



Tipo de trabalho: TRABALHO COMPLETO (MÍNIMO 08 PÁGINAS, MÁXIMO 15 PÁGINAS)

REMOÇÃO DE AGROTÓXICOS DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DE ABASTECIMENTO RURAL POR MEIO DE REATOR DE LEITO FIXO DE CARVÃO ATIVADO GRANULAR¹

**Lize Elena Kaufmann Back², Aline Raquel Müller Tones³, Liziara Da Costa
Cabrera⁴, Jonas Simon Dugatto⁵, Alcione Aparecida De Almeida Alves⁶**

¹ Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Ambiental e Sanitária

² Acadêmica do Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Tecnologias Sustentáveis pela Universidade Federal da Fronteira Sul, campus Cerro Largo, lize-kaufmann@hotmail.com

³ Doutoranda em Engenharia Química, Professora Adjunta da Universidade Federal da Fronteira Sul, campus Cerro Largo, aline.tones@uffs.edu.br

⁴ Colaboradora, Doutora em Química, Professora Adjunta Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Cerro Largo liziara.cabrera@uffs.edu.br

⁵ Colaborador, Químico Industrial - Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Tecnólogo em Química, UFFS Campus Cerro Largo, jonas.dugatto@uffs.edu.br

⁶ Orientadora, Doutora em Engenharia Ambiental, Professora Adjunta da Universidade Federal da Fronteira Sul, campus Cerro Largo, alcione.almeida@uffs.edu.br

Resumo

O aumento da aplicação de agrotóxicos em meio agrícola gera uma constante preocupação em relação à contaminação das águas superficiais e subterrâneas, os quais podem permanecer por longo tempo no ambiente, sendo necessário o desenvolvimento de tecnologias eficientes e de menor custo para o tratamento de águas, visando principalmente comunidades rurais em que não há nenhuma forma de tratamento de água de abastecimento. Neste sentido, o presente trabalho objetivou analisar a presença de agrotóxicos na água de abastecimento de uma comunidade rural, pré e pós-implementação Reator de Leito Fixo de Carvão Ativado Granular (RLF-CAG). Verificou-se que as concentrações dos agrotóxicos analisados estavam abaixo dos valores máximo permitidos pelas legislações vigentes e a tecnologia foi eficiente na redução de agrotóxicos, entretanto em determinados momentos ocorreu a dessorção de agrotóxicos do RLF-CAG. Por fim, conclui-se que o RLF-CAG foi eficiente na redução de agrotóxicos da água.

1. Introdução

A definição de águas de abastecimento público se encontra dentro de um grupo maior, o saneamento público, que compreende a situação do meio ambiente em que o ser humano se insere, levando em consideração as condições que esse espaço exerce sobre a saúde e bem estar das populações. Portanto, saneamento básico é o conjunto de cinco principais fatores: abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza pública, drenagem pluvial e controle de vetores (HELLER; PÁDUA, 2006).



Tipo de trabalho: TRABALHO COMPLETO (MÍNIMO 08 PÁGINAS, MÁXIMO 15 PÁGINAS)

A Constituição Federal (1988) estabeleceu que todos os seres humanos deveriam ter direito de desfrutar de um meio ambiente ecologicamente equilibrado, visto que o mesmo é necessário para manter a qualidade de vida da população (BRASIL, 1998). Assim, para que a população tenha qualidade de vida, é preciso garantir o direito à saúde, que envolve, dentre outros aspectos, o saneamento básico adequado que, por sua vez, abrange a qualidade das águas de abastecimento público (HELLER; PÁDUA, 2006).

A aferição da potabilidade da água é realizada por meio de análises laboratoriais, onde é feita a verificação da presença de substâncias e microrganismos acima dos valores máximos permitidos (VMP) pelas legislações, que possam afetar, de forma negativa, a saúde da população (DI BERNARDO; DANTAS, 2005).

Dentre os sistemas de abastecimento público os mananciais superficiais são os mais utilizados como fonte de fornecimento de água, contudo, devido à contaminação dos mesmos, e por vezes a reduzida disponibilidade de vazão para captação e abastecimento público, bem como a distância dos rios em relação aos centros urbanos, exigiu outra forma de abastecimento de água, como por exemplo, a utilização de águas subterrâneas (NIXON et al., 2000).

Atualmente estão sendo discutidos os graves problemas referentes à presença de resíduos de agrotóxicos no meio ambiente, com destaque para a contaminação das águas utilizadas para o consumo humano, tornando-se desta forma um problema de saúde pública. Portanto, tal forma de contaminação passou a ser um tema de interesse da população, das autoridades e de todos envolvidos nas questões de qualidade da água, produção de água potável, tratamento de águas residuais, reutilização de água e saúde pública (CHANG; LIN; CHEN, 2011; BARRIUSO et al., 1996; KARABELAS; PLAKAS, 2011).

A preocupação em relação à contaminação de águas por resíduos de agrotóxicos se deve porque, em geral, o tratamento de águas é realizado por sistema convencional, o qual não é eficiente na remoção deste micropoluentes e muitas comunidades não possuem nenhum tipo de tratamento de águas de abastecimento, agravando a situação. Assim, é necessário verificar tecnologias capazes de reter esses contaminantes das águas utilizadas para abastecimento público em meio rural (CHANG; LIN; CHEN, 2011). Dentre os sistemas já estudados, destaca-se o RLF-CAG que se demonstrou eficiente em estudos de Alves et al. (2018) e por Freihardt, Jekel e Ruhl (2017), na remoção de micropoluentes, como agrotóxicos.

Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivos monitorar a presença de agrotóxicos, implantar e monitorar a tecnologia de adsorção em Leito Fixo de Carvão Ativado Granular, em meio rural, com intuito de verificar a eficiência de redução da concentração de agrotóxicos da água de abastecimento público.

2. Metodologia

Para avaliar a eficiência do tratamento de águas com um RLF-CAG em escala real, foram



Tipo de trabalho: TRABALHO COMPLETO (MÍNIMO 08 PÁGINAS, MÁXIMO 15 PÁGINAS)

realizadas atividades em campo, compreendendo a construção e instalação do RLF-CAG; coleta e monitoramento de amostras da água bruta e tratada, além de análises laboratoriais. Para a realização das análises *ex situ*, utilizou-se a infraestrutura dos Laboratórios da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) - *campus* Cerro Largo - RS, essencialmente o Laboratório de Águas e Ecotoxicologia e de Química Analítica.

O estudo foi realizado em uma residência localizada na Linha Níquel Sul, pertencente à Associação Comandaí, do município de Campina das Missões, estado do Rio Grande do Sul. As coordenadas geográficas da residência é de latitude 28° 1' 4" S e 54° 50' 4" O, localizada à aproximadamente 4,3 km da sede do município (Google Earth Pro, 2018). O poço de captação da Associação Comandaí se localiza nas coordenadas de latitude 28° 0', 32" S e longitude 54° 50' 52" O (Google Earth Pro, 2018). Na Figura 1 é apresentada a localização da residência.

A construção da coluna de leito fixo de carvão ativado obedeceu a Norma ASTM Internacional D6586 (ASTM, 2014), bem como o descrito por Alves (2017), a qual estabelece a prática padrão para a previsão da adsorção de contaminantes no CAG em sistemas aquosos usando testes rápidos de coluna de escala reduzida.

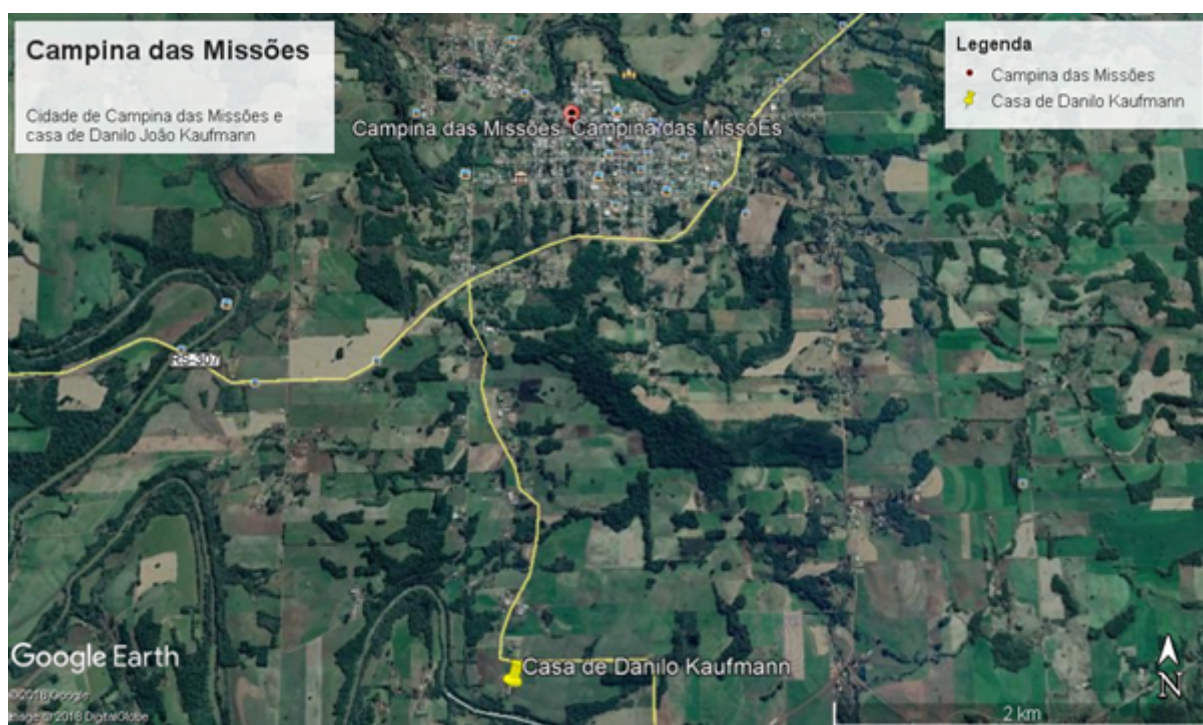
Para a construção utilizou-se uma tubulação de 100 mm, de Policloreto de Vinila (PVC), com altura total de 2,40 m. Neste foi inserido um visor de vidro para possibilitar a visualização do comportamento interno do RLF-CAG. Também foi instalado 21 piezômetros para acompanhar a perda de carga do sistema.

Figura 1 - Localização da residência de instalação da CALF-CAG em relação ao município de Campina das Missões - RS.





Tipo de trabalho: TRABALHO COMPLETO (MÍNIMO 08 PÁGINAS, MÁXIMO 15 PÁGINAS)



Fonte: Google Earth Pro, 2018.

Nesta tubulação de PVC também foram realizadas duas aberturas, uma no lado oposto das mangueiras de nível, na altura de 2,40 m e outro no lado oposto da implantação do vidro, em uma altura de 1,15 m, para fins de permitir a entrada da água e a retrolavagem, respectivamente. O sistema foi abastecido pela água de uma caixa d'água a montante do RLF-CAG e para a entrada de água no topo do RLF-CAG confeccionou-se um dispositivo circular de PVC perfurado com objetivo de distribuir uniformemente a água no RLF-CAG. Para apoiar o RLF-CAG, montou-se uma base em madeira, pela qual também passava a tubulação de saída da RLF-CAG, a qual possuía uma altura de 70 cm (em comparação a altura do RLF-CAG) e se direcionado para uma caixa d'água a jusante para a captação da água tratada.

Após adição de água no sistema, inseriu-se a camada suporte formada por seixos roláveis de 1 a 4 cm de diâmetro, e assim adicionou-se o CAG, correspondente ao volume de: 1.300 mL da granulometria de 1,40 a 2,00 mm; 450 mL da granulometria de 1,19 a 1,40 mm; 200 mL da granulometria de 0,425 a 1,190 mm; 200 mL da granulometria > 0 a 0,425 mm; 200 mL da granulometria de 0,425 a 1,190 mm; 400 mL da granulometria de 1,19 a 1,40 mm; 1.300 mL da granulometria de 1,40 a 2,00 mm. O CAG foi adicionado na ordem apresentada, perfazendo aproximadamente uma altura de 50 cm de leito fixo de CAG. A preparação do CAG foi de acordo com a Norma ASTM International D6586 (ASTM, 2014).

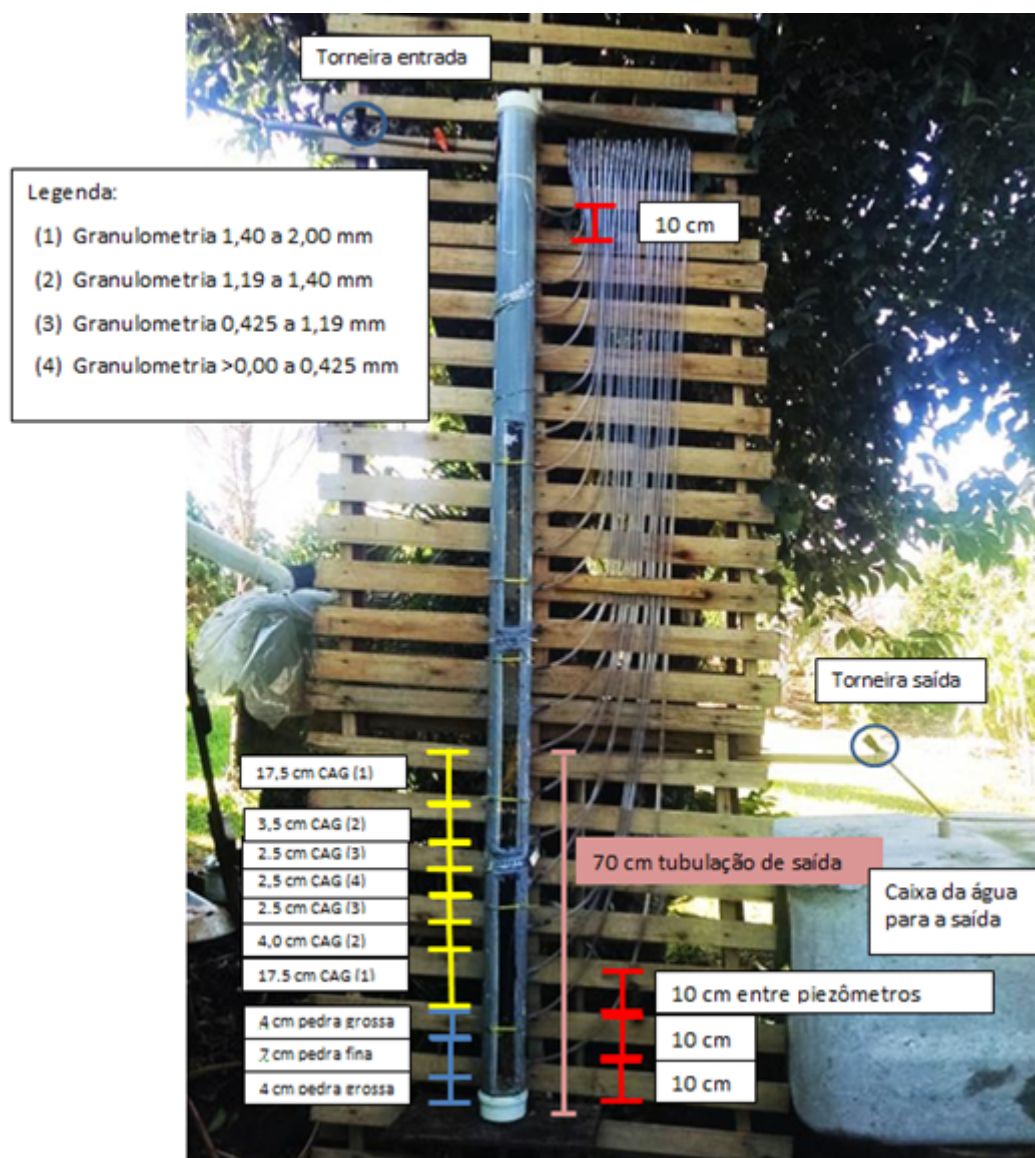
Assim feito, os registros foram abertos, controlando as vazões de entrada e saída em 5 L h⁻¹ e taxa



Tipo de trabalho: TRABALHO COMPLETO (MÍNIMO 08 PÁGINAS, MÁXIMO 15 PÁGINAS)

de aplicação superficial (TAS) de $0,694 \text{ m}^3 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$. A Figura 2 refere-se à instalação completa e operação da CALF-CAG.

Figura 2 - CALF-CAG instalada e em fase de operação.



Fonte: Autores, 2018.



Tipo de trabalho: TRABALHO COMPLETO (MÍNIMO 08 PÁGINAS, MÁXIMO 15 PÁGINAS)

O procedimento de retrolavagem visa remover as impurezas contidas no meio filtrante, necessária quando o RLF-CAG estivesse colmatado, para melhorar a eficiência de filtração do mesmo e prolongar a sua vida útil, para realizar a retrolavagem foi necessário injetar água com pressão no fluxo inverso de tratamento, ou seja, no sentido ascendente, até que a turbidez da água extravasada não teve variação significativa.

A quantificação de agrotóxicos foi realizada para dez amostras, de entrada dos meses de maio, junho, julho e agosto, e para uma amostra da saída da retrolavagem e uma amostra da retomada da operação, após a retrolavagem. Foram analisados 19 agrotóxicos, sendo estes: Atrazina, Azoxistrobina, Ciproconazol, Clomazona, Difenconazol, Fipronil, Imazetapir, Malationa, Metsulfurom-Metílico, Penoxsulam, Piraclostrobina, Pirimicarbe, Profenofós, Propanil, Propiconazol, Simazina e Tiabendazol. Para a detecção e quantificação de agrotóxicos o método foi validado considerando os procedimentos descritos no INMETRO (2011), no Laboratório de Química Instrumental da UFFS *campus* Cerro Largo-RS, mediante a técnica de Cromatografia Líquida de Alta Eficiência acoplada a Espectrômetro de Massas (CLAF-EM).

3. Resultados e discussões

A operação do RLF-CAG teve início no dia 13 de maio de 2018 e, em um primeiro momento, teve sua operação até o dia 12 de agosto (totalizando 92 dias), quando então alcançou a perda de carga de 2,0 m e então fez-se necessária a realização da retrolavagem. No entanto, ressalta-se que por motivos operacionais, a vazão do RLF-CAG foi alterada para 7,5 L h⁻¹, consequentemente a TAS passou para 1 m³ m⁻² d⁻¹.

3.1 Caracterização de agrotóxicos na água subterrânea

Os resultados referentes às análises da presença de agrotóxicos nas amostras de água coletadas e armazenadas, na entrada e saída no RLF-CAG, no período de maio a agosto, são apresentados na Tabela 1.

É importante destacar que o ponto denominado “retrolavagem” é referente à amostra coletada na torneira de extravaso durante a realização do procedimento de retrolavagem.

No período de análises, foi possível verificar a presença de 17 agrotóxicos e apenas não houve detecção de Metsulfurom-metílico em nenhuma das análises realizadas. Em relação aos que foram detectados, não foi possível quantificar as concentrações de Epoxiconazol, Fipronil, Piraclostrobina, Pirimicarbe, Propiconazol e Tiabendazol.

De acordo com as indicações de utilização de agrotóxicos da Agência Nacional de Vigilância Sanitária ANVISA (BRASIL, 2003a), todos os agrotóxicos analisados podem ter sido aplicados nas culturas agrícolas de milho, soja e trigo, as quais fazem parte da economia do município (ECOMASTER, 2014), e consequentemente, podem ter contaminado a água de abastecimento



Tipo de trabalho: TRABALHO COMPLETO (MÍNIMO 08 PÁGINAS, MÁXIMO 15 PÁGINAS)

público.

Observando os resultados referentes ao Propanil e ao Penoxsulam, é importante ressaltar que ambos são herbicidas bastante utilizados na agricultura para produção de arroz (BRASIL, 2003). Contudo, na microrregião de Cerro Largo, na qual a cidade de Campina das Missões pertence, a produção de arroz não é cultivada de forma extensiva. Porém, de acordo com Ottonelli e Grings (2017), em microrregiões próximas, se localizam as cidades com maior produção de arroz do país e, conseqüentemente, são regiões onde esses agrotóxicos, citados acima, são aplicados em grande escala para controle de ervas daninhas.

A solubilidade dos agrotóxicos em água pode explicar a presença do Propanil e Penoxulam nas amostras de água subterrâneas, indicando que esses compostos podem ter sido transportados do solo para os corpos d'água subterrâneos, sendo detectados no ponto de estudo. Esse transporte se deve as fissuras que existem nas rochas que recobrem o Sistema Aquífero Serra Geral I, ao qual o poço faz parte, assim como grande parte dos poços subterrâneos do norte e noroeste do estado do Rio Grande do Sul (ECOMASTER, 2014).

Tabela 1 – Quantificação dos agrotóxicos analisados e comparação com a Portaria de Consolidação Nº 05/2017 do Ministério da Saúde (MS) e com a Portaria Nº 320/2014 da Secretaria do Estado da Saúde (SES).



Tipo de trabalho: TRABALHO COMPLETO (MÍNIMO 08 PÁGINAS, MÁXIMO 15 PÁGINAS)

Agrotóxicos	Concentração ($\mu\text{g L}^{-1}$)										LQm ⁽²⁾	P.C. 05/2017 ⁽³⁾	P.SES 320/2014 ⁽⁴⁾
	Ponto A (14/05)		Ponto B (06/06)		Ponto C (24/07)		Ponto D (12/08)		Retrolavagem (12/08) ⁽¹⁾	Ponto E (12/08) ⁽¹⁾			
	Entrada	Saída	Entrada	Saída	Entrada	Saída	Entrada	Saída	Saída	Saída			
Atrazina	0,019	ND ⁽⁵⁾	ND	0,087	ND	ND	0,018	0,010	0,015	ND	0,002	2,0	-
Azoxistrobina	0,091	0,209	0,186	0,303	0,118	0,015	0,104	0,031	0,056	0,089	0,002	-	-
Ciproconazol	0,020	ND	<LQm ⁽⁶⁾	<LQm	0,292	0,215	<LQm	0,197	<LQm	0,010	0,004	-	60,0
Clomazona	<LQm	<LQm	<LQm	<LQm	<LQm	<LQm	0,269	ND	<LQm	<LQm	0,020	-	-
Difenoconazol	<LQm	ND	ND	<LQm	ND	0,029	<LQm	<LQm	<LQm	ND	0,020	-	60,0
Epoxiconazol	<LQm	<LQm	<LQm	<LQm	<LQm	<LQm	<LQm	<LQm	<LQm	<LQm	0,040	-	18,0
Fipronil	<LQm	ND	ND	<LQm	<LQm	<LQm	<LQm	ND	<LQm	ND	0,008	-	1,2
Imazetapir	<LQm	ND	<LQm	0,031	<LQm	ND	<LQm	ND	<LQm	<LQm	0,004	-	1500,0
Malationa	<LQm	<LQm	<LQm	0,023	<LQm	<LQm	<LQm	0,351	0,030	<LQm	0,008	-	-
Metsulfurom- metílico	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,200	-	60,0
Penoxsulam	0,758	0,308	0,747	1,577	0,483	0,346	0,669	<LQm	0,715	0,964	0,040	-	-
Piraclostrobina	<LQm	<LQm	ND	ND	<LQm	ND	ND	ND	ND	ND	0,008	-	-
Pirimicarbe	<LQm	<LQm	<LQm	<LQm	<LQm	ND	ND	<LQm	ND	<LQm	0,040	-	-
Profenofós	ND	ND	ND	<LQm	<LQm	ND	<LQm	<LQm	ND	0,262	0,040	60,0	-
Propanil	<LQm	2,756	ND	ND	ND	<LQm	ND	ND	ND	ND	0,200	-	-
Propiconazol	ND	ND	ND	<LQm	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,002	-	-
Simazina	<LQm	ND	<LQm	0,095	<LQm	ND	<LQm	ND	<LQm	ND	0,020	2,0	-
Tiabendazol	<LQm	<LQm	<LQm	<LQm	<LQm	<LQm	<LQm	<LQm	<LQm	<LQm	0,200	-	-

Fonte: Autores, 2018. Nota: (1) Análise de entrada igual a entrada do Ponto 44; (2) Limite de quantificação do método; (3) Valor máximo permitido pela Portaria de Consolidação Nº 05/2017 do MS; (4) Valor máximo permitido pela Portaria Nº 320/2014 do SES; (5) Não detectado; (6) Valor abaixo do limite de quantificação do método.

Mesmo presentes, estes valores não são considerados de risco pelas legislações vigentes no Brasil, pois nenhum composto de agrotóxico esteve presente em valores acima do previsto na Portaria de Consolidação Nº 05/2017 do MS e na Portaria Nº 320/2014 da SES. Contudo, ao comparar os valores obtidos com a legislação da Comunidade Europeia (CE), Diretiva 98/83/CE do Conselho da União Europeia, onde o VMP para agrotóxicos individualmente é de $0,10 \mu\text{g L}^{-1}$ (UNIÃO EUROPEIA, 1998), ou seja, em algumas datas de análise as substâncias Azoxistrobina, Ciproconazol, Clomazona, Malationa, Profenofós e o Penoxsulam seriam consideradas acima da concentração máxima permitida, fazendo com que a água fosse considerada como imprópria para o consumo humano sem a remoção destes contaminantes.

No período de análises, foi possível verificar a presença de 17 agrotóxicos e apenas não houve detecção de Metsulfurom-metílico em nenhuma das análises realizadas. Em relação aos que foram detectados, não foi possível quantificar as concentrações de Epoxiconazol, Fipronil, Piraclostrobina, Pirimicarbe, Propiconazol e Tiabendazol.

De acordo com as indicações de utilização de agrotóxicos da Agência Nacional de Vigilância Sanitária ANVISA (BRASIL, 2003a), todos os agrotóxicos analisados podem ter sido aplicados nas culturas agrícolas de milho, soja e trigo, as quais fazem parte da economia do município (ECOMASTER, 2014), e consequentemente, podem ter contaminado a água de abastecimento



Tipo de trabalho: TRABALHO COMPLETO (MÍNIMO 08 PÁGINAS, MÁXIMO 15 PÁGINAS)

público.

Observando os resultados referentes ao Propanil e ao Penoxsulam, é importante ressaltar que ambos são herbicidas bastante utilizados na agricultura para produção de arroz (BRASIL, 2003). Contudo, na microrregião de Cerro Largo, na qual a cidade de Campina das Missões pertence, a produção de arroz não é cultivada de forma extensiva. Porém, de acordo com Ottonelli e Grings (2017), em microrregiões próximas, se localizam as cidades com maior produção de arroz do país e, conseqüentemente, são regiões onde esses agrotóxicos, citados acima, são aplicados em grande escala para controle de ervas daninhas.

A solubilidade dos agrotóxicos em água pode explicar a presença do Propanil e Penoxsulam nas amostras de água subterrâneas, indicando que esses compostos podem ter sido transportados do solo para os corpos d'água subterrâneos, sendo detectados no ponto de estudo. Esse transporte se deve as fissuras que existem nas rochas que recobrem o Sistema Aquífero Serra Geral I, ao qual o poço faz parte, assim como grande parte dos poços subterrâneos do norte e noroeste do estado do Rio Grande do Sul (ECOMASTER, 2014).

Mesmo presentes, estes valores não são considerados de risco pelas legislações vigentes no Brasil, pois nenhum composto de agrotóxico esteve presente em valores acima do previsto na Portaria de Consolidação Nº 05/2017 do MS e na Portaria Nº 320/2014 da SES. Contudo, ao comparar os valores obtidos com a legislação da Comunidade Europeia (CE), Diretiva 98/83/CE do Conselho da União Europeia, onde o VMP para agrotóxicos individualmente é de $0,10 \mu\text{g L}^{-1}$ (UNIÃO EUROPEIA, 1998), ou seja, em algumas datas de análise as substâncias Azoxistrobina, Ciproconazol, Clomazona, Malationa, Profenofós e o Penoxsulam seriam consideradas acima da concentração máxima permitida, fazendo com que a água fosse considerada como imprópria para o consumo humano sem a remoção destes contaminantes.

No entanto, apesar dos estes resultados serem condizentes aos VMP estabelecidos por legislação vigente para o local, vale ressaltar que o monitoramento de agrotóxicos presentes na água de abastecimento público rural é de suma importância, entretanto, apenas 33 municípios do estado do Rio Grande do Sul possuem monitoramento periódico de agrotóxicos na água de consumo humano (Brasil, 2016b).

Além disso, os resultados criam um alerta à população e aos Órgãos responsáveis pela qualidade ambiental e saúde da população, pois evidencia-se resíduo de agrotóxicos na água de abastecimento público e, mesmo dentro do permitido pela legislação brasileira, é preocupante, visto que os agrotóxicos são substâncias não necessárias à saúde dos seres vivos e o consumo indireto também está sendo relacionados a diversas doenças (KARABELAS; PLAKAS, 2011; UNITED NATIONS, 2017).

Assim, conforme descrito por Neto e Sarcinelli (2009) é necessário realizar uma adequação na legislação nacional, para que a legislação brasileira considere os agrotóxicos mais utilizados em todas as regiões do país, bem como as características dos mesmos, tais como persistência no meio ambiente e solubilidade em água, a fim de limitar a possibilidade de ingestão de agrotóxicos por meio da água de abastecimento público.



Tipo de trabalho: TRABALHO COMPLETO (MÍNIMO 08 PÁGINAS, MÁXIMO 15 PÁGINAS)

3.2 Capacidade de remoção

Nos casos em que houve redução da concentração na saída em relação à entrada, considerando que ND e <LQm são zeros de quantificação, a Clomazona apresentou 100 % de remoção, seguida da Atrazina (remoção média de 64,85 %), Ciproconazol (remoção média de 63,24 %), Penoxsulam (remoção média de 62,60 %) e da Azoxistrobina (remoção média de 54,7 %). Percebe-se assim, mesmo que alguns compostos sejam caracterizados como altamente solúveis em água, que o RLF-CAG pode ser considerado eficiente na redução da Clomazona, Atrazina, Ciproconazol, Penoxsulam e da Azoxistrobina, mesmo quando estes compostos apresentam-se em baixas concentrações ($\mu\text{g L}^{-1}$).

3.3 Influência da dessorção no uso de RLF-CAG quanto a potabilização da água de abastecimento

O composto Propanil foi o agrotóxico que apresentou a maior concentração ($2,756 \mu\text{g L}^{-1}$) na saída do RLF-CAG, no dia 14/05/2018. Esse resultado demonstra que o Propanil estava presente nos dias 12 e 13 de maio e havia sido adsorvido pelo RLF-CAG, contudo, sofreu dessorção. Outro valor alto, em relação aos demais, e com comportamento de arraste do RLF-CAG, foi o constatado na água tratada analisada no dia 06 de junho ($1,577 \mu\text{g L}^{-1}$), para o Penoxsulam, o qual foi detectado em todas as análises. Entretanto o RLF-CAG se mostrou eficiente na redução deste agrotóxico nas demais análises mensais.

Verificou-se ainda que a dessorção ocorreu também no Ponto A para a Azoxistrobina; no Ponto C para o Difenconazol e; no Ponto D para o Ciproconazol e para a Malationa (Tabela 1). Para a saída na retrolavagem, verificou-se que houve o transpasse apenas para o agrotóxico Malationa e para o Penoxsulam. Assim, os demais compostos ficaram adsorvidos no CAG, mostrando eficiência na retenção das demais substâncias quando realizada a limpeza do CAG.

No Ponto B, percebeu-se que ocorreu a dessorção dos compostos do CAG, em todos os casos onde foram detectados agrotóxicos na saída da adsorção (Atrazina, Azoxistrobina, Imazetapir, Malationa, Penoxsulam e Simazina), podendo estar relacionada a demais parâmetros de qualidade da água, como a quantidade de sólidos totais presentes na água bruta, fator que gera competição dos poros. Esta interferência foi observado no estudo realizado por Alves (2017), a qual identificou que para maior eficiência da adsorção para remoção de agrotóxicos, é necessário garantir que a presença de outros compostos seja em baixas concentrações, como matéria orgânica total, sólidos totais e os responsáveis pela cor e turbidez, pois eles podem apresentar maior afinidade com os poros do adsorvente e ser adsorvidos em detrimento dos agrotóxicos, sendo este fenômeno denominado adsorção competitiva.

Além da presença de outros compostos, possivelmente competindo com os sítios disponíveis dos poros do CAG, outro fator de grande influência é a solubilidade em água dos agrotóxicos, o que também explica a presença de agrotóxicos na água subterrânea. Compostos como a Atrazina,



Tipo de trabalho: TRABALHO COMPLETO (MÍNIMO 08 PÁGINAS, MÁXIMO 15 PÁGINAS)

Clomazona, Fipronil, Penoxsulam e o Propanil apresentam alta solubilidade em água, alta persistência na água e são considerados como potenciais contaminantes de águas subterrâneas (CABRERA; COSTA; PRIMEL, 2008; ZANELLA, 2010), outros como Azoxistrobina, Ciproconazol, Epoxiconazol e Piraclostrobina apresentam baixa solubilidade em água e, portanto, são mais fáceis de remover da água (SOARES; FARIA; ROSA, 2017).

4. Conclusões

Este estudo demonstra que existe contaminação das águas subterrâneas por agrotóxicos, contudo, a poluição destas águas se encontra dentro dos VMP pelas legislações vigentes para o local. Em relação ao RLF-CAG implementado, os resultados demonstram que, para determinados agrotóxicos, como para a Clomazona, tem-se capacidade de remoção até limites muito baixos, não quantificados.

Destaca-se que apesar dos resultados positivos deve-se considerar a dessorção e adsorção competitiva como fatores a serem monitorados continuamente para fins de otimização do RLF.

Por fim, o RLF-CAG é eficiente para a redução de agrotóxicos da água de abastecimento público, mesmo em baixas concentrações, proporcionando melhor qualidade da água e consequentemente de vida aos consumidores.

Palavras-chave: Potabilização da água; Tratamento avançado de água. Remoção de agrotóxicos.

Referências

ALVES, A. A. A. Emprego da tecnologia de adsorção em leito fixo de carvão ativado granular para a remoção de agrotóxicos carbamatos da água de abastecimento público. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental, Florianópolis, 2017.

ALVES, A. et al. Performance of the fixed-bed of granular activated carbon for the removal of pesticides from water supply. **Environmental Technology**, v. 26, p. 1-11, 2018.

American Society for Testing and Materials (ASTM). **Standard Practice for the Prediction of Contaminant Adsorption On GAC In Aqueous Systems Using Rapid Small-Scale Column Tests**. West Conshohocken (PA): ASTM; 2014. Standard N° D6586-03: 2014.

BARRIUSO, E. et al. Les pesticides et les polluants organiques des sols: transformations et



Tipo de trabalho: TRABALHO COMPLETO (MÍNIMO 08 PÁGINAS, MÁXIMO 15 PÁGINAS)

dissipation [Herbicides and soil organic pollutants: transformations and dissipation]. Études et Gestion des Sols, numéro special: Le sol, un patrimoine menace. Paris: 1996.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Ministério da Saúde (MS). Índice Monográfico. Consulta Pública nº 50, de 09 de junho de 2003. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2003.

BRASIL, Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Monitoramento de agrotóxicos em água para consumo humano, Brasil, 2014. Boletim epidemiológico, v. 47, n. 12, 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria de Consolidação Nº 05, de 28 de setembro de 2017. 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 2017.

CABRERA, L.; COSTA, F.P.; PRIMEL, E.G. Estimativa de risco de contaminação das águas por pesticidas na região sul do estado do RS. **Quim. Nova**, v. 31, n. 8, p 1982 - 1986, 2008.

CHANG, KEN-LIN; LIN, JUN-HONG, CHEN, SHUI-TEIN. Adsorption studies on the removal of pesticides (Carbofuran) using activated carbon from rice straw agricultural waste. **International Science Index, Agricultural and Biosystems Engineering**, v. 5, n. 1, 2011. Disponível em: . Acesso em: 12 abr. 2018.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A.D.B. **Métodos e técnicas de tratamento de água**. 2 ed. São Carlos: RiMa, vol. 1, 2005.

ECOMASTER, ENGENHARIA AMBIENTAL. **Plano municipal de saneamento básico de Campina das Missões - RS**. Campina das Missões, 2014.

FREIHARDT, M.J.; JEKEL, M.; RUHL, A.S. Comparing test methods for granular activated carbon for organic micropollutant elimination. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 5, p. 2542-2551, 2017.

GOOGLE EARTH PRO. Campina das Missões, Rio Grande do Sul, Brasil. Acesso em: junh 2018.

HELLER, L.; PÁDUA, V.L. **Abastecimento de águas para consumo humano**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2006. (BRASIL, 1998).



Tipo de trabalho: TRABALHO COMPLETO (MÍNIMO 08 PÁGINAS, MÁXIMO 15 PÁGINAS)

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo demográfico:** downloads. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: . Acesso em: 07 maio 2018a.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Brasil em Síntese: Brasil, Rio Grande do Sul, Campina das Missões, Panorama . Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: . Acesso em: 07 maio 2018b.

INMETRO. **Orientação sobre Validação de métodos analíticos.** Disponível em: . Acesso em: 28 set. **2015.** DOQ-CGCRE-008-Revisão 03-Fev. 2011

KARABELAS, A.; PLAKAS, K. Membrane Treatment of Potable Water for Pesticides Removal. In: Soloneski S, Larramendy ML (ed.). **Herbicides, Theory and Applications**, Croatia: Published by Intech; 2011.

NETO, M.L.F; SARCINELLI, P.N. Agrotóxicos em água para consumo humano: uma abordagem de avaliação de risco e contribuição ao processo de atualização da legislação brasileira. **Eng Sanit Ambient**, v. 14, n. 1, jan/mar 2009, p. 69 – 78.

NIXON, S.C. et al. Relatório de avaliação ambiental. **Recursos hídricos na Europa:** uma utilização sustentável? Situação, perspectivas e questões. Agência Europeia do Ambiente. Bélgica: Copenhaga, 2000.

OTTONELLI, J.; GRINGS, T. C. Produção de arroz nas microrregiões do Rio Grande do Sul: evolução, especialização e concentração. **Desenvolvimento Em Questão**, v. 15, n. 40, 2017.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria de Estado da Saúde do Rio Grande do Sul (SES). Portaria Nº 320, de 24 de abril de 2014. Estabelece parâmetros adicionais de agrotóxicos ao padrão de potabilidade para substâncias químicas, no controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano no RS. **Diário Oficial [do] Estado do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, 2014.

SOARES, D.F.; FARIA, A.M.; ROSA, A.H. Análise de risco de contaminação de águas subterrâneas por resíduos de agrotóxicos no município de Campo Novo do Parecis (MT), Brasil. **Eng. Sanit. Ambient**, v. 22, n. 2. 2017.

UNIÃO EUROPEIA. Directiva 98/83/CE do Conselho de 3 de Novembro de 1998 relativa à qualidade da água destinada ao consumo humano. Jornal Oficial das Comunidades Europeias, 1998. Disponível em:<



Tipo de trabalho: TRABALHO COMPLETO (MÍNIMO 08 PÁGINAS, MÁXIMO 15 PÁGINAS)

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:31998L0083&from=PT>. Acesso em 20 jun. 2018.

UNITED NATIONS. Report of the Special Rapporteur on the right to food. **General Assembly, Human Rights Council**, Thirty-fourth session, 2017. Disponível em: . Acesso em: 16 abr. 2018.

ZANELLA, R. Impactos de agroquímicos nos recursos hídricos e organismos não alvo e alternativas para mitigar seus efeitos e reduzir o consumo de água na lavoura de arroz irrigado. Sub-projeto I - Persistência de pesticidas usados na lavoura de arroz, nutrientes, metais pesados e seus efeitos sobre organismos não alvo. **Experimento 1 - Persistência dos pesticidas na água de irrigação da lavoura de arroz**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2010.