliou a degradação pelo cloro gasoso e o dióxido de cloro, ambos na concentração de $10 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ e tempo de contato de 30 minutos, foram obtidas remoções de 70% e 80%, respectivamente (ORMAD *et al.*, 2008). Sendo assim, nas condições avaliadas, o dióxido de cloro mostrou-se mais eficiente para degradação do diuron. A investigação da remoção do contaminante na presença de hipoclorito de cálcio, com concentração de cloro ativo de $5 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ e tempo de contato de 24 horas, resultou na remoção de apenas 26%, mesmo após o tratamento de ciclo completo (ROSA, 2008). El-Dib & Ali (1977) alcançaram 100% de degradação do diuron, na dose de $18 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de cloro ativo, durante 20 minutos e $\text{pH}=8$. Verifica-se, portanto, o uso de altas concentrações de oxidante ou tempos de contato elevados para se alcançar elevadas remoções, sendo que o dióxido de cloro mostrou-se mais eficiente na oxidação do diuron.

A remoção de parationa metílica foi verificada em dois estudos e os resultados obtidos mostraram dados de remoção muito discrepantes. No estudo de Ormad *et al.* (2008), utilizou-se o hipoclorito de sódio com concentração ativa de cloro de $18 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ e tempo de contato de 20 minutos, chegando a 100% de remoção. Kamel *et al.* (2009), utilizando a concentração de $4 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de Cl_2 do mesmo oxidante, $\text{pH}=8$ e tempo de contato demasiadamente alto, de 72 h, alcançou remoção de apenas 8%, demonstrando, no caso da parationa metílica, que a concentração de cloro pode exercer uma influência mais significativa que um elevado tempo de contato. Contudo, devem ser realizados mais estudos para confirmar o exposto.

No trabalho envolvendo a remoção do terbufós, foi obtida uma eficiência de 100% de degradação com o hipoclorito de sódio na concentração de cloro ativo de $4 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, tempo de contato de 72 horas e concentração inicial do contaminante de $64 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$. Contudo, salienta-se que o limite de detecção do método de quantificação utilizado no estudo foi de $1 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$, além de ser relativamente elevado e próximo ao limite máximo permitido pela Portaria nº 2914/2011, que é de $1,2 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$. Portanto, ao final da reação, a concentração remanescente do contaminante poderia não ser baixa o suficiente para atendimento ao padrão normativo. Recomenda-se a realização de novos estudos considerando limites de detecção mais baixos para se avaliar a eficiência de remoção desse composto a concentrações mais seguras do ponto de vista de saúde pública (KAMEL *et al.*, 2009).

Verifica-se que concentrações elevadas de cloro são utilizadas nos estudos de

remoção dos compostos químicos. De acordo com a portaria 2914/2011, a concentração de cloro residual máxima na água deve ser de 5 mg.L⁻¹, inviabilizando o uso de concentrações elevadas como demonstrado na Figura 3. Destacam-se resultados da oxidação do clorpirifós e do terbufós com hipoclorito de sódio a 3 mg.L⁻¹ e 4 mg.L⁻¹ com remoções elevadas de 77 e 100% respectivamente, apesar do tempo de contato elevado do terbufós de 72 horas. Isso demonstra que tais compostos são facilmente degradados pelo cloro. Todavia, a parationa metílica nas condições utilizadas no tratamento de água se mostra recalcitrante, com uma remoção de apenas 6% para uma concentração de hipoclorito de sódio de 4 mg.L⁻¹ e tempo de contato de 72 horas necessitando de outros tratamentos ou oxidantes para a remoção do mesmo em ETA. Os compostos carbofurano, mancozebe, metamidofós, profenofós e tebuconazol necessitam de estudos para se conhecer a eficiência de degradação destes na cloração.

4 CONCLUSÃO

No tratamento de ciclo completo, as etapas de coagulação/floculação/decantação e filtração oferecem remoções consideráveis apenas para os agrotóxicos carbendazim e clorpirifós, salientando-se a importância de mais estudos dos demais compostos que ainda não tiveram sua remoção reportada na literatura.

Os processos de desinfecção utilizando compostos clorados oferecem remoções acima de 70% na maioria dos casos, sendo que o hipoclorito de sódio se mostrou o desinfetante mais eficiente, chegando a 100% de remoção na maioria dos testes em que foi analisado.

Desta forma, há lacunas a serem preenchidas com relação à remoção/degradação dos agrotóxicos em técnicas atualmente empregadas no Brasil para o tratamento de águas de abastecimento, a fim de se conhecer os possíveis riscos à saúde da população associados à qualidade da água contendo agrotóxicos.

5 AGRADECIMENTOS

À Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa da UFJF pela concessão da bolsa.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 518 de 25 de março de 2004. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 26 mar. 2004. Disponível em: <http://www.in.gov.br/web/guest/inicio>. Acesso em: 25 ago. 2019.

_____. Ministério da Saúde. Portaria nº 2914 de 12 de dezembro de 2011. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 14 dez. 2011. Disponível em: <http://www.in.gov.br/web/guest/inicio>. Acesso em: 25 ago. 2019.

_____. Ministério da Saúde. Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017 – ANEXO XX. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 03 out. 2017. Disponível em: <http://www.in.gov.br/web/guest/inicio>. Acesso em 25 ago. 2019.

BRASIL. MMA. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/seguranca-quimica/gestao-das-substancias-quimicas/produtos-agrot%C3%B3xicos.html>. Acesso em: 20 nov. 2018.

EL-DIB, M. A.; ALY, O. A. Removal of phenylamide pesticides from drinking waters - I. Effect of chemical coagulation and oxidants. **Water Research**, v.11, p. 611-616, jan. 1977.

FALEIROS, R. J. R. **Uso de carvão ativado pulverizado para a remoção dos herbicidas Diuron e Hexazinona de água superficial**. 2008. 121 f. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental) – Centro de Ciências Exatas, Naturais e Tecnologia, Universidade de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto, 2008.

GORZA, N. L. **Remoção de agrotóxicos em uma instalação piloto de tratamento de águas de abastecimento do tipo convencional, associado à pré-oxidação e adsorção em carvão ativado granular**. 2012. 133 f. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental) – Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2012.

IUPAC. International Union of Pure and Applied Chemistry. Disponível em: <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/iupac/Reports/424.htm>. Acesso: 20 nov. 2018.

KAMEL, A. *et al.* Oxidation of selected organophosphate pesticides during chlorination of simulated drinking water. **Water Research**, v. 43, p. 522-534, out. 2008.

MILES, C. J. Degradation of aldicarb, aldicarb sulfoxide, and aldicarb sulfone in chlorinated water. **Environ. Sci. Technol**, Hawaii, v. 25, n. 10, p. 1774-1779, 1991.

OLIVEIRA, A. G. **Remoção do agrotóxico organofosforado clorpirifós usando processo oxidativo avançado**. 2011. 89 f. Dissertação de mestrado (Pós-

Graduação em Engenharia Civil-Saneamento Ambiental) – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

ORMAD, M. P. *et al.* Pesticides removal in the process of drinking water production. **Chemosphere**, v. 71, p. 97-106, out. 2008.

PASCHOALATO, C. F. P. R. *et al.* Uso de carvão ativado para remoção dos herbicidas diuron e hexazinona de água. **Revista DAE**, São Paulo, n.179, p. 34-41, jan. 2008.

PEREIRA, A. R. **Remoção de carbendazim de água por processo de clarificação acoplado à adsorção ou cloração**. 2018. 98 f. Dissertação de mestrado (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2018.

PHAM, T.; NGUYEN, V.; VAN DER BRUGGEN, B. Pilot-Scale Evaluation of GAC Adsorption Using Low-Cost, High-Performance Materials for Removal of Pesticides and Organic Matter in Drinking Water Production. **Journal of Environmental Engineering**, v. 139, n. 7, p. 958-965, fev. 2013.

ROSA, I. D. A. **Remoção dos herbicidas diuron e hexazinona de água superficial no tratamento em ciclo completo com adsorção em carvão ativado granular**. 2008. 109 f. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental) – Centro de Ciências Exatas, Naturais e Tecnologias, Universidade de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto, 2008.

SANCHES, S. *et al.* Removal of pesticides from water combining low pressure UV photolysis with nanofiltration. **Separation and Purification Technology**, v.115, n. 30, p.73-82, ago. 2013.

SOARES, A. F. S. **Uso de agrotóxicos, contaminação de mananciais e análise da legislação pertinente: um estudo na região de Manhuaçu - MG**. 2011. 300 f. Tese de Doutorado (Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos - Meio Ambiente) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.