

# A PROBLEMÁTICA DAS MICOTOXINAS E DE SUAS INTERAÇÕES COM O PLANTIO DE ARROZ E A ÁGUA

## *THE PROBLEM OF MYCOTOXINS AND THEIR INTERACTIONS WITH RICE CROP AND WATER*

Francisco Maximo Strioli Junior<sup>1</sup>

Raquel Bonati Moraes Ibsch<sup>2</sup>

**RESUMO:** Alguns metabólitos secundários produzidos por determinados tipos de fungos são denominados micotoxinas. Micotoxinas são toxinas passíveis de intoxicar animais e seres humanos, trazendo malefícios à saúde por serem carcinogênicos, mutagênicos, imunossupressores, além de outras características. Estas micotoxinas podem contaminar alimentos, a água e até mesmo o ar. O objetivo desta revisão bibliográfica é explicar sobre a diversidade das micotoxinas e os problemas que estas podem trazer aos seres vivos e suas interações com o meio ambiente, em especial as interações entre as micotoxinas presentes na água e o arroz nela cultivado.

**Palavras-chave:** Micotoxinas; Fungo; Água; Arroz.

**ABSTRACT:** Some secondary metabolites produced by specific kinds of fungi are denominated mycotoxins. As the name suggests, they are toxins that can intoxicate animals and humans, bringing harm to health as carcinogenic, mutagenic, immunosuppressive pathogens. Besides several other characteristics. These mycotoxins may contaminate food, water and even the air. This review intent to explain the problems caused to living beings by mycotoxins, how it interacts with the environment and its diversity, in special the interactions between mycotoxins in water and rice crop.

A Problemática Das Micotoxinas E De Suas Interações Com O Plantio De Arroz E A Água

**Keywords:** *Mycotoxins; Fungi; Water; Rice*

## 1 INTRODUÇÃO

Este trabalho tem como objetivo apresentar uma revisão bibliográfica abordando a problemática das micotoxinas e suas interações com o meio ambiente mais precisamente a água, cultura de arroz chegando até os seres humanos.

Os fungos, também conhecidos como mofo ou mesmo bolores, são microrganismos multicelulares eucariontes filamentosos. Cepas específicas são utilizadas há séculos para alterar o paladar de alimentos. Entretanto, nem todas alteram os sabores para melhor; a grande maioria dos fungos deterioram os alimentos trazendo a eles aspecto pútrido e odores desagradáveis (DINIZ, 2002).

Alguns espécimes de fungos podem metabolizar micotoxinas, das quais destacam-se: as aflatoxinas, ocratoxinas, zearalenona, patulina e fumomisin (MURPHY et al., 2006). Com relação aos fungos e as micotoxinas, inúmeras espécies de fungos podem produzir um mesmo tipo de micotoxinas e a mesma espécie de fungo pode produzir vários tipos de micotoxinas. Contudo, os fungos necessitam de um ambiente e condições favoráveis para que estes metabólitos secundários sejam produzidos, dentre os quais, destacam-se umidade, temperatura, pH, entre outros (PEREIRA et al., 2002).

Quando se fala que há fungos presentes nos alimentos, não é correto afirmar que estes virão a metabolizar micotoxinas devido às condições necessárias para o mesmo, caso estas já tenham sido metabolizadas. Eliminar os fungos não garante a

### A Problemática Das Micotoxinas E De Suas Interações Com O Plantio De Arroz E A Água

extinção das micotoxinas, (DINIZ, 2002) muito pelo contrário, a maioria das micotoxinas é termo estável, isto é, é resistente a certos tipos de tratamentos térmicos ou processos de desidratação.

Inúmeras são as formas através das quais as micotoxinas podem chegar aos seres humanos. Diretamente, quando se consome cereais ou derivados contaminados ou mesmo ingestão de água contaminada, ou indiretamente, quando os animais se alimentam de rações contaminadas e/ou se contaminam no ambiente ao ingerir água contaminada, podendo vir a secretar essas micotoxinas em ovos, leite, carne, que posteriormente serão ingeridos por seres humanos (MOLIN & VALENTINI, 1999).

A contaminação de alimentos e *commodities* por fungos toxigênicos é uma realidade. Aproximadamente um quarto das safras de grãos são afetadas por micotoxinas (BHAT et al. 2010). Estas contaminações são favorecidas por práticas ruins durante a colheita, transporte e armazenamento, os quais favorecem a proliferação dos fungos, aumentando, assim, os riscos de contaminação pelas micotoxinas, como pode-se observar na figura 1.

A contaminação da água por micotoxinas causa preocupação, pois, mesmo em países de primeiro mundo, estas substâncias foram encontradas em águas que passaram por tratamento de potabilidade. (AYOFEMI, 2019). Outra problemática são os esporos dos fungos que sobrevivem ao tratamento de água (DE TONI et al. 2011) e que podem se estabelecer em pontos favoráveis de baixo fluxo e se proliferar, formando biofilmes que se tornam cada vez mais resistentes ao cloro.

A Problemática Das Micotoxinas E De Suas Interações Com O Plantio De Arroz E A Água

Figura 1 - Fatores que afetam a produção de micotoxinas na cadeia alimentar.



Fonte: adaptado de agrifirm

## 2.1 MICOTOXINAS – DEFINIÇÃO E ORIGEM

Segundo Gonzalez et al. (2001) micotoxina é uma palavra derivada dos termos grego, *mykes*, que significa fungo, e do latim *toxicum*, veneno (toxina). Recebe este nome por serem metabólitos secundários provenientes de fungos multicelulares e



A Problemática Das Micotoxinas E De Suas Interações Com O Plantio De Arroz E A Água

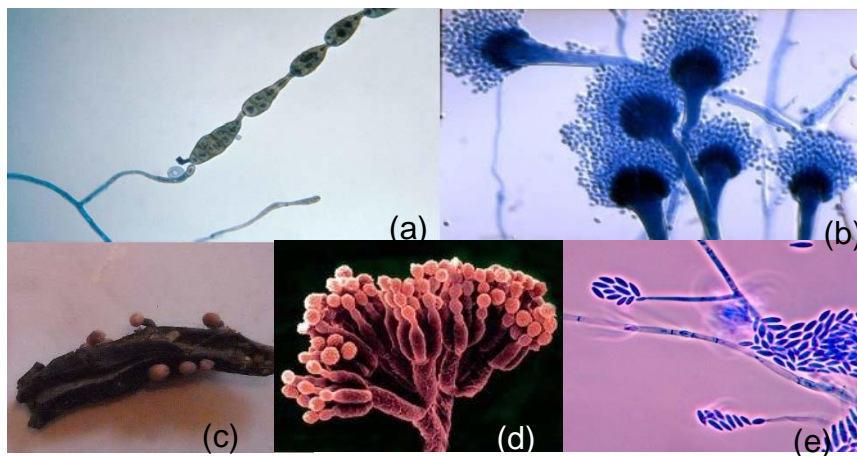
filamentosos, que podem contaminar os alimentos e o meio ambiente.

Na Inglaterra, em 1962, inúmeros perus jovens morreram após a ingestão de uma ração à base de amendoim, provenientes do Brasil e da África. Após estudos para diagnóstico do motivo das mortes, chegou-se à conclusão que foi um metabólito secundário produzido por *Aspergillus flavus*. Segundo Vitorino (2011) esta foi a primeira vez que a palavra micotoxina foi utilizada, dando início aos estudos relacionados ao assunto.

As micotoxinas são produzidas por fungos que podem ser observados nas imagens a seguir, tidos como toxigênicos, principalmente dos gêneros *Alternaria*,

*Aspergillus*, *Claviceps*, *Penicillium* e *Fusarium* (BHAT et al. 2010), que podem ser observadas na figura 2.

Figura 2 – Imagem de *Alternaria*(a), *Aspergillus*(b), *Claviceps*(c), *Penicillium*(d) e *Fusarium*(e).

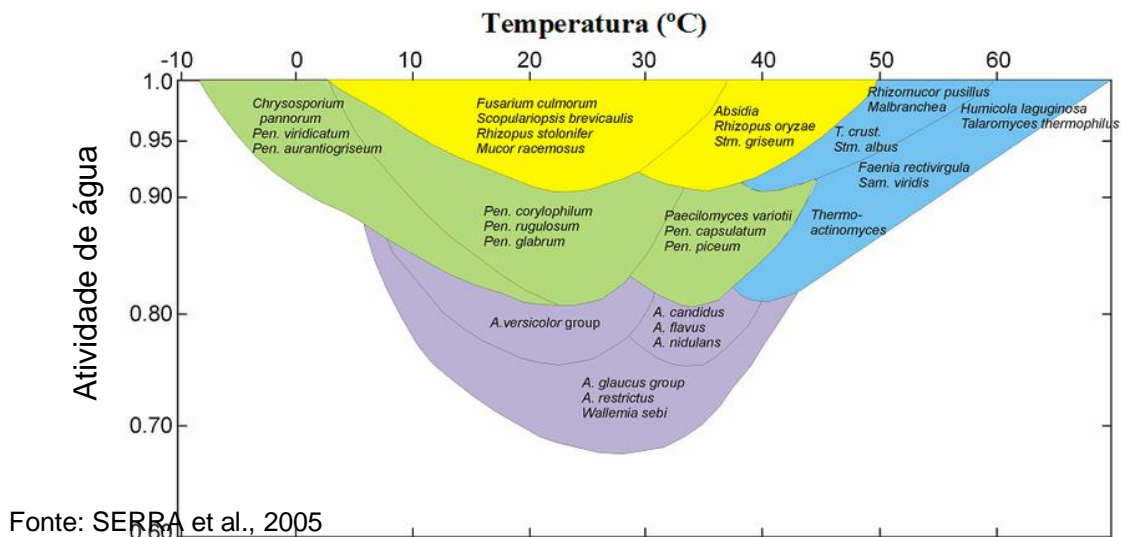


O clima é um fator crucial para o favorecimento da proliferação de fungos.

A Problemática Das Micotoxinas E De Suas Interações Com O Plantio De Arroz E A Água

Umidade e temperatura elevadas são parâmetros primordiais, favorecendo os fatores intrínsecos, principalmente a atividade de água dos substratos (GARCIA et al., 2018), como pode ser observado na Figura 3. Entretanto, fungos do gênero *Fusarium*, podem produzir grande quantidade da micotoxina zeralenona em ambientes com alta umidade, porém com temperatura abaixo de 10°C (DOMIJAN et al. 2005).

Figura 3 - Correlação entre fungos, atividade de água e temperatura.



As micotoxinas tem uma variação química considerável entre uma e outra, mas são basicamente compostos orgânicos de baixa massa molecular, por serem moléculas minúsculas e muito estáveis tornando-as muito difíceis de serem eliminadas. Desta forma, a entrada na cadeia alimentar é facilitada, sem alteração de suas características tóxicas (OMAR 2013).

Sabe-se que as micotoxinas são muito tóxicas. Porém, assim como todas as substâncias, os efeitos dependem da dose e da frequência com que são ingeridas. No caso das micotoxinas, por exemplo, 10 mg.kg<sup>-1</sup> ou menos podem causar sérias doenças (ELTARIKI et al., 2018), podendo chegar a letalidade ou causar alterações nos

A Problemática Das Micotoxinas E De Suas Interações Com O Plantio De Arroz E A Água

órgãos internos de humanos e animais, por ingestão de doses homeopáticas ao longo do tempo (SHEPHARD, 2008).

A maioria dos fungos é facilmente controlada pelos tratamentos térmicos usuais; entretanto, as toxinas geradas por eles são um problema, pois a maioria delas são termoestáveis. Isso significa que os tratamentos térmicos e processos de desidratação comumente utilizados não os afetam (MOLIN & VALENTINI, 1999). Os efeitos dessas toxinas não aparecem a curto prazo devido ao seu efeito cumulativo, vindo a surgir após um longo período de ingestão de alimentos contaminados, sendo estes de origem vegetal ou animal (PRADO, 2014).

No quadro 1 pode-se observar informações correlacionando os fungos com as possíveis micotoxinas que podem vir a produzir e suas reações no corpo humano.

Quadro 1 - Correlação entre os fungos, principais micotoxinas produzidas e problemas por elas causados.

<b>Fungos</b>	<b>Micotoxinas</b>	<b>Ações</b>
<i>Aspergillus clavatus</i>	Triptoquivalona, nortriptoquivalona, triptoquivalina, citocalasina E e K, e patulina	Neurotóxicas
<i>Aspergillus flavus</i> , <i>A. parasiticus</i> , <i>A. nomius</i>	Aflatoxinas tipos: B1, B2, G1 e G2	Genotóxicas, Teratogênicas, Hepatotóxicas, Carcinogênicas, Mutagênicas, Imunossupressoras
<i>Claviceps paspali</i>	Paspalitrem A, B, C e paspalina (Indolditerpenos)	Neurotóxicas
<i>Claviceps purpurea</i>	Ergotamina, ácido lisérgico e ergonovina	Neurotóxicas

## A Problemática Das Micotoxinas E De Suas Interações Com O Plantio De Arroz E A Água

<i>Fusarium graminearum</i> , <i>F. culmorum</i>	Zearalenona	Problemas reprodutivos; Aborto; Efeito estrogênico
<i>Fusarium sporotrichioides</i> , <i>F. graminearum</i> , <i>F. poae</i> , e <i>F. culmorum</i> , <i>Myrothecium</i> spp. e <i>Trichothecium</i> spp.	Tricotecenos tipos: A (toxina T-2, seus metabólitos desacetilados) e B (deoxinivalenol e seus derivados acetilados - nivalenol, etc)	Problemas gastrointestinais (afeta o rúmen em doses altas), hemorragias, vômitos e dermatites

Fonte: Adaptado de VEDOVATTO et al., 2020

Quadro 1 - Correlação entre os fungos, principais micotoxinas produzidas e problemas por elas causados. (continuação)

Fungos	Micotoxinas	Ações
<i>Fusarium proliferatum</i> e <i>F. verticillioides</i>	Fumonisina tipos: B1 (maior importância zootécnica) e B2	Problemas gastrointestinais (afeta o rúmen em doses altas)
<i>Neotyphodium lolii</i> <i>Acremonium lolii</i>	Paxilina, lolitreto B, ergovalina, peramina	Neurotóxicas, Mitotóxicas
<i>Neotyphodium coenophialum</i>	Ergot alcaloides	Neurotóxicas e alterações da circulação sanguínea
<i>Penicillium</i> spp.	Ocratoxina, patulina e citrinina	Problemas gastrointestinais e pulmonares
<i>Pithomyces</i> sp.	Esporidesmina	Toxicidade biliar e hepática, Nefrotoxicidade



A Problemática Das Micotoxinas E De Suas Interações Com O Plantio De Arroz E A Água

Fonte: Adaptado de VEDOVATTO et al., 2020

Os fungos dos gêneros *Aspergillus*, *Penicillium* e *Fusarium*, destacam-se como principais produtores de micotoxinas, responsáveis por, aproximadamente, dois terços das micotoxinas conhecidas (ELTARIKI et al., 2018).

Dentre os milhares de espécimes de fungos, estima-se que duzentas delas produzam micotoxinas, sendo que algumas dessas possam produzir vários tipos de micotoxinas simultaneamente (TRABULSI, 2004).

## 2.2 MICOTOXINAS E SUA CORRELAÇÃO COM A AGRICULTURA

Culturas de cereais podem ser contaminadas por fungos devido a fatores regionais, tais como clima, temperatura, umidade relativa e chuva (VALMORBIDA, 2016). Uma vez que o *Fusarium* e *Aspergillus* invadem a cultura de arroz, as práticas de prevenção são cruciais para conter a contaminação e a disseminação (BERTUZZI et al., 2019).

Assim como as práticas em campo são importantes, também as características de armazenamento (umidade,) estão diretamente ligadas à concentração das micotoxinas (ELTARIKI et al., 2018).

A prevalência e frequência de fungos micotoxigênicos isolados de diferentes tipos de cultura podem ser observadas na tabela 1.

## A Problemática Das Micotoxinas E De Suas Interações Com O Plantio De Arroz E A Água

Tabela 1 - Prevalência e frequência de fungos micotoxigênicos isolados de diferentes tipos de cultura e origem.

Amostras	Origem	Tipo de Fungo	Prevalência (%)	Frequência (%)
Milho	Malásia	<i>Aspergillus flavus</i>	87	99
		<i>Aspergillus niger</i>	83	95
		<i>Fusarium verticillioides</i>	47	51
		<i>Penicillium sp</i>	5	3.1
Amido de milho	Arábia saudita	<i>Aspergillus flavus</i>	53	11.4
Grãos (trigo, arroz, café)	Marrocos	<i>Aspergillus niger</i>	-	14.10
		<i>Aspergillus flavus</i>	-	11
		<i>Penicillium sp.</i>	-	24.33
		<i>Fusarium sp.</i>	-	1
Leguminosas (feijão, soja, amendoim)	Líbia	<i>Aspergillus sp.</i>	11.7 - 45	-
		<i>Penicillium sp.</i>	6 - 71.17	-
Amido de milho, Trigo	Iraque	<i>Aspergillus flavus</i>	-	24.70
		<i>Aspergillus niger</i>	-	33.2
		<i>Aspergillus ochraceus</i>	-	4.41
		<i>Alternaria alternata</i>	-	12.53
		<i>Fusarium oxysporum</i>	-	9.97
		<i>Rizopus stolonifer</i>	-	7.70
		<i>Curvilaria lunata</i>	-	1.85
		<i>A. niger</i>	83.3	-

## A Problemática Das Micotoxinas E De Suas Interações Com O Plantio De Arroz E A Água

Grãos de café, amendoim, milho, frutas secas, arroz, uva	Brasil	<i>A. ochraceus</i>	53.3	-
		<i>A. flavus Cladosporium</i>	16.6 - 25.0	-
		<i>Penicillium</i>	10.0	-
		<i>A. parasiticus</i>	19,6	-
		<i>A. steynii</i>	-	1,12
		<i>A. niger</i>	-	31
Sementes de <i>adlay</i>	Coréia	<i>F. incarnatum</i>	-	11.67
		<i>F. kyushuense</i>	10.33	-
		<i>F. fujikuroi</i>	8.67	-
		<i>F. concentricum</i>	6.00	-
		<i>F. asiaticum</i>	5.67	-

Fonte: Adaptado de ELTARIKI et al., 2018

### 2.3 O POSICIONAMENTO DO BRASIL QUANTO A PRODUÇÃO DE ARROZ

Para Katsurayama (2017), o arroz é amplamente consumido no mundo e, por esse motivo, é necessário garantir sua qualidade, principalmente em países como o Brasil em que o arroz faz parte da dieta diária com um consumo anual médio de 45 kg por pessoa.

O Brasil está entre os 10 maiores produtores de arroz do mundo, ocupando a nona colocação, com estimativa de produção de setembro de 2020 até setembro de 2021, de 11.747.000 toneladas, com o estado de Santa Catarina produzindo, sozinha, 10,68%, atrás apenas do Rio Grande do Sul que produz 70,46% (CONAB, 2021).

O Brasil possui basicamente dois tipos sistemas de plantio: de terras altas, conhecido também como arroz sequeiro, cujo o plantio é executado em terras secas

A Problemática Das Micotoxinas E De Suas Interações Com O Plantio De Arroz E A Água

com irrigação suplementar por aspersão; e o de várzea, também conhecido como arroz irrigado, o qual é restritamente situado às várzeas dos rios, sendo a água é utilizada para inundar a plantação (KATSURAYAMA, 2017).

De todo arroz produzido no Brasil, 92,16 % é produzido pelo sistema de várzea (CONAB, 2021). Um fato preocupante é que o arroz é um excelente substrato para a proliferação de fungos e, conseqüentemente, de micotoxinas (KJER et al., 2010).

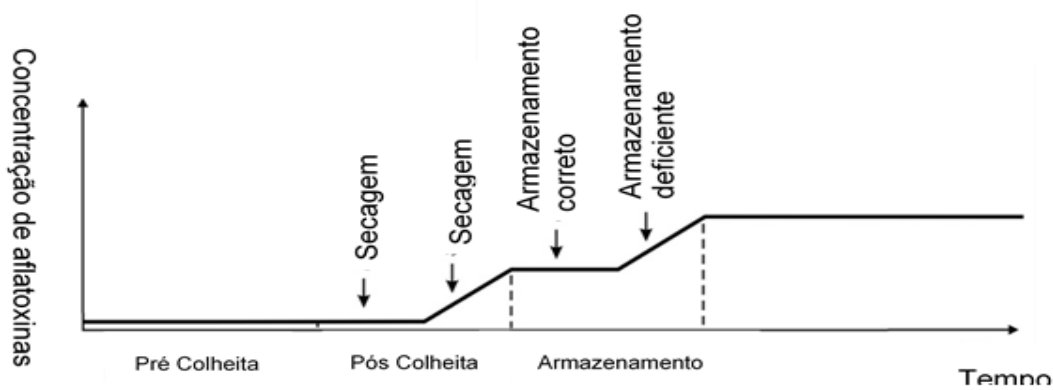
## 2.4 AS MICOTOXINAS E O ARROZ

A possibilidade de se descrever uma única condição que venha a favorecer a contaminação ou proliferação de fungos toxigênicos é inexistente, devido as características bioquímicas e ecológicas que se diferem entre as espécies. A cultura de arroz pode ser infectada antes da colheita, após e durante a secagem/armazenamento como se pode observar nas Figuras 4, por, principalmente, *Fusarium ssp*, *Aspergillus ssp* e *Penicillium ssp*, que podem vir a produzir micotoxinas (KATSURAYAMA 2017).



A Problemática Das Micotoxinas E De Suas Interações Com O Plantio De Arroz E A Água

Figura 4 - Gráfico de formação e concentração de aflatoxinas por unidade de tempo



Fonte: PITT et al., 2013

Os limites máximos aceitáveis no Brasil, referente às micotoxinas presentes nos alimentos são definidos pela INSTRUÇÃO NORMATIVA nº 88, de 26 de março de 2021 e podem ser observados no quadro 2.

Quadro 2 - Limites máximos aceitáveis para micotoxinas em alimentos Brasil.

Toxina	Categoria de alimento	Limite (mcg/kg)
Aflatoxina B1, B2, G1, G2	Alimentos à base de cereais para alimentação infantil (lactentes e crianças de primeira infância)	1
	Cereais e produtos de cereais, exceto milho e derivados, incluindo cevada maltada	5
Desoxinivalenol (DON)	Alimentos à base de cereais para alimentação infantil (lactentes e crianças de primeira infância)	200
	Alimentos à base de cereais para alimentação infantil (lactentes e crianças de primeira infância)	2

## A Problemática Das Micotoxinas E De Suas Interações Com O Plantio De Arroz E A Água

Ocratoxina A	Cereais e produtos de cereais, incluindo cevada maltada	10
	Cereais para posterior processamento, incluindo grão de cevada	20
Zeralenona	Alimentos à base de cereais para alimentação infantil (lactentes e crianças de primeira infância)	20
	Arroz beneficiado e derivados	100
	Arroz integral	400

Fonte: Adaptado de BRASIL (2021)

As espécies de fungos citados, todas podem estar presentes no solo, alimentos, vegetação, ar e água, com ressalva especial para a espécie *Penicillium ssp*, que pode se desenvolver em temperaturas de refrigeração (DALLMANN et al. 2021).

Normalmente os contaminantes que afligem as plantações de arroz se encontram nas camadas mais externas do grão que, por arraste do processo de irrigação, podem ser transportados aos mananciais e rios podendo vir a contaminar todo o ecossistema que entre em contato, atingindo plantas, animais e seres humanos usuários do recurso (LEITE et al 2012).

Na tabela 2 pode ser observado um compilado de informações sobre a ocorrência de aflatoxinas (AFT) totais em arroz e seus derivados, em diversos países.

## A Problemática Das Micotoxinas E De Suas Interações Com O Plantio De Arroz E A Água

Tabela 2 - Compilado de informações sobre a ocorrência de aflatoxinas totais em arroz e seus derivados.

PRODUTO DE ARROZ	N.O AMOSTRAS	INCIDÊNCIA DE AFT (%)	MINIMO-MAXIMO (mcg/Kg)	PAÍS
Arroz polido	166	40	0-176,31	Brasil
Arroz em casca	27	97	0-31,72	Brasil
Farelo	19	89	0-207,04	Brasil
Quirera	18	94	0-19,42	Brasil
Arroz polido	88	6	2,1-7,7	Coreia
Arroz polido	10	80	0-50	Uganda
Arroz polido	80	0	0	Coreia do Sul
Arroz integral	80	7,5	0-2,7	Coreia do Sul
Arroz parabolizado	1511	38	<5->30	Índia
Arroz integral	9	100	0,025-8,7	Filipinas
Arroz polido	68	94	0 - 8,7	Filipinas
Arroz em casca	16	100	27,7-371,9	Nigéria
Arroz polido	5	100	27,7-371,10	Nigéria
Arroz polido	100	56	<0,05- > 21,4	Turquia
Arroz parabolizado	32	9	0-74	Brasil
Arroz polido	26	23	0-2,04	Brasil
Arroz polido	36	2	0-1,2	Brasil
Óleo de farelo de arroz cru	20	75	236-956	Índia
Óleo de farelo de arroz refinado	20	30	traco-28	Índia
Farelo de arroz ( <i>de-oiled</i> )	30	66,7	7-114	Índia
Arroz em casca	675	70,7	0,1-308	Índia
Arroz polido	525	64,1	0,5-3,5	Índia
Arroz em casca	40	0	0	Brasil

Fonte: Adaptado de KATSURAYAMA (2017)

A Problemática Das Micotoxinas E De Suas Interações Com O Plantio De Arroz E A Água

## 2.5 AS MICOTOXINAS E A ÁGUA

Fontes de água potável, principalmente as de céu aberto, contêm diversos tipos de contaminantes biológicos, tais como bactérias, vírus, protozoários e fungos, (PEREIRA et al. 2010). Este fato vem alarmando os pesquisadores, pois estima-se que os vírus, as bactérias, os fungos e os protozoários presentes na água potável sejam responsáveis por 1,3 milhões de mortes de crianças no mundo, todos os anos (SUPONG et al. 2017).

Atualmente, estes parâmetros não são exigidos nas análises de água tratada, porém, com os estudos mais recentes sobre os efeitos das micotoxinas, há uma crescente preocupação quanto a sua presença nos sistemas de água tratada (MHLONGO et al. 2019).

Os fungos até então não eram considerados quando a discussão eram os patógenos transmitidos pela água. Entretanto, devido as atuais circunstâncias, estão sendo considerados como um problema emergente de qualidade da água (ASHBOLT 2015).

Mesmo assim, estes parâmetros não são exigidos nas análises de água tratada e com os estudos mais recentes sobre os efeitos das micotoxinas, há um aumento da preocupação da presença das mesmas nos sistemas de água tratada (MHLONGO et al. 2019). Segundo Babič et al. (2017) a Suécia é o único país que inclui medidas de monitoramento fúngico às diretrizes de potabilidade da água.

Para Sammon et al. (2010) os principais gêneros de fungos presentes nas mais variadas fontes de água como por exemplo, reservatórios, canos, rios, águas subterrâneas, entre outros são: *Cladosporium*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Trichoderma*, *Pithomyces*, *Alternaria*, *Peacilomyces*, *Acremonium*, *Epicoccum* e *Curvularia*. Dentre estes o gênero mais comumente encontrado é o do *Aspergillus*.



## A Problemática Das Micotoxinas E De Suas Interações Com O Plantio De Arroz E A Água

A maioria destes são fungos demáceos que podem secretar melanina ou pigmento semelhante em suas paredes celulares, tornando-as espessas e com esporos hidrofóbicos que traz resistência ao tratamento de água convencional (BABIČ et al., 2017).

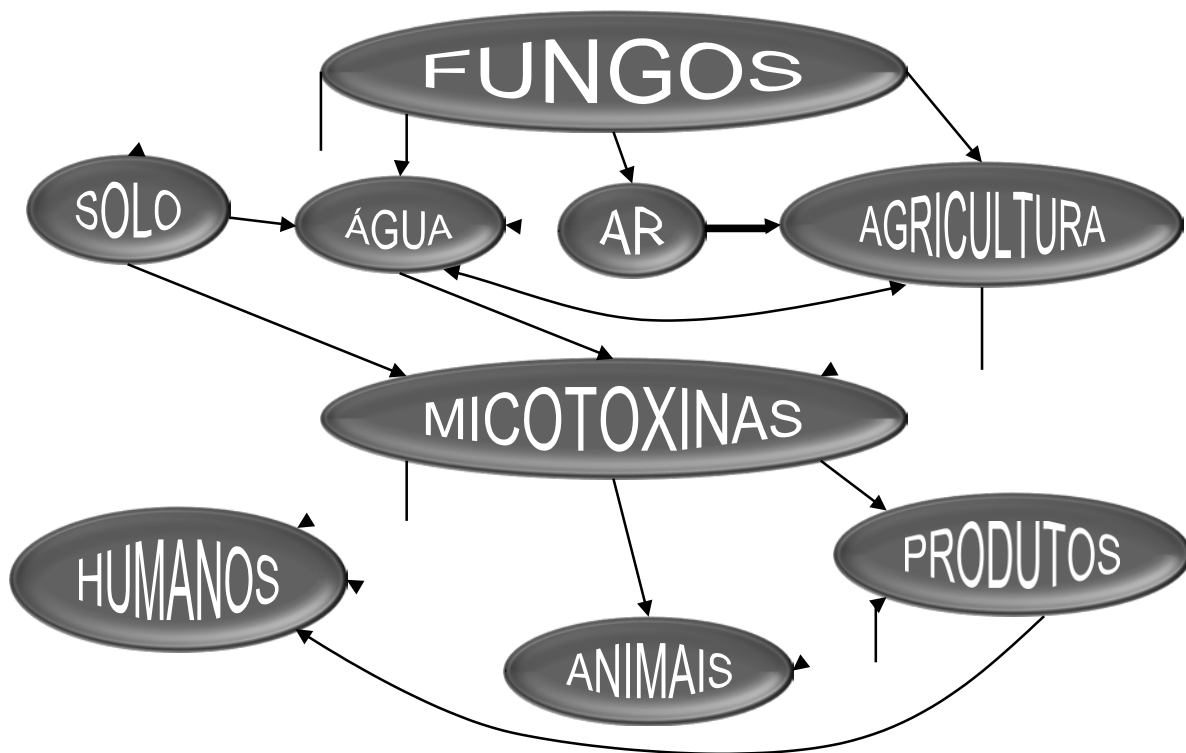
Quando fungos conseguem transpassar o processo de tratamento de água eles podem se abrigar em pontos no sistema de abastecimento, como reservatórios, estagnando-se em zonas mortas onde os resíduos de desinfetantes não os afetam, havendo a formação de biofilmes (OLIVEIRA et al., 2016).

Quando estes fungos se estabelecem nos tubos, dependendo do material que este é constituído, pode sofrer corrosão devido aos ácidos orgânicos produzidos por estes fungos, (GRABIN´SKAŁONIEWSKA et al., 2007). Além do ácido, estes fungos podem secretar outros tipos de metabólitos, como micotoxinas. Entretanto, mesmo com a ausência de fungos, a água pode não estar livre das micotoxinas, pois estas podem resistir muito tempo após os fungos serem eliminados (PITT et al., 2000).

Na figura 5 é apresentado um diagrama de como as micotoxinas podem chegar aos seres humanos, iniciando com os fungos existentes no solo, ar, água e nas culturas agrícolas. Estes fungos podem vir a produzir micotoxinas que contaminam os produtos e subprodutos gerados no meio agrícola, contaminando, por consequência, os animais e os seres humanos que também podem receber estas micotoxinas de todos os meios contaminados.

A Problemática Das Micotoxinas E De Suas Interações Com O Plantio De Arroz E A Água

Figura 5 - Diagrama com as interações existentes entre os metabolitos fúngicos até acontaminação de animais e humanos.



Fonte: Adaptado de AL-GABR et al., 2014.

Parâmetros como temperatura e pH são condições críticas para favorecer o crescimento e a resistência dos fungos no ambiente aquático (HUSSAIN et al.2011). Com as colônias de fungos estabelecidas não é incomum encontrar bactérias juntamente com esses fungos devido às suas interações, podendo variar de uma colônia desordenada de hifas fúngicas e células bacterianas altamente organizadas

A Problemática Das Micotoxinas E De Suas Interações Com O Plantio De Arroz E A Água

(FREY- KLETT et al., 2011).

### **3 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A ocorrência de micotoxinas na cadeia alimentar é inevitável devido as inúmeras e possíveis fontes de proliferação de fungos toxigênicos. Deste modo, constitui sério problema a ser avaliado.

Com foco na saúde, observa-se que o monitoramento das micotoxinas nos alimentos derivados de cereais, águas dos sistemas de distribuição e até mesmo no campo é de extrema importância. Alguns mecanismos de formação ainda são desconhecidos, sendo necessário o levantamento de dados, principalmente devido a não regulamentação dos órgãos de vigilância, que acompanham a formação das toxinas apenas nos produtos finais. Deste modo, é essencial a implementação das boas práticas agrícolas, a fim de evitar a proliferação dos fungos e, com isso, evitar a produção desses metabólitos tão nocivos à saúde humana e animal.

Em paralelo é importante o acompanhamento dos patógenos, desenvolvimento de novos agentes de controle fúngico que não agredam ao meio ambiente e que sejam economicamente viáveis para beneficiar tanto o produtor rural quanto ao consumidor final.

Fica como sugestão para trabalhos futuros o levantamento regional dos fungos e micotoxinas encontradas na agricultura, especialmente se a região for produtora de arroz irrigado e gado de corte, com rios utilizados como fonte de água potável para a população.

A Problemática Das Micotoxinas E De Suas Interações Com O Plantio De Arroz E A Água

## REFERÊNCIAS

AL-GABR, Hamid Mohammad; ZHENG, Tianling; YU, Xin. Fungi contamination of drinking water. **Reviews of Environmental Contamination and Toxicology Volume 228**, p. 121-139, 2014.

ASHBOLT, Nicholas J. Microbial contamination of drinking water and human health from community water systems. **Current environmental health reports**, v. 2, n. 1, p. 95-106, 2015. AYOFEMI OLALEKAN ADEYEYE, S. **Aflatoxigenic fungi and mycotoxins in food: a review**. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, p. 1–13, 2019.

AYOFEMI OLALEKAN ADEYEYE, Samuel. Aflatoxigenic fungi and mycotoxins in food: a review. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 60, n. 5, p. 709-721, 2020.

BABIČ, Monika Novak et al. Fungal contaminants in drinking water regulation? A tale of ecology, exposure, purification and clinical relevance. **International journal of environmental research and public health**, v. 14, n. 6, p. 636, 2017.



A Problemática Das Micotoxinas E De Suas Interações Com O Plantio De Arroz E A Água

BERTUZZI, Terenzio et al. Mycotoxins and related fungi in Italian paddy rice during the growing season and storage. **Toxins**, v. 11, n. 3, p. 151, 2019. BHAT, R., Rai, R. V., & Karim, A. A. **Mycotoxins in Food and Feed: Present Status and Future Concerns**. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9, p. 57-81, 2010.

BHAT, Rajeev; RAI, Ravishankar V.; KARIM, Abd A. Mycotoxins in food and feed: present status and future concerns. **Comprehensive reviews in food science and food safety**, v. 9, n. 1, p. 57-81, 2010.

BRASIL, Federativa; BRASÍLIA, D. F. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Secretaria de Defesa Agropecuária. Disponível em: Acesso em**, v. 5, n. 10, p. 2016, 2021.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Monitoramento agrícola. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**. Brasília, 12º Levantamento, p. 18, 2021.

CONAB. Séries históricas das safras: grãos - por produtos. 2021b. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras>. Acesso em: 12 out. 2021.

DALLMANN, Ellen Paola et al. Micotoxinas e seu alarmante alcance à bovinocultura: Revisão. **PUBVET**, v. 15, p. 169, 2021. DA SILVA, D. D., DA COSTA, R. V., COTA, L.,

LANZA, F., & GUIMARAES, E. **Micotoxinas em cadeias produtivas do milho: riscos à saúde animal e humana**. Embrapa Milho e Sorgo-Documents (INFOTECA-E), 2015.

DE TONI, Pierre Sonigo-Arianna; REILLY, Kate. A REVIEW OF FUNGI IN DRINKING WATER AND THE IMPLICATIONS FOR HUMAN HEALTH. 2011.

A Problemática Das Micotoxinas E De Suas Interações Com O Plantio De Arroz E A Água

DINIZ, S.P.S.S. **Micotoxinas**. São Paulo: Livraria e Editora Rural. 2002. 181p.

DOMIJAN, Ana-Marija et al. Fumonisin B1, fumonisin B2, zearalenone and ochratoxin A contamination of maize in Croatia. **Food additives and contaminants**, v. 22, n. 7, p. 677-680, 2005.

ELTARIKI, Fuzia Elfituri Muftah et al. Genetic Diversity of Fungi Producing Mycotoxins in Stored Crops. **Journal of Pure and Applied Microbiology**, v. 12, n. 4, p. 1815-1823, 2018.

FREY-KLETT, Pascale et al. Bacterial-fungal interactions: hyphens between agricultural, clinical, environmental, and food microbiologists. **Microbiology and molecular biology reviews**, v. 75, n. 4, p. 583-609, 2011.

GARCIA, Marcelo Valle et al. Fungi in spices and mycotoxigenic potential of some Aspergilli isolated. **Food microbiology**, v. 73, p. 93-98, 2018.

GONÇALEZ, E.; PINTO, M. M.; FELICIO, J. D. DIVULGAÇÃO TÉCNICA. **Biológico, São Paulo**, v. 63, n. 1/2, p. 15-19, 2001.

GRABIŃSKA-ŁONIEWSKA, A. et al. Occurrence of fungi in water distribution system. **Polish Journal of Environmental Studies**, v. 16, n. 4, p. 539-547, 2007.

HUSSAIN, T., ISHTIAQ, M., HUSSAIN, A. & SULTANA, K. **Study of drinking water fungi and its pathogenic effects on human beings from District Bhimber, Azad Kashmir, Pakistan**. Pakistan Journal of Botany 43 (5), 2581–2585. 2011.

KATSURAYAMA, Aline Machado; TANIWAKI, Marta Hiromi. Fungos e aflatoxinas no arroz: ocorrência e significado na saúde do consumidor. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 20, 2017.

KJER, Julia et al. Methods for isolation of marine-derived endophytic fungi and their bioactive secondary products. **Nature protocols**, v. 5, n. 3, p. 479-490, 2010.

A Problemática Das Micotoxinas E De Suas Interações Com O Plantio De Arroz E A Água

LEITE, Clarice Caldeira et al. Análises quali e quantitativas de micotoxinas em águas da cadeia produtiva do arroz por CCD e CCDAE. **Química Nova**, v. 35, p. 1955-1960, 2012.

MHLONGO, Ntombie Thandazile; TEKERE, Memory; SIBANDA, Timothy. Prevalence and public health implications of mycotoxigenic fungi in treated drinking water systems. **Journal of water and health**, v. 17, n. 4, p. 517-531, 2019.

MOLIN, R.; VALENTINI, M.L. Simpósio sobre micotoxinas em grãos. **Fundação Cargil**.

208p. 1999.

MURPHY, Patricia A. et al. Food mycotoxins: an update. **Journal of food science**, v. 71, n. 5, p. R51-R65, 2006.

OLIVEIRA, Helena et al. Fungi from a groundwater-fed drinking water supply system in Brazil. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 13, n.3, p. 304, 2016.

OMAR, H. E. M. Mycotoxins-induced oxidative stress and disease. **Mycotoxin and Food Safety in Developing Countries. Rijeka, Croatia: InTech**, p. 63-92, 2013.

PEREIRA, Maria Marlúcia Gomes; DE CARVALHO, ELIANA PINHEIRO; PRADO, Guilherme. Crescimento e produção de aflatoxinas por *Aspergillus flavus* e *Aspergillus parasiticus*. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 20, n. 1, 2002.

PITT, J. I. et al. Mycotoxins and toxigenic fungi. **Medical mycology**, v. 38, n. sup1, p. 41-46, 2000.

PITT, J. I.; TANIWAKI, Marta H.; COLE, M. B. Mycotoxin production in major crops as influenced by growing, harvesting, storage and processing, with emphasis on the achievement of Food Safety Objectives. **Food control**, v. 32, n. 1, p. 205-215, 2013.

A Problemática Das Micotoxinas E De Suas Interações Com O Plantio De Arroz E A Água

PRADO, Guilherme. Contaminação de alimentos por micotoxinas no Brasil e no mundo.

**Gerai:** **Revista de Saúde Pública do SUS/MG**, v. 2, n. 2, p. 13-26, 2017.

SAMMON, Noel B. et al. Incidence and distribution of microfungi in a treated municipal water supply system in sub-tropical Australia. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 7, n. 4, p. 1597-1611, 2010.

SAVI, Geovana Dagostim; DOS SANTOS ZENAIDE, Fernanda. Micotoxinas: riscos à saúde humana pela ingestão diária de alimentos contaminados e sua ocorrência em amostras clínicas. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 4, p. e24942482-e24942482, 2020.

SERRA, Rita. Micoflora das uvas portuguesas e seu potencial para a contaminação das uvas com micotoxinas, com destaque para a ocratoxina A. 2005.

SHEPHARD, Gordon S. Impact of mycotoxins on human health in developing countries.

**Food Additives and contaminants**, v. 25, n. 2, p. 146-151, 2008.

SUPONG, A.; BHOMICK, P. C.; SINHA, D. Waterborne pathogens in drinking water-existing removal techniques and methods. **MOJ Toxicology**, v. 3, p. 146-147, 2017.

TRABULSI, Luiz Rachid; ALTERTHUM, Flávio. Microbiologia. 5ª edição. São Paulo: Atheneu, p. 24-27, 2008.

VALMORBIDA, Roberta et al. Fungos e micotoxinas em grãos de milho (*Zea mays* L.) e seus derivados produzidos no estado de Rondônia, Região Norte do Brasil. 2016.

VEDOVATTO, M. G. et al. Micotoxinas na dieta de bovinos de corte: revisão.

**Archivos de zootecnia**, v. 69, n. 266, p. 234-244, 2020.



A Problemática Das Micotoxinas E De Suas Interações Com O Plantio De Arroz E A Água

VITORINO, Orlanda Cristina Leonardo. **Micotoxinas na alimentação e na saúde animal humana**. 2012. Tese de Doutorado.

