

**Bentazona: características físico-químicas e toxicológicas de
relevância ambiental**

*Bentazone: physico-chemical and toxicological characteristics of
environmental relevance*

Eduardo Henrique Martins

Bárbara Caroline de Freitas Pantaleão

Hudson Boschiero

Mariana Rizzo Matiuzzo

Valdir Soncin

Recebido em 27 de outubro, 2020 aceito em 06 de setembro, 2021

Registro DOI: <http://dx.doi.org/10.22280/revintervol14ed3.484>

**RESUMO**

O bentazona é um herbicida pós-emergente que combate ervas daninhas de folhas largas através da inibição da fotossíntese. É amplamente utilizado no Brasil, principalmente nos estados da região sul do país, em culturas de arroz. É um composto solúvel em água e tem uma chance bem reduzida de ser adsorvido em solo ou sedimentos. Também, pode-se inferir que esse herbicida não se acumula em tecidos adiposos pois possui baixo valor de Kow. Além disso, ele é pouco volátil. Nesse sentido, tais características físico-químicas indicam que esse composto pode ser mais facilmente encontrado na coluna d'água. Desse modo, a partir de dados da literatura derivou-se o Critério de Potabilidade, obtendo-se a concentração máxima permitida de bentazona em água (0,540 mg/L). Os critérios para proteção da vida aquática de águas doce (0,073 mg/L) e águas salgadas (0,0073 mg/L) também foram calculados. Além disso, avaliou-se o risco para vida aquática de água doce. Na avaliação de risco, verificou-se a ocorrência de bentazona em mananciais brasileiros, que apresentou concentrações abaixo dos critérios calculados. Já numa análise sob o ponto de vista legal, verificou-se que o composto consta na lista de agrotóxicos regulamentados no CONAMA 396/2008, porém com um valor mais restritivo do que o indicado nesse estudo. Portanto, cabe uma revisão e possível atualização do valor regulamentado.

Palavras-chave: CAS 25057-89-0. Herbicida. Ecotoxicidade. Critério de qualidade da água.

ABSTRACT

Bentazone is a post-emergent herbicide that control weeds with broad leaves by inhibiting photosynthesis. It is widely used in Brazil, mainly in the southern region of the country, in rice crops. It is very soluble in water and has a low chance of being adsorbed on soil or sediment. Also, it can be inferred that this herbicide does not accumulate in adipose tissues because it has a low Kow value. In addition, it is slightly volatile. Physical-chemical characteristics indicate that the compound can be more easily found in the water column. Thus, from the literature data, the Potability Criterion was derived, obtaining the maximum permitted concentration of bentazone in water (0.540 mg / L). Also, the criteria for protection of aquatic life in fresh waters (0.073 mg / L) and salty waters (0.007 mg / L) were derived. In addition, the risk to freshwater aquatic life was assessed. In the risk assessment, it was found that the occurrence of bentazone in Brazilian water bodies showed concentrations below the calculated criteria. In an analysis from the legal point of view, it was found that the compound is on the list of pesticides regulated in CONAMA 396/2008, but with a more restrictive value than indicated in this study. Therefore, it is necessary to review and possibly update the regulated amount.

Keywords: CAS 25057-89-0. Herbicide. Ecotoxicity. Water quality criteria.



1 INTRODUÇÃO

O bentazona (CAS 25057-89-0) é um herbicida comercializado no Brasil com autorização de uso pela Resolução Republicada do Diário Oficial da União (DOU) em fevereiro de 2002 nas culturas de arroz, amendoim, feijão, milho, soja e trigo cuja aplicação é pós-emergência (ANVISA, 2020 e BASF, 2020). Dentre as culturas que utilizam o bentazona no Brasil, o arroz é o mais cultivado. A região sul se destaca no cenário nacional representando 70% da produção do cereal que é cultivado numa área total de 1 milhão de hectares (MAPA, 2020 e CONAB, 2019).

O bentazona atua nas espécies de folhas largas cujo mecanismo de ação é de inibir a fotossíntese. A sua ação é destruir as dicotilidôneas como guanxuma, picão-preto, corda-de-viola, nabo e trapoeraba (EMBRAPA, 2006).

Os fabricantes do composto são as empresas: BASF, AgriGuard e Goldengrass. Os nomes comerciais do bentazona são Basagran, Zone 48 e Troy 480 (NATIONAL CENTER FOR BIOTECHNOLOGY INFORMATION, 2020). E, a comercialização desse herbicida já superou a casa das 1000 toneladas por ano, dentre o período de 2009 a 2013 (IBAMA, 2013).

Contudo, são inúmeros os impactos negativos decorrentes do uso inadequado de compostos químicos. Por isso, a necessidade de se conhecer o comportamento deles no meio ambiente através da avaliação das características físico-químicas e toxicológicas.

2 OBJETIVO

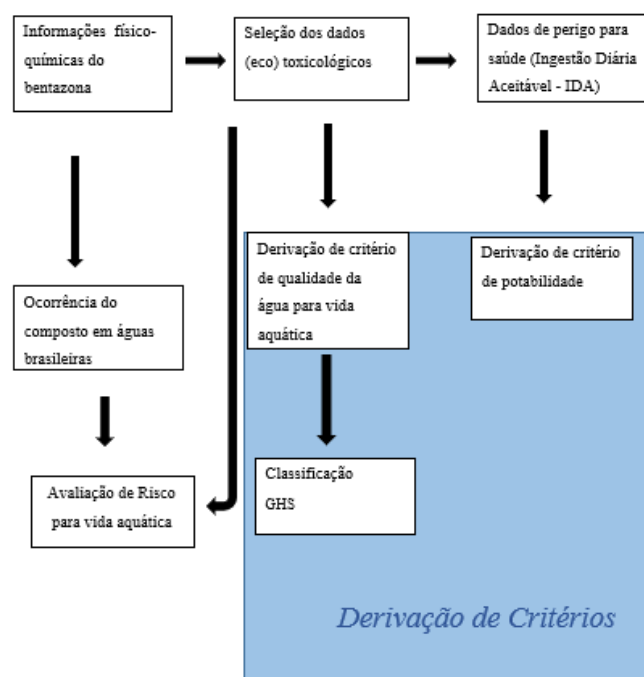
Avaliar as características físico-químicas e toxicológicas do bentazona, além dos dados de ocorrência desse composto em mananciais brasileiros e como ele é regulamentado no Brasil para assim determinar um valor de referência à proteção da vida humana e aquática.

3 METODOLOGIA

O presente estudo foi fundamentado em duas etapas: Levantamento bibliográfico e Derivação de Critérios, conforme Figura 1.

Figura 1. Esquema metodológico, evidenciando cada etapa do Levantamento bibliográfico e Derivação de Critérios do Bentazona.

Levantamento Bibliográfico



Fonte: O autor (2020)

Adotou-se, no levantamento bibliográfico, publicações que abordavam especificamente o tema de interesse: características físico-químicas e toxicológicas do bentazona. Assim, foi possível selecionar o valor de Ingestão Diária Aceitável (IDA) e os dados toxicológicos para o cálculo dos critérios de potabilidade e de qualidade da água para vida aquática, respectivamente.

O trabalho também apresenta dados de ocorrência do bentazona em águas brasileiras.



Para a seleção dos artigos, adotou-se o critério de busca a partir de palavras-chave de interesse: monitoramento e controle de compostos químicos em águas superficiais e subterrâneas no Brasil, contaminante em água, compostos químicos em águas brasileiras, bentazona em rios brasileiros, contaminação de rios por agrotóxicos.

3.1 Levantamento bibliográfico para caracterização do bentazona

O levantamento de dados sobre o bentazona foi realizado através de pesquisas em livros (Baird, 2002; Zagatto e Bertolotti, 2008) e em bases de dados científicas tanto nacionais como internacionais.

Nesse sentido, utilizaram-se documentos indexados no Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários (AGROFIT) a fim de obter informações sobre o uso do bentazona em culturas de arroz e outros cereais.

Na caracterização físico-química do bentazona, adotaram-se os seguintes parâmetros: solubilidade em água, coeficiente de partição octanol-água (Kow), constante de dissociação ácida do composto (pka), pressão de vapor (PV), constante da lei de Henry (KH) e tempo de meia vida (t1/2) no solo. Cada parâmetro foi consultado nas seguintes bases: European Food Safety Authority (EFSA) e National Center for Biotechnology Information (NCBI-PubChem).

Já os dados toxicológicos adotados na derivação dos critérios para consumo humano e proteção da vida aquática foram encontrados nas seguintes bases de dados: Ecotox Database, US Environmental Protection Agency (USEPA), Pesticide Properties Database (PPDB), Etox Database, World Health Organization (WHO),

Na avaliação de risco em água consideraram-se os dados de uso do bentazona no país presentes no site do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e também as informações de ocorrência do bentazona em águas brasileiras a partir de artigos científicos indexados nas bases de dados SciELO, ScienceDirect (Elsevier), Scopus (Elsevier). Além disso, foram feitas pesquisas em

normas brasileiras (CONAMA e Portarias) e de outros países (Estados Unidos, Canadá Austrália e Nova Zelândia).

3.2 Metodologias utilizadas na derivação de critérios

Na derivação de critérios de qualidade da água para proteção da vida aquática utilizou-se a metodologia adotada pela Sociedade Brasileira de Mutagênese, Carcinogênese e Teratogênese Ambiental, SBMCTA (2011a). Assim, foi selecionado o menor valor de CENO dentre três espécies (peixes, invertebrados, algas). Calculou-se o critério, dividindo o CENO selecionado por um Fator de Avaliação igual a 10, para qualidade de água doce e igual a 100 para qualidade de água salgada.

Também foi calculado o critério de potabilidade a partir do "Guidelines for Drinking-Water Quality", da Organização Mundial da Saúde, de 2017 WHO (2017) e da SBMCTA (2011b). Nos dois protocolos contém detalhadamente a metodologia adotada no cálculo (Equação 1).

$$VMP=(IDA \times P \times F)/C \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

VMP = Valor Máximo Permitido [mg/L]

IDA= Ingestão Diária Aceitável [mg/kg de peso/dia]

P = Peso Corpóreo [kg]

F= Fator de Alocação

C= Consumo de Água [L]

Após a derivação dos critérios, avaliou-se o risco para vida aquática de água doce. Na avaliação de risco foi estimado o quociente de risco (QR) (Equação 2) para vida aquática, dividindo-se a média dos maiores valores de concentração ambiental (CA), ou dados de ocorrência, pelos valores crônicos de ecotoxicidade (REBELO e CALDAS, 2014).

$$QR=CA/(\text{Valor de ecotoxicidade}) \quad (\text{Equação 2})$$



Já na avaliação de perigo, o bentazona foi classificado a partir da classificação GHS (do inglês Globally Harmonized System of Classification and Labeling of Chemicals) que consiste num sistema harmonizado de critérios de classificação que define e informa sobre os perigos de produtos químicos, atribuindo a cada um deles uma rotulagem específica. No Brasil, esse sistema de classificação consta na Norma Brasileira Regulamentadora conjunto nº 14725 (ABNT 2019).

Na classificação, são três categorias de perigo de toxicidade aguda e quatro categorias de toxicidade crônica. Cada uma delas com faixas de valores específicas. A classificação do composto baseia-se no valor mais restritivo de concentração letal ou efetiva para 50% dos organismos teste (CL50 ou CE50). Na classificação crônica é necessário também dados como Fator de Bioconcentração (BCF), degradabilidade e valores de CENO.

4.2 Características físico-químicas

A solubilidade em água, coeficiente de partição octanol-água (Kow), constante de dissociação ácida do composto (pka), pressão de vapor (PV), constante da lei de Henry (KH) e tempo de meia vida (t1/2) no solo são características físico-químicas importantes na avaliação do comportamento dos compostos no meio ambiente.

A solubilidade em água indica o comportamento, transporte e o destino de compostos. Através desse parâmetro é possível indicar qual a tendência que o agrotóxico apresenta em ser carregado do solo até os corpos hídricos. Além disso, uma alta solubilidade do composto reduz o potencial de bioacumulação (CABRERA, COSTA e PRIMEL, 2008).

O Koc é o coeficiente de sorção ou coeficiente de partição carbono orgânico/água, uma medida da tendência de um composto orgânico ser adsorvido por solos ou sedimentos (ZAGATTO e BERTOLETTI, 2008), ou seja, esse parâmetro mede tanto o grau em que os compostos químicos serão adsorvidos à superfície do solo (FAY e SILVA, 2015) quanto a sedimentos contidos nos mananciais.

O Kow é a razão entre as concentrações de uma mesma substância diluída em octanol (solvente apolar) e em água (solvente polar). Esse parâmetro é com frequência apresentado na sua forma logarítmica decimal devido à sua grande magnitude. Em geral, quanto maior o coeficiente de partição Kow octanol-água, maior será a probabilidade de encontrar o composto químico na matéria orgânica de solos e sedimentos e, finalmente, de ocorrer migração para o tecido adiposo de organismos vivos (BAIRD, 2002). Desse modo, o Kow define a hidrofobicidade do composto orgânico (D' AGOSTINHO e FLUES, 2006).

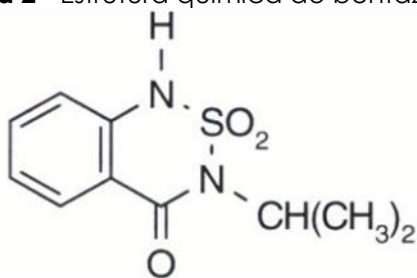
A Constante da Lei de Henry (KH), chamada de coeficiente de partição ambiental ar-água, juntamente com a pressão de vapor (PV) e tempo de meia vida (t1/2) indicam a tendência de volatilização do composto. Além disso, o tempo de meia vida (t1/2) indica o potencial de

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Identificação e estrutura química

O nome químico do bentazona de acordo com a IUPAC é 3-isopropílico-1H-2,1,3-benzotiadiazin-4(3H)-ona2,2-dióxido. Sua fórmula molecular é C₁₀H₁₂N₂O₃S, sua massa molecular é de 240,3 g/mol (NATIONAL CENTER FOR BIOTECHNOLOGY INFORMATION, 2020) e sua fórmula estrutural pode ser observada na Figura 2.

Figura 2 - Estrutura química do bentazona



Fonte: ANVISA (2020)



lixiviação e características de degradação dos compostos químicos (CABRERA, COSTA e PRIMEL, 2008).

Verificou-se que o bentazona é pouco volátil devido aos baixos valores da pressão de vapor e Constante de Henry (Tabela 1). Essa baixa pressão de vapor do composto é devido a sua decomposição antes da ebulição.

Além disso, o agente químico facilmente se solubiliza em água pelo alto valor de solubilidade e dificilmente se solubiliza numa variedade de solventes orgânicos, se bioacumulando, de acordo com o baixo valor de Kow. Já o valor de Koc indica que sua sorção no solo é baixa e o valor de pKa determina que o composto é um ácido forte, ou seja, se dissocia facilmente, confirmando sua baixa absorção em solos (NATIONAL CENTER FOR BIOTECHNOLOGY INFORMATION, 2020; USEPA, 2001 e FAO, 1999).

O bentazona teve baixa a moderada persistência em solos (t ½ baixo-moderado) sob as seguintes condições: incubados no escuro, em ambiente aeróbio. Também verificou-se a formação do metabolito N-metil-bentazona (EFSA, 2015).

Tabela 1. Características físico-químicas do bentazona

Parâmetro	Valor	Fonte
Solubilidade em água a 20°C	570 mg/L	NATIONAL CENTER FOR BIOTECHNOLOGY INFORMATION (2020)
Pressão de Vapor a 25°C	$4,6 \times 10^{-10}$ mPa	
Coefficiente de partição octanol-água, pH 7, a 20°C – log Kow	-0,46	
Constante de Henry a 25°C	$7,2 \times 10^{-5}$ atm.m ³ /mol	EFSA (2015)
Coefficiente de sorção em solo (Koc) - (1) faixa de valores; (2) valor médio	(1) 13.3 a 176 cm ² /g (2) 42 cm ² /g	
Constante de dissociação a 24°C - pKa	3,30	
Tempo de meia vida no solo - t ½	33-153 dias	

4.3 Informações toxicológicas

Os critérios de qualidade da água para vida aquática e para consumo humano foram derivados de acordo com UMBUZEIRO, et al. (2011a, 2011b)

4.3.1 Cálculo do Critério para vida aquática

Verificou-se a partir das características físico-químicas do bentazona que o composto tem mais chance de ser encontrado na coluna d'água do que em sedimento. Neste contexto, os dados de toxicidade para a vida aquática (Tabela 2) foram selecionados dentre os organismos encontrados nesse meio.

Tabela 2. Toxicidade crônica do herbicida bentazona expressa em concentração de efeito não observado (CENO) e concentração de efeito a 10% (CE10) para diferentes organismos aquáticos de água doce.

Níveis tróficos	Espécie	Resultado expresso em	Exposição (dias)	Valor (µg/L)
Peixe	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	CENO	21	48000 *
Invertebrado	<i>Daphnia magna</i>	CENO	21	>101000 *
Algas	<i>Pseudokirchneriella subcapitata</i>	CENO	5	732

Fonte: * LEWIS et al. (2016), **IKSR (2009).

O organismo teste mais sensível de água doce foi a alga *Pseudokirchneriella subcapitata*, de acordo com o valor mais restritivo observado em IKSR - Internationale Kommission Zum Schutz Des Rheins (2009), indexado na base de dados da Etox Database (SCHUDOMA,2020).

Assim, calculou-se o critério para águas doces. Considerou esse valor mais restritivo dentre os dados de toxicidade crônica, dividindo-o por um fator de incerteza de 10. Nesse sentido, o critério calculado para bentazona foi de 73 µg/L.

Já no cálculo do critério para águas salgadas, dividiu tal valor mais restritivo por um fator de incerteza de 100, por considerar dados de toxicidade crônica para os três níveis tróficos, de espécies de água doce. Assim, o critério calculado foi de 7,3 µg/L.

4.3.2 Cálculo do critério para consumo humano



O cálculo do critério de potabilidade ou do valor máximo de bentazona em água potável foi feito a partir da dose de referência 0,09 mg/kg/dia com base em estudos em ratos (EFSA, 2015) multiplicado pelo peso adotado (60Kg) e dividido pelo consumo médio de litros de água por dia de um adulto (2 litros), com alocação de 20% para a água. Esses valores são apresentados pela Organização Mundial da Saúde (WHO, 2017). O valor obtido foi de 0,540 mg/L.

Segundo a ANVISA (2020), a dose de referência para o bentazona é de 0,1 mg/kg/dia, ou seja, valores semelhantes com o encontrado em EFSA (2015). Os valores da dose de referência utilizados neste estudo, de acordo com EFSA (2015), possui fator de incerteza de 100. Não há informações a respeito do fator de incerteza utilizado pela ANVISA (2020).

Em suma, o bentazona não tem potencial de se acumular no organismo pois é excretado via urina. No entanto, verificou-se efeitos no sangue, fígado e rim de ratos quando expostos a concentrações de bentazona maiores que 9 mg/kg/dia (NOAEL). O composto também pode causar irritação ocular grave e sensibilização da pele. Ademais, o bentazona não apresentou características carcinogênicas, genotóxicas ou neurotóxicas. Porém, apresentou efeitos no desenvolvimento pré-natal, causando alterações na estrutura ou formação da descendência (EFSA, 2015).

4.3.3 Classificação do composto através do GHS

Na Tabela 3 constam os dados necessários para a classificação pelo GHS do bentazona. Na classificação, considerou o Fator de Bioconcentração do composto de 21 (PPDB, 2020).

Tabela 3. Dados de toxicidade aguda de organismos aquáticos ao bentazona para classificação no GHS.

Níveis tróficos	Espécie	Resultado expresso em	Exposição (horas)	Valor (µg/L)
Peixe	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	CL ₅₀	96	>100000
Invertebrado	<i>Daphnia magna</i>	CE ₅₀	48	>100000
Algas	<i>Anabaena flos-aquae</i>	CE ₅₀	72	10100

Fonte: PPDB (2020)

O bentazona foi classificado na categoria III do GHS para toxicidade aguda (ABNT, 2009). Com isso, não há exigência de rótulo (pictograma) na embalagem referente ao meio ambiente, porém deve constar uma frase de perigo: "Nocivo para os organismos aquáticos" (ABNT, 2012).

Na classificação quanto à toxicidade crônica o bentazona se enquadrou também na categoria III (ABNT, 2009). Assim, não há exigência de pictograma referente ao meio ambiente, porém deve constar a frase de perigo rótulo: "Nocivo para os organismos aquáticos, com efeitos prolongados" (ABNT, 2012).

4.4 Ocorrência em águas brasileiras

Na avaliação da ocorrência de um contaminante nos corpos hídricos, é necessário fazer uso de métodos analíticos altamente eficazes e com baixos valores de limite de quantificação (LQ), ou seja, abaixo dos valores seguros recomendados. Nesse sentido, na Tabela 4, foram apresentados todos os resultados de análises de ocorrência do bentazona em águas brasileiras, de estudos realizados, sobretudo, na região sul do país.

Segundo EFSA (2015) o bentazona em água pode ser determinado pela técnica de Emulsificação dispersiva por micro extração líquido-líquido à base de solvente acoplado à espectrometria de massa de cromatografia líquida (LC-MS/MS) com LQ de 30 µg/L. Isto indica que as técnicas utilizadas no estudo do Rio Grande do Sul (Tabela 4) são mais sensíveis do que a indicada pela União Europeia, assim,



possibilitando a determinação de concentrações mais baixas.

No estudo de Marchesan et al. (2010) (Tabela 4) as coletas de água foram realizadas entre os meses de novembro e fevereiro, em locais estratégicos de drenagem das lavouras de arroz, no período das aplicações de agrotóxico e da irrigação, com periodicidade de 15 dias para o rio Vacacaí e 10 dias para o rio Vacacaí-Mirim nas safras 2003/04 a 2005/06, respectivamente.

Caldas et al. (2015) analisaram no Rio Grande do Sul, o Riacho do Gelo, Rio São Gonçalo e Rio Canalete. Dentre os corpos hídricos, Rio São Gonçalo e Rio Canalete apresentaram valores abaixo do limite de quantificação do método utilizado (Tabela 4).

Em geral, as concentrações de bentazona encontradas em água no Rio Grande do Sul e Ceará (Tabela 4) foram baixas, ou melhor, menores do que os valores calculados para o critério da vida aquática e o consumo humano.

Tabela 4. Ocorrências do bentazona em águas brasileiras

Estado	Local/Manancial	Período	Frequência de amostras com > LQ	Faixa de concentração (µg/L)	LQ (µg/L)	Método	Ref
Rio Grande do Sul	Santa Maria / Rio Vacacaí	2003/2004	8/65	0,8 – 3,5	0,2	HPLC-DAD (1)	Marchesan et al. (2010)
	Santa Maria / Rio Vacacaí Mirim	2004/2005	4/55	0,6-1,8	0,2	HPLC-DAD (1)	Marchesan et al. (2010)
	Rio Canalete	Mai - 2014	1/1	6,7	0,125	SD-DLLME (2)	Caldas et al. (2015)
	Riacho do Gelo	Mai - 2014	0/1	<LQ	0,125	SD-DLLME (2)	Caldas et al. (2015)
	Rio São Gonçalo	Mai - 2014	0/1	<LQ	0,125	SD-DLLME (2)	Caldas et al. (2015)
Ceará	Perímetro irrigado de Jaguaribe / Águas superficiais e subterrâneas	-	0/60	n.d.	n.e.	SPME-GC/MS and SPE-HPLC/DAD (3)	Milhome et al. (2015)

n.e. não especificado; n.d. não detectado

(1) *Cromatografia Líquida de Alta Eficiência com Detecção por Arranjo de Diodos.* (ZANELLA et al., 2003)

(2) *Emulsificação dispersiva por micro extração líquido-líquido à base de solvente acoplado à espectrometria de massa de cromatografia líquida (LC-MS / MS)*

(3) *Cromatografia gasosa acoplada a espectrômetros de massa de quadrupolo simples (GC-SQ/MS) e cromatografia líquida com um sistema de diodos detector (HPLC-DAD).*

4.5 Avaliação de Risco

Os valores de concentração ambiental ou dados de ocorrência (Tabela 4) foram utilizados no cálculo do Quociente de Risco. Dividiu-se o valor médio dessas maiores concentrações pelo valor mais restritivo de CENO (732 µg/L). Assim, o QR estimado foi de 0,164. Contudo, verificou-se baixo potencial de risco à vida aquática, uma vez que QR foi menor que 1, sendo abaixo do nível liminar de preocupação.

4.6 Regulamentação do bentazona

Nas normas brasileiras, Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 888 de 04 de maio de 2021 (BRASIL, 2021) e CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005), o bentazona não consta na lista de agrotóxicos que podem apresentar risco à saúde. Na regulamentação para águas subterrâneas, CONAMA 396/2008 (BRASIL, 2008), o bentazona tem limite de 300 µg/L para consumo humano, 400µg/L para recreação e 30 µg/L de limite de quantificação praticável (LQP).

O valor de referência do bentazona em água para consumo humano que consta no CONAMA 396/2008 (BRASIL, 2008) foi copiado da antiga Portaria 518 de 2004 (BRASIL, 2004). Nessa antiga Portaria não constam os valores adotados para o cálculo do Critério de Potabilidade e também não há informação oficial da ANVISA.

Nesse estudo, adotou-se um fator de alocação de 20% no cálculo do critério de consumo humano. A adoção deste valor influenciou de tal maneira que o critério resultante foi menos restritivo (540 µg/L), comparado com o valor já regulamentado (300 µg/L).

O bentazona não consta na lista de agrotóxicos da Portaria de Consolidação nº 5 de 28 de setembro de 2017 (BRASIL, 2017) com a justificativa da baixa ocorrência em águas



brasileiras, com concentrações muito abaixo daquelas em que os efeitos tóxicos são esperados (FERNANDES NETO, 2010).

Nos Estados Unidos, Canadá, Austrália e Nova Zelândia o bentazona em água não é regulamentado. A Organização Mundial da Saúde (WHO, 2017) também não indica nenhum limite para o composto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14725-2. Produtos químicos - Informações sobre segurança, saúde e meio ambiente, Parte 2: Sistema de classificação de perigo. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2019.2019.
2. ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14725-3. Produtos químicos - Informações sobre segurança, saúde e meio ambiente, Parte 3: Rotulagem, 2012. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2017.
3. ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Bentazona. 2020. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/documents/111215/117782/B03%2B%2BBentazona%2B%25282%2529.pdf/0bda242e-55fb-41a2-baa6-2daf72bcded2>. Acesso em 4 de junho de 2020.
4. BAIRD, Colin (Org.) Química Ambiental. 2 ed: Porto Alegre, 2002.
5. BASF. The Chemical Company. Basagran 600. Disponível em: <http://www.adapar.pr.gov.br/arquivos/File/defis/DFI/Bulas/Herbicidas/basagran600160218.pdf> Acesso em 5 de maio de 2020.
6. BRASIL. Ministério Da Saúde. Portaria de Consolidação nº 888, de 04 de maio de 2021 – ANEXO XX. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 2021. Seção 1, p. 360.
7. BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 518 de 25 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da

5 CONCLUSÕES

O bentazona possui baixa tendência de bioacumulação e de sorção no solo, devido aos baixos valores de K_{ow} e K_{oc} , respectivamente. No entanto, ele é solúvel em água. Além disso, é classificado no GHS no grupo III quanto à toxicidade crônica e aguda.

O critério para consumo humano calculado nesse estudo foi menos restritivo (540 µg/L) do que o valor máximo regulamentado no CONAMA 396/2008. Nesse sentido, cabe uma revisão desse valor regulamentado, atendendo à realidade nacional. Conseqüentemente, também cabe verificar a possibilidade da inserção ou não do composto na lista de agrotóxicos regulamentados na Portaria de Potabilidade de água.

Verificou-se que as concentrações encontradas nos mananciais brasileiros não são prejudiciais à vida aquática e ao ser humano. No entanto, são ainda limitados os dados disponíveis na literatura que indiquem a ocorrência do composto em meio hídrico. Por isso, a necessidade de maiores informações sobre a ocorrência de bentazona em água, no país, visando a avaliação de risco. Não foi avaliado o risco do composto em águas salgadas devido à falta de dados de ocorrência, porém foi calculado o critério para a vida aquática marinha, utilizando dados de toxicidade aguda de apenas um nível trófico.

Em suma, há necessidade de um amplo monitoramento das águas brasileiras e mais estudos com maiores informações toxicológicas sobre o bentazona.



- qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 2004.
8. CABRERA, Liziara; COSTA, Fabiane Pinho e PRIMEL, Ednei Gilberto. Estimativa de risco de contaminação das águas por pesticidas na região sul do estado do RS. Universidade do Rio Grande do Sul. Química Nova, v. 31, n. 8, 2008.
 9. CALDAS, Sergiane Souza, ROMBALDI, Caroline, ARIAS, Jean Lucas de Oliveira, MARUBE, Liziane Cardoso, PRIMEL, Ednei Gilberto. Multi-residue method for determination of 58 pesticides, pharmaceuticals and personal care products in water using solvent demulsification dispersive liquid-liquid microextraction combined with liquid chromatography-tandem mass spectrometry. Revista Talanta. v. 146, n.1, p. 676-688, 2015.
 10. CEDERGREEN, Nina; STREIBIG, Jens C. The toxicity of herbicides to non-target aquatic plants and algae: assessment of predictive factors and hazard. Dinamarca. Pest Management Science. v. 61. p. 1152-1160, 2005.
 11. CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. Análise mensal: arroz. Fev/Mar de 2019. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-arroz/item/download/25122_05a163d04cfacfa8de679a2aff8350dd Acesso em 20 de maio de 2020.
 12. CONAMA. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 396 de 3 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2008, n. 66, , Seção 1, p. 64-68. Disponível em: <http://portalpnaq.ana.gov.br/Publicacao/RESOLU%C3%87%C3%83O%20CONAMA%20n%C2%BA%20396.pdf> Acesso em: 20 de outubro de 2020.
 13. CONAMA. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil Brasília, DF, 2005, n. 53, p. 58-63. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459> Acesso em: 20 de outubro de 2020.
 14. D'AGOSTINHO, Adriana e FLUES, Marlene. Determinação do coeficiente de distribuição (Kd) de benzo(a)pireno em solo por isotermas de sorção. Química Nova, v.29, n.4, p. 657-661, 2006.
 15. EFSA. European Food Safety Authority. Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance bentazone. EFSA Journal 2015. v. 13 n. 4, 2015.
 16. EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Principais herbicidas indicados para cultura de milho no sistema plantio direto e no preparo convencional do solo. 2006. Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do61_13.htm. Acesso em 3 de junho de 2020.



17. FAO. Food and Agriculture Organization. Bentazone, 1999. Disponível em: http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests_Pesticides/Specs/bentazon.pdf. Acesso em 2 de julho de 2016.
18. FAY, Elizabeth Francisconi e SILVA, Célia Maria Maganhotto de Souza. Comportamento e destino de agrotóxicos no ambiente solo-água. 2015. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/SilvaFay_ComportamentoDestinoAgrotoxicos_000fdrcas1102wx5eo0a2ndxy sl4vpfn.pdf. Acesso em 20 de junho de 2020.
19. FERNANDES NETO, Maria de Lourdes. Norma Brasileira de Potabilidade de Água: Análise dos parâmetros agrotóxicos numa abordagem de avaliação de risco. Rio de Janeiro: s.n., 2010. Tese Doutorado. Fiocruz-Fundação Oswaldo Cruz.
20. IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Boletim de Comercialização de Agrotóxicos e Afins. Histórico de vendas 2000-2012. 2013. Disponível em <http://www.ibama.gov.br/areas-tematicas-qa/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos/pagina-3>
21. IKS. INTERNATIONALE KOMMISSION ZUM SCHUTZ DES RHEINS (Alemanha). Ableitung von Umweltqualitätsnormen für die Rhein-relevanten Stoffe. 2009. IKS, Berichte n. 164. Disponível em: http://www.iks.org/fileadmin/user_upload/Dokumente_de/Berichte/Bericht__Nr._164.pdf. Acesso em: 20 out. 2020.
22. LEWIS, K.A.; TZILIVAKIS, John; WARNER, Douglas; GREEN, Andrew. An international database for pesticide risk assessments and management. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, v. 22, n. 4, p. 1050-1064, 2016. DOI: 10.1080/10807039.2015.1133242. Disponível em: <https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/71.htm> Acesso em: 20 de outubro de 2020.
23. MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários (Agrofit). Consulta de ingrediente ativo. Bentazona. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br>. Acesso em 3 de junho de 2020.
24. MARCHESAN, Enio; SARTORI, Gerson Meneghetti Sarzi; AVILA, Luis Antonio de, MACHADO, Sérgio Luiz de Oliveira, ZANELLALLA, Renato, PRIMEL, Ednei G., MACEDO, Vera Regina Mussoi, MARCHENZAN, Marcos Garcia. Resíduos de agrotóxicos na água de rios da Depressão Central do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. *Ciência Rural*, v.40, n.5, p.1053-1059, 2010.
25. MILHOME, Maria Aparecida Liberato, SOUSA, P. L. R., LIMA, Francisco de A. F. e NASCIMENTO, Ronaldo do Ferreira. Influence the USE of Pesticides in The Quality of Surface and Groundwater Located in Irrigated Areas of Jaguaribe, Ceara, Brazil. *International Journal of Environmental Research*, v.9 n.1. p. 255-262, 2015.
26. NATIONAL CENTER FOR BIOTECHNOLOGY INFORMATION. PubChem Compound Summary for CID 2328, Bentazone. Disponível em: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Bentazone>. Acesso em: 20 de outubro de 2020.
27. PPDB. Pesticide Properties DataBase. Bentazone. Disponível em: <http://sitem.hert>



s.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/71.htm.
Acesso em 29 de junho de 2020.

28. REBELO, Rafaela Maciel; CALDAS, Eloisa Dutra. Avaliação de risco ambiental de ambientes aquáticos afetados pelo uso de agrotóxicos. *Química Nova*. São Paulo, v. 37, n. 7, p. 1199-1208, 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422014000700016&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 26 outubro de 2020. <https://doi.org/10.5935/0100-4042.20140165>.
29. SBMCTA. Sociedade Brasileira de Mutagênese, Carcinogênese e Teratogênese Ambiental. Protocolo para Derivação de Critérios de Qualidade da Água para proteção da Vida Aquática no Brasil, 2011. Disponível em <https://wordpress.ft.unicamp.br/laeg/wp-content/uploads/sites/33/2017/10/Protocolo-CQA-ConsumoHumano.pdf> Acesso em 16 maio de 2015.
30. SCHUDOMA, Dieter. ETOX: Information System Ecotoxicology and Environmental Quality Targets. Federal Environment Agency (Umweltbundesamt). Disponível em: <https://webetox.uba.de/webETOX/public/search/literatur/open.do> Acesso em: 20 de outubro de 2020.
31. U.S.EPA, United States Environmental Protection Agency. ECOTOX, User Guide: ECOTOXicology Database System. Version 4.0. 2013. Disponível em: <http://www.epa.gov/ecotox/> Acesso em 16 de maio 2020.
32. U.S.EPA, United States Environmental Protection Agency. The Incorporation of Water Treatment Effects on Pesticide Removal and Transformations in Food Quality Protection Act (FQPA) Drinking Water Assessments. 2001. Disponível em: <https://archive.epa.gov/pesticides/trac/web/pdf/pesticide.pdf> Acesso em: 16 de maio de 2020.
33. UMBUZEIRO, Gisela de Aragão; SIMONE, Sílvia; DE DEUS, Adriana Castilho Costa Ribeiro; ALTAFIN, Leticia; VEIGA, Leticia Falcão; ALVES, Lidiane da Silva Nobre; DE CASTRO, Maria Luiza Marcico Publio; LAMPARELLI, Marta Condé; OTHE, Peter von der; ARAUJO, Rosalina Pereira de Almeida; VARGAS, Vera Maria Ferrão. Protocolo para Derivação de Critérios de Qualidade de Água para Proteção da Vida Aquática no Brasil - Critérios de Qualidade da Água (CQA). Sociedade Brasileira de Mutagênese, Carcinogênese e Teratogênese Ambiental -SBMCTA, 2011a.
34. UMBUZEIRO, Gisela de Aragão. A.; OLIVEIRA, Danielle Palma de; RIBEIRO, Elaine Contiero; PEDROZO, Maria de Fatima; SARCINELLI, Paula; SCHOENY, Rita; SOUZA, Roseane Maria Garcia de; KUNO, Rubia Kuno; GRUMMT, Tamara. Protocolo para Derivação de Critérios de Qualidade de Água para o consumo humano no Brasil. Critérios de Qualidade da Água (CQA). Sociedade Brasileira de Mutagênese, Carcinogênese e Teratogênese Ambiental, 2011b.32.
35. WHO, World Health Organization. Guidelines for drinking-water quality. Fourth edition incorporating the first addendum. 2017. Disponível em <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/254637/9789241549950-eng.pdf> Acesso em 25 de maio de 2020.
36. ZAGATTO, Pedro Antonio., BERTOLETTI, Eduardo. *Ecotoxicologia Aquática. Princípios e Aplicações*. 2ª ed. São Carlos, 2008