

Influência do Uso de Imidacloprido na Qualidade das Águas e Sedimentos da Micro-bacia do Rio do Carmo

Luiz Di Souza^{*a} e Alriberto Germano da Silva^b

^aUniversidade do Estado do Rio Grande do Norte-UERN, Campus central, Av. Antonio campos SN, Mossoró-RN, Brasil.

^bInstituto Federal do RN – Campus Pau dos Ferros-RN, Brasil.

Article history: Received: 14 September 2015; revised: 04 May 2016; accepted: 05 May 2016. Available online: 07 July 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.17807/orbital.v8i4.792>

Abstract: The evaluation parameters such as heavy metals and pesticides molecules in aquatic environments, facilitates the determination of the level of pollution by subsidizing their identification and origin. The melon (*Cucumis melo* L.) is one of the vegetable crops of greater economic importance in Brazil, especially in the Northeast, and the main factors contributing to its production, are associated with particular climatic conditions such as high temperatures, high luminosity and low soil moisture. The agricultural pole of the city of Mossoro is the largest melon producer in the region making it one of the largest consumers of imidacloprid (I) of the country due to its use in pest control whitefly. Thus, in order to maintain the quality standards of water resources and due to deficiency of information on the presence of pesticides in the aquatic environment of the area surveyed and on the environmental liabilities generated by activity of melon for the rivers of the region, this work determined the concentration of I in the Carmo River water and sediment. The results found in water and sediments are high and influenced by human activities, especially monoculture melon and may be causing serious environmental problems of the river fauna.

Keywords: imidacloprid; water quality; melon; water; anthropogenic activities

1. INTRODUÇÃO

As consequências das atividades sobre um território podem ser facilmente avaliadas através do diagnóstico da qualidade das águas superficiais. Assim sendo, a avaliação de parâmetros como carga de sedimentos e de organismos, metais pesados, fósforo, e moléculas de agrotóxicos em ambientes aquáticos, facilita a determinação do nível de poluição, subsidiando a sua identificação e origem [1]. Com base nessas informações, é bom termos em mente que o suprimento de água doce, de boa qualidade, é essencial para o desenvolvimento econômico, para a qualidade de vida das populações humanas e para a sustentabilidade dos ciclos dos nutrientes no planeta. [2]

Dentre os passivos ambientais introduzidos pelo homem, um que tem ganho destaque atualmente é o uso e descarte indiscriminado de agrotóxicos. Com relação ao consumo e importação de agrotóxicos, o Brasil ganha destaque no cenário mundial. Nos últimos três anos o Brasil tem ocupado

o primeiro lugar em consumo de agrotóxicos no mundo, seguido pelos EUA. Só na safra que vai do primeiro semestre de 2010 ao segundo semestre de 2012, o Brasil movimentou 936 mil toneladas de produtos, sendo 833 mil toneladas produzidas no país, e 246 mil toneladas importadas [3].

Entre os Ingredientes Ativos (IA) mais comercializados no país, temos o imidacloprido, sendo que, só no ano de 2010, as empresas declararam ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais (IBAMA) a comercialização de 1.934 toneladas de Imidacloprido. [4]

O IA imidacloprido (I), Figura 1, cujo nome químico, segundo a União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC), é 1-(6-cloro-3-piridilmetil)-N-nitroimidazolidina-2-ilideneamina é utilizado na composição de agrotóxicos utilizados nas agriculturas para o controle de insetos sugadores, como pulgões, cigarrinhas, tripés, mosca branca e besouros, bem como no controle de pragas domésticas, como pulgas e baratas. É um agrotóxico

*Corresponding author. E-mail: souzaluzdi@gmail.com

sistêmico utilizado, principalmente, no controle de pragas associadas às culturas de arroz, cereais, milho, beterraba, melão, algodão e outras.

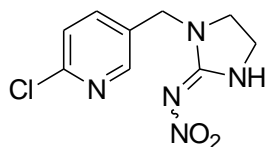


Figura 1. Fórmula estrutural do Imidacloprido.

Fonte: [5].

Pertencendo ao grupo químico dos neonicotinóides, ele funciona bloqueando seletivamente os nicotínicos do sistema nervoso de insetos, que são mais susceptíveis à sua ação que animais de sangue quente [5,6]. Sabe-se pouco sobre os problemas ambientais gerados pelo seu uso em ambientes aquáticos e terrestres. Ele é pouco volátil (possui baixa pressão de vapor); tem alta persistência no solo, tempo de meia vida variando de 80 dias a 2 anos, segundo a CCME [5], e de 191 dias para Milhane et al, [7] este tempo é influenciado pela matéria orgânica, temperatura e manejos do solo; tem baixa lixiviação no solo e elevado potencial de escoamento, atribuído a sua alta solubilidade em água.

Em ambientes aquáticos a persistência do imidacloprido é variável e influenciada pela luz, temperatura, pH, atividade microbiana, taxa de aplicação na lavoura e estado físico do produto formulado com este princípio ativo [5]. No meio aquático ele tem baixo potencial de bioacumulação nos organismos aquáticos (exceto os de pequeno porte); têm efeito deletério em peixes na fase juvenil, em organismos invertebrados, plantas e algas [5]. Já para os insetos polinizadores, seu efeito é conhecido e vem chamando a atenção dos órgãos de controle e fiscalização. [4,7,8,9]

Nos últimos anos a redução, desaparecimento e morte de espécies de abelhas na América do Norte, Reino Unido e na Grécia, levaram pesquisadores a investigar as causas desse fenômeno. Concluiu-se ao final dos estudos, que o imidacloprido era o principal responsável por esse problema. Segundo Whitehorn et al. [8] o imidacloprido desorienta os insetos ao ponto de ficarem incapazes de regressar à colmeia, reduzindo assim o seu tamanho e fazendo desaparecer as rainhas. Ainda, segundo estes autores, em um experimento conduzido em laboratório, onde colônias de abelhas tiveram contato com imidacloprido, houve uma taxa de crescimento, significativamente, reduzido e a colmeia sofreu uma redução de 85 % na produção de novas rainhas em comparação com as colônias de

controle. Granato et al. [7] também concluíram pela existência de uma relação entre o declínio populacional de colmeias com a presença de imidacloprido. Ao analisar abelhas na região do Peloponeso (Grécia), eles encontraram concentrações de imidacloprido, nas abelhas, na ordem de 14 ng/g à 39 ng.

Em face desse problema e informações, o IBAMA deu início ao processo de reavaliação de agrotóxicos associados a efeitos nocivos às abelhas, dentre eles o imidacloprido é o primeiro a ingressar neste processo, tendo em vista sua alta comercialização e uso no Brasil, especialmente na região deste trabalho. [4]

O melão (*Cucumis melo* L.) é uma das espécies olerícolas de maior expressão econômica no Brasil, em especial na região Nordeste. Os principais fatores que contribuem para esta produção significativa, com destaque para o Nordeste brasileiro, que coloca o Brasil como um dos maiores produtores mundiais, estão associados às condições climáticas, especialmente, temperaturas elevadas, alta luminosidade e baixa umidade do solo. [10,11]. O Rio Grande do Norte, em especial o polo agrícola da cidade de Mossoró, ganha destaque quando o assunto é esta monocultura, uma vez, que o mesmo é o maior produtor de melão da região. Por outro lado, esta região tornou-se, também, uma das maiores consumidoras do imidacloprido (I) do país, devido ao seu uso no controle fitossanitário da mosca branca. Não existem registros oficiais do consumo de imidacloprido em Mossoró e região, mas conforme levantamento junto aos estabelecimentos que vendem agrotóxicos em Mossoró, sabe-se que a procura e o consumo por esse agrotóxico é alto, sendo (segundo os comerciantes) um dos mais vendidos na cidade.

Tendo em vista a importância da manutenção dos padrões de qualidade dos recursos hídricos e de sua importância para a vida no planeta, bem como a deficiência de informações sobre a presença de agrotóxicos no meio aquático e por fim, pelos poucos trabalhos realizados sobre os passivos ambientais gerados pela atividade meloeira para os rios da região de Mossoró, este trabalho determinou a concentração do IA imidocloroprido nas águas e sedimentos da bacia hidrográfica do Rio do Carmo (BHRC).

2. MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo.

Localizada na região oeste do estado do Rio Grande do Norte, a Bacia Hidrográfica do Rio do Carmo (BHRC), é o principal afluente da bacia hidrográfica do Rio Apodi/Mossoró. Como nas demais bacias e micro-bacias que fazem parte da rede hidrológica do estado, a BHRC tem passado e vem passando por problemas vinculados à poluição de suas águas, desmatamento da mata ciliar e assoreamento do rio [12, 13]

A origem destes problemas está ligada às fontes pontuais e difusas de poluição como cidades (Upanema) e comunidades (Suçuarana, Sítio Carmo, Melancias e Poço Verde), agricultura de subsistência e intensiva (fruticultura irrigada, com destaque para a cultura do melão), exploração de petróleo, aquicultura (piscicultura e carcinicultura) e atividade salineira em sua região estuarina [12,14]. Outro problema que, provavelmente, a BHRC está enfrentando e que vem passando despercebido pela população e pelos órgãos de controle e fiscalização ambiental, são os passivos ambientais advindos da agricultura, em especial a fruticultura irrigada do melão que é desenvolvida com as águas do Rio do Carmo.

Coleta e pontos de coleta

Foram realizadas quatro coletas em quatro pontos ao longo do Rio do Carmo (Tabela 1). As coletas foram realizadas em novembro de 2011, janeiro, maio e julho de 2012. Os pontos foram estrategicamente escolhidos para se obter informações sobre as influências da cidade de Upanema e de uma fazenda de melão nos resultados. Eles foram demarcados ao longo do curso Rio do Carmo utilizando um aparelho de GPS, com as coordenadas geográficas sendo adquiridas em UTM.

Análise do imidacloprido (I) na água.

Determinou-se o imidacloprido utilizando a metodologia validada por Castro [4], via comparação com resultados determinados com a técnica cromatográfica padrão. Para tal, utilizou-se a espectroscopia de absorção molecular como método de quantificação do imidacloprido em amostras aquosas.

Tabela 1. Coordenadas geográficas dos pontos de coleta e suas funções no estudo.

PONTO	COORDENADAS (UTM)		FUNÇÃO
	LESTE	NORTE	
Montante Barragem (MB)	693.554	9.770.174	Padrão de comparação para as modificações detectadas na qualidade da água a jusante.
Jusante de Upanema (JU)	689.301	9.387.253	Avaliar o efeito da cidade de Upanema nos resultados por comparação com os resultados do ponto padrão (MB).
Na área da fazenda (AF)	687.827	9.407.006	Avaliar a influência da fazenda por comparação dos resultados dos pontos padrão (MB), anterior (JU), neste ponto (AF) e no próximo ponto (JF).
Jusante fazenda (JF)	691.499	9.419.539	Verificar a influência da fazenda de melão.

Nas análises utilizou-se o espectrofotômetro UV-visível Cary 60 da Agilent, previamente calibrado em 275 nm, com reagente padrão de imidacloprido da marca Chem Service. O padrão foi usado como recebido, tendo 99,5% de pureza conforme certificado de segurança recebido e espectro padrão de cromatografia anexado ao produto. Na construção da curva padrão preparou-se uma solução estoque de 200 ppm, utilizando água deionizada com pH corrigido para 7,0, para evitar problemas de degradação do I, já que, segundo a CCME [5] ele é estável em soluções aquosas na faixa de pH 5,0 à 7,0. Partindo-se da solução estoque, prepararam-se padrões com concentrações 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18 e 20 ppm, sendo a água deionizada usada como concentração

zero. Antes de proceder com a curva de calibração, registrou-se um espectro da solução padrão de I de 20 ppm de concentração (vide Figura 2), juntamente com o espectro da água destilada usada como branco no preparo das soluções.

Este espectro é igual ao encontrado na literatura, sendo que observando o mesmo, podem-se ver os três picos de absorção bem definidos [4, 15]. No entanto, selecionou-se, o pico que absorve em 275 para fazer as análises. Isso por que o pico a 192 nm se encontra próximo ao limite inferior do aparelho, que é de 190 nm de comprimento de onda e por isso, segundo a literatura, é mais suscetível de ter sua absorbância contaminada pela absorção de outros

compostos orgânicos e o pico a 212 nm tem menor absorvância que o pico em 275 nm e coeficiente de correlação menor. Os espectros das soluções padrões

e a curva de calibração feita com eles, cujos coeficiente de correlação linear (r) foi de 0,99885 são mostrados nas figuras 3 e 4.

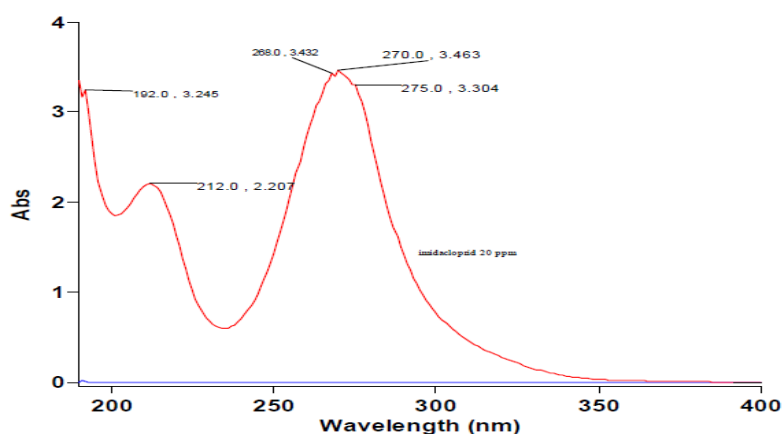


Figura 2. Espectros de solução padrão de I 20 ppm (curva em vermelho) e da água destilada usada no preparo das soluções (curva em azul) e como branco nas análises.

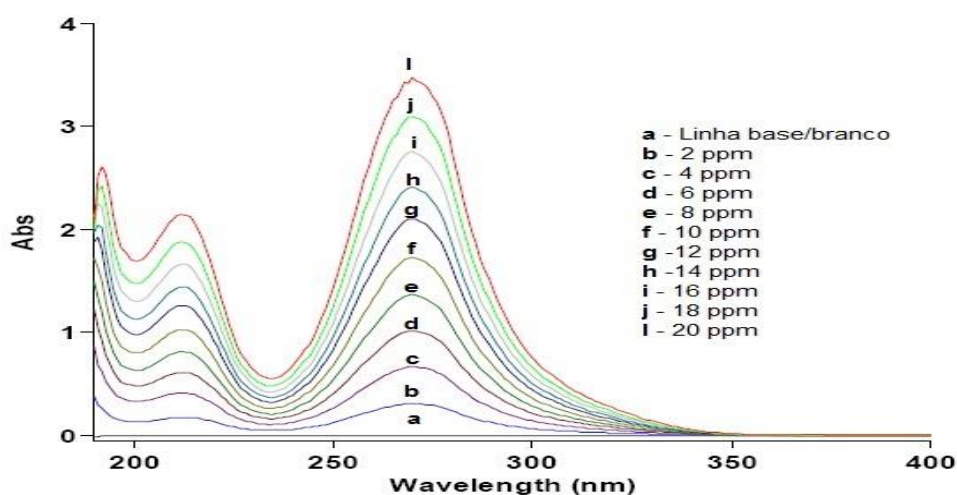


Figura 3. Variação da absorvância em função da concentração de I nas soluções padrões na faixa de 0 a 20 mg/L (ppm).

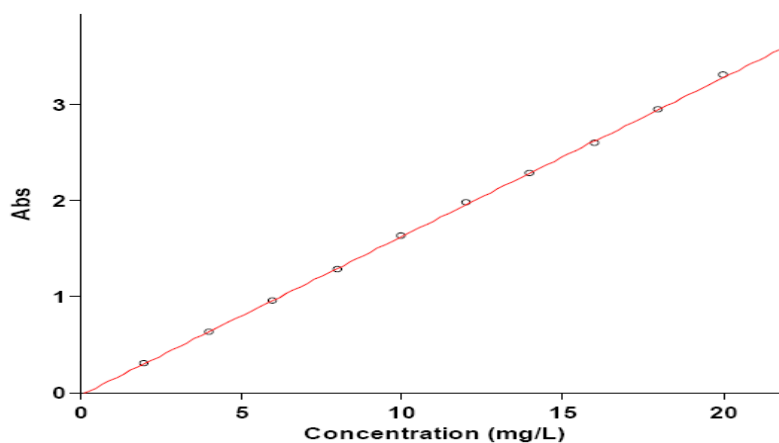


Figura 4. Curva de calibração do I no comprimento de onda de 275 nm.

Para a realização das leituras das concentrações de resíduos na amostra, filtrou-se previamente a mesma e em seguida realizou-se a leitura [15].

Com o intuito de observar se a absorbância em 275 nm correspondia realmente ao I, usou-se o método do princípio da adição [16]. Para isso, efetuou-se, conforme Tabela 2 e Figura 5, uma adição de 5 mL de solução padrão de 4,9 mg/L de I a uma amostra (5 mL) do ponto JU, segunda coleta, que

apresentou inicialmente a leitura de 0,9 mg/L de I.

Conforme esperado, tanto a concentração final, quanto o espectro obtido correspondem a adição do padrão feita, uma vez que o valor teórico com base na equação química de mistura ($C_1 \times V_1 + C_2 \times V_2 = C_t \times V_t$) seria de 2,90 e a concentração encontrada após a adição foi de 3,00 mg/L, resultados que confirmam, como demonstrado anteriormente [5], a validade e a eficiência do método.

Tabela 2. Dados utilizados na confirmação da absorbância do imidacloprido em 275 nm.

AMOSTRA	C _i / mg/L	V _i /ml	V _t /ml	C _t /mg/L teórico	Resultado obtido
Ponto JU	0,9	5			
Padrão	4,9	5			
4,9 ppm + ponto JU		10		2,90	3,00

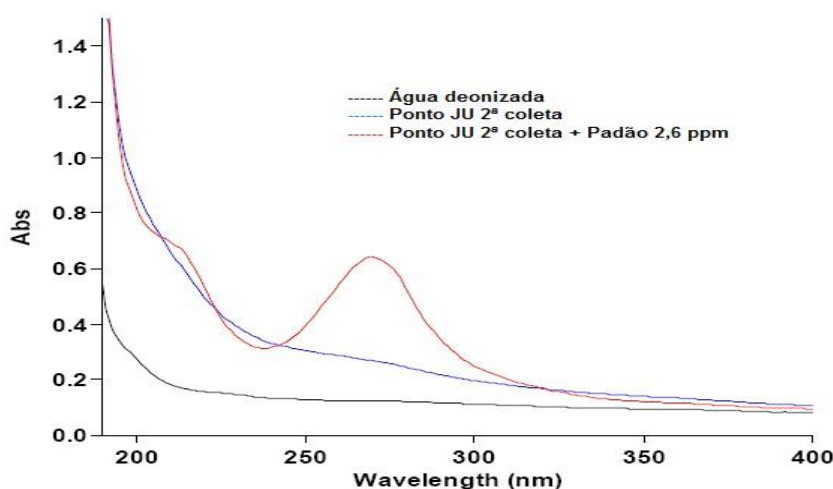


Figura 5. Espectros usados na comprovação do método usado via princípio da adição de padrão conhecido.

Para quantificação do I no sedimento, o mesmo foi extraído desta matriz, adicionando a esta 50 ml de água deionizada em 25 g de sedimento, previamente seco a temperatura ambiente, e levando-se esta mistura a banho ultrassônico por 15 minutos. Para extrair o máximo possível, este procedimento foi repetido duas vezes. Em seguida, a mistura foi filtrada, e os filtrados foram transferidos para um balão volumétrico de 250 ml e avolumados com água deionizada. Terminada as etapas de extração, filtração e avolumação, aplicou-se o mesmo procedimento usado nas leituras das amostras de água. [14, 15].

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os impactos causados pelos agrotóxicos são amplos, atingindo vastos territórios e envolvendo diferentes grupos populacionais como trabalhadores em diversos ramos de atividades, moradores do entorno de fábricas e fazendas, além de todos nós que consumimos água e alimentos contaminados. Um ponto interessante nesta discussão diz respeito a contaminação dos mananciais de água superficial, sub-superficial e subterrâneos. Cerca de 20 % das quantidades dos agrotóxicos usados como tratamento profilático de plantas, podem alcançar as águas superficiais, sendo que este percentual não é ainda mais elevado, em virtude de existência de mecanismos (adsorção) que dificultam a mobilidade das moléculas de agrotóxicos. Entretanto este

mecanismo é afetado quando os solos, desprotegidos de vegetação, são erodidos pelo deflúvio superficial, sendo o sedimento contendo o agrotóxico levado até o recurso hídrico [17, 18].

Deve-se também considerar a forma com que os agrotóxicos são levados para estes mananciais, assim antes de apresentarmos os resultados, devemos levar em consideração o efeito sazonal, em especial a pluviometria, nos resultados. A região em estudo é caracterizada pela deficiência hídrica nos meses de julho a dezembro (período seco) e de maior incidência pluviométrica nos meses de janeiro a maio (período

chuvoso) [19, 20].

Outro ponto que se deve levar em conta é a avaliação do potencial de contaminação das águas superficiais. Para isso, utiliza-se o método de GOSS e de acordo com este método (Tabela 3), os pesticidas são classificados como de alto e de baixo potencial de contaminação em função do transporte associado aos sedimentos ou dissolvidos em água, sendo que as substâncias que não se enquadram em nenhum dos critérios citados são consideradas como de potencial intermediário de contaminação para águas superficiais [21].

Tabela 3 - Método de GOSS para avaliação do potencial de contaminação de águas superficiais pelo sedimento.

Classificação	Potencial de transporte associado ao sedimento			Potencial de transporte dissolvido em água		
	DT50 _{solo} (d)	K _{oc} (mL/g)	S (mg/L)	DT50 _{solo} (d)	K _{oc} (mL/g)	S (mg/L)
Alto potencial	≥ 40	≥ 1000	-	> 35	< 100000	≥ 1
	≥ 40	≥ 500	≤ 0,5	< 35	≤ 700	≥ 10 e ≤ 100
	< 1	-	-	-	-	-
Baixo potencial	≤ 2	≤ 500	-	-	-	-
	≤ 4	≤ 900	≥ 0,5	-	≥ 100000	-
	≤ 40	≤ 500	≥ 0,5	≤ 1	≥ 1000	-
	≤ 40	≤ 900	≥ 2	≤ 35	-	< 0,5

DT50: meia-vida; K_{oc}: coeficiente de adsorção à matéria orgânica; S: solubilidade em água. **Fonte:** [14, 21]

Assim, de acordo com o método de GOSS [21], o I tem médio potencial de transporte associado ao sedimento e alto poder de transporte dissolvido em água e foi determinado como um provável contaminante da água na região [6].

Os resultados mostraram que as concentrações do I foram, significativamente, maiores nos sedimentos que na água. Apesar de seu médio potencial de transporte associado ao sedimento, as chuvas anteriores as coletas foram suficientes para lixiviar este I dissolvido na água, bem como adsorvido aos coloides do solo [22]. Além disso, este resultado está associado ao tempo de meia vida no solo, que segundo a CCME, varia de 80 dias a dois anos aproximadamente, enquanto na água, dependendo da intensidade da variação da luz, seu tempo de persistência é de mais ou menos 4 dias [5].

Estudos recentes mostram impactos do I em mananciais de água superficiais, subterrâneas e em sedimentos. Bortoluzzi *et al.*, [1] em estudos sobre a contaminação de águas superficiais por agrotóxicos em função do uso do solo numa microbacia hidrográfica de Agudo-RS, registrou as concentrações de I variando de 0,38 à 1,09 $\mu\text{g/L}$. Rigotto *et al.*, [23],

no estudo agrotóxicos, trabalho e saúde: vulnerabilidade e resistência no contexto da modernização agrícola no Baixo Jaguaribe/CE (região muito próxima a estudada neste trabalho e que também tem forte agricultura intensiva) encontrou resíduos de imidacloprido e outros pesticidas em águas destinadas ao consumo humano e Millhome *et al.*, [6] mostraram que esse inseticida é um provável contaminante das águas na região estudada. A forma de manuseio, os cuidados e a concentração desse resíduo determinado em outros trabalhos [1, 24-26], bem como os limites máximos permitidos em legislações internacionais são da ordem de 0,1 $\mu\text{g/L}$ em todas as legislações e da mesma ordem que os pesticidas regulamentados na resolução 357 do CONAMA, que também estabelece limites desta ordem. [27-28]. Neste trabalho, foram encontrados resultados muito maiores, sendo que a concentração encontrada na água se situa numa faixa estreita (entre 0,6 e 0,9 mg/L) e se nota uma diferença, significativa, apenas no ponto JU indicando o efeito do descarte deste resíduo na cidade de Upanema. Neste sentido, é importante lembrar que apesar de ser empregado mais fortemente em culturas de melão e melancia para o combate de insetos sugadores, este princípio ativo

também entra na composição de outros produtos destinados a pragas como cupins, baratas e pulgas [14]. Após este ponto os resíduos tendem a diminuir (Figura 6 coleta de Nov/2011) ou permanecer

constante na água (todas as outras coletas), indicando a sua passagem da água para os sedimentos ou a sua degradação.

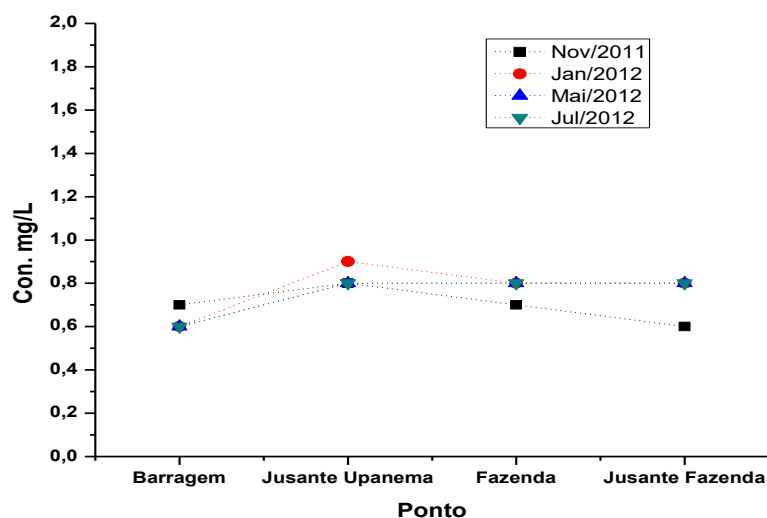


Figura 6. Concentração de I na água nos locais analisados em todas as coletas.

Com respeito a sazonalidade percebe-se que em geral a chegada das chuvas (Figura 7) resulta numa diluição e diminuição da concentração do resíduo no ponto MB usado como padrão, seguida de uma constância (coletas de maio e julho de 2012 no

ponto JU) e aumento de concentração em todos os outros pontos analisados em comparação com a coleta de novembro de 2011, como mostrado na Figura 6.

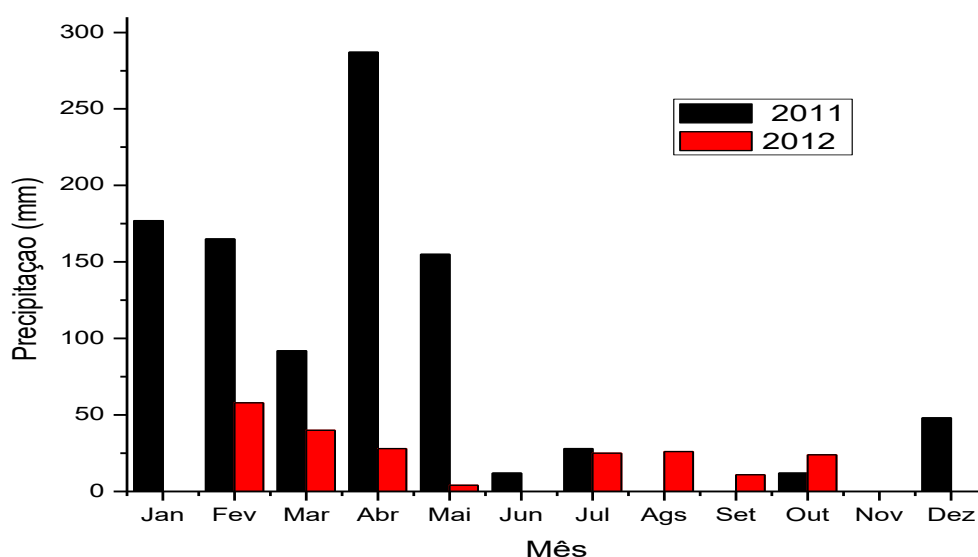


Figura 7. Acumulado das precipitações pluviométricas dos anos 2011 e 2012 registrado na estação meteorológica de Mossoró. Fonte: [14]

Estes resultados indicam que os resíduos de I são carregados para a barragem e para o rio, sendo que, os mesmos se encontram em maior quantidade na região situada a jusante da barragem, o que causa o seu aumento detectado na água. Os resultados indicam, também a influência da espacialidade e das atividades desenvolvidas no local, já que a cidade de Upanema (maior aglomerado humano da área) e a fazenda de melão (maior atividade agrícola que usa I) têm forte influência nas concentrações obtidas. Assim, a concentração aumenta bastante do ponto MB para o Ponto JU mostrando o forte efeito antrópico da cidade, mas também aumenta do Ponto JU para o ponto AF, permanecendo constante no ponto JF e indicando a contribuição da atividade desenvolvida no

local, ou seja, a fruticultura intensiva de melão.

Analisando comparativamente a coleta do período seco (Nov 2011) com as outras coletas (período chuvoso) percebe-se que na ausência de chuvas a concentração de I sofre um aumento do ponto MB para o ponto JU causado pelo I vindo dos esgotos desta cidade e depois tende a diminuir pelo processo de deposição que leva o mesmo a se acumular nos sedimentos ou devido a sua degradação natural no ambiente.

A Figura 8 mostra os resultados de I detectados nos sedimentos dos mesmos locais onde foram coletadas água para análise.

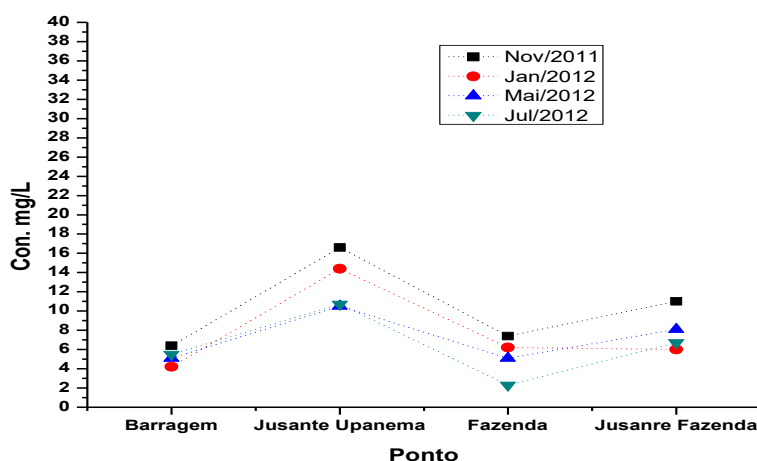


Figura 8. Concentração de imidacloprido nos sedimentos nas quatro coletas.

Os resultados mostram que as concentrações do I foram significativamente maiores (aproximadamente 800 vezes maior) nos sedimentos que na água. Este resultado é totalmente coerente com a teoria e está associado ao tempo de meia vida no solo, que segundo a CCME [5], varia de 80 dias a dois anos aproximadamente, enquanto na água, levando em consideração a intensidade da variação da luz, seu tempo de persistência é de mais ou menos 4 dias [5]

Comparando o período seco (Nov/2011) com o chuvoso (outras coletas) percebe-se que as chuvas causam uma diminuição da concentração de I nos sedimentos de todos os pontos analisados, provavelmente, devido a diluição que as chuvas proporcionam e também, a devido desorção causada pela movimentação dos sedimentos causadas pelas enxurradas provocadas pelas chuvas com seu consequente carregamento para fora dos locais examinados.

A análise granulométrica dos sedimentos mostrou que a % de areia fina diminui com a chegada das chuvas nos pontos MB e JU, permanece constante no ponto JF e diminui gradativamente na área da fazenda como mostra a figura 9. Isso altera o perfil de adsorção do I nos sedimentos que, ao que parece, se adsorve melhor em perfis granulométricos ricos em areia fina, as quais acontecem próximas a regiões de intensa movimentação de terra como é o caso das áreas próximas a fruticultura irrigada de melão, em especial, na época de sua coleta que ocorre entre dezembro e março e próximo a cidade de Upanema, provavelmente em função do aumento de resíduos sólidos presentes nos esgotos.

Com relação a presença de I na água a Agência Nacional de Vigilância Sanitário- ANVISA [30], estabelece o máximo de Imidacloprido de acordo com a cultura em que é empregado e que tem como classificação toxicológica III, ou seja, ele possui Dose

Letal 50 (DL₅₀) de 500 mg a 5000 mg por quilograma de peso vivo e índice de ingestão diária aceitável (IDA) de 0,05 mg/Kg por peso corporal; a legislação japonesa [27] estabelece o limite de 200 µg/l para imidacloprido e o National Institute for Public Health and the Environment - RIVM [31], estabelece que a concentração do imidacloprido não pode

exceder 0,1 µg/L para águas destinadas ao consumo humano. Cabe destacar que os valores encontrados estão acima do recomendado pelo IDA, considerando uma pessoa com peso médio de 70 Kg que tome 1 L de água diariamente e são maiores que todos os valores recomendados pelas normas internacionais.

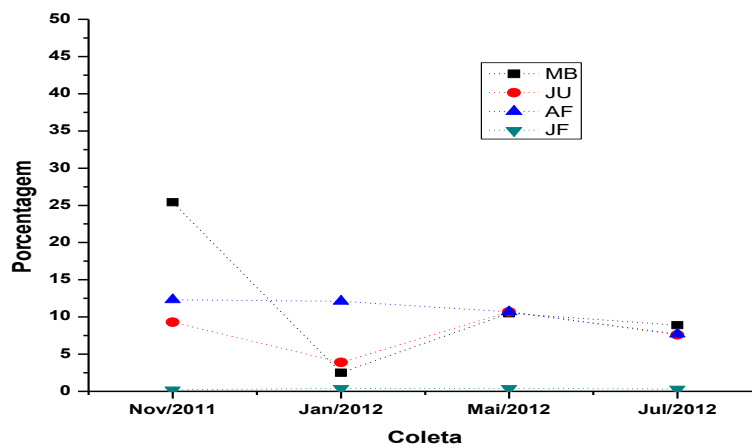


Figura 9. Variação da porcentagem de areia fina nos sedimentos dos diversos pontos coleta.

De forma geral, os resultados indicam que as concentrações encontradas são altas e podem estar causando graves problemas de saúde a população e ambientais a fauna do rio. De acordo com Gonçalves *et al.*[22], quando os valores do coeficiente de partição octanol/água (K_{ow}) são menores que 1,0 os pesticidas têm fatores de bioacumulação para a vida aquática pequena, sendo que para o imidacloprido este valor é de 0,57. Neste sentido vários trabalhos mostram que estes compostos são tóxico e matam artrópodes e microcrustáceos como a artemia [32,33], sendo que esta faz parte da cadeia alimentar da carcinicultura, importante atividade econômica desenvolvida no curso inferior do rio e no seu estuário, bem como, que foram encontrados grandes quantidades de caramujos mortos a margem do ponto MB.

4. CONCLUSÕES

Os resultados mostraram que:

1-As concentrações de imidocloroprido estão muito acima das aceitas nas legislações nacionais e internacionais, tanto na água, como nos sedimentos dos 4 pontos examinados.

2- As concentrações são influenciadas pela

sazonalidade e pela espacialidade, estando fortemente correlacionadas com as atividades realizadas nos locais e com a pluviosidade, indicando que o I é carregado para o rio pelas enxurradas das chuvas e pelos esgotos domésticos.

3- A poluição causada pelo agrotóxico pode estar prejudicando a fauna do ambiente aquático da região.

5. AGRADECIMENTOS

Ao PPGCN da UERN e ao laboratório de catalise ambiente e materiais pela oportunidade da realização do mestrado, do qual este artigo é uma parte.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Bortoluzzi, E. C.; et al. *Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient.* **2006**, *10*, 881. [CrossRef]
- [2] Tundisi, J. G. *Estudos Avançados* **2008**, *22*, 63. [CrossRef]
- [3] Carneiro, F. F.; et al. *Dossiê ABRASCO*, **2012**, *1ª Parte*, 98p.
- [4] Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. *Ações no Monitoramento da Qualidade da Água no País*. Brasília, 2001. DF. Disponível em: http://www.ibama.gov.br/recursos_hidricos/home.htm

- [5] CCME. Canadian Council of Ministers of the Environment. Canadian Water Quality Guidelines: Imidacloprido. Scientific Supporting Document. Winnipeg, 2007.
- [6] Castro, K. N. C. Métodos de quantificação de imidacloprido em soluções aquosas: validação metrológica e comparação entre absorciometria molecular e cromatografia líquida de alta eficiência. 2007. 166 f. Dissertação (Mestrado em Metrologia, Qualidade e Inovação) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007. [\[Link\]](#)
- [7] Milhome, et al. *Eng. Sanit. Ambient.* **2009**, *14*, 10. [\[CrossRef\]](#)
- [8] Granato, A. et al. *J. Invertebr. Pathol.* **2010**, *105*, 335. [\[CrossRef\]](#)
- [9] Whitehorn, P. R.; Goulson, D.; Wackers F. L. *Science Magazine* **2012**, *336*, 351.
- [10] Oliveira, A. M. Aspectos técnicos e ambientais da produção de melão na Zona Homegênia Mossoroense, com ênfase ao controle da mosca-branca e da mosca-minadora. 2008. 177 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia). Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2001. [\[Link\]](#)
- [11] Sidra. Sistema IBGE de Recuperação Automática. Banco de dados agregados. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda>
- [12] Secretaria de Estado dos Recursos Hídricos. Projeto PROÁGUA/SEMI-ÁRIDO -SERHID. Plano de recuperação ambiental do trecho inferior do Rio do Carmo. 2005, Relatório Final: tomo I, II e III. Natal: SERHID,
- [13] Almeida, C. A. S. Uso de agrotóxicos na cultura do melão (*Curcuma melo L.*) no município de baraúnas/RN: um estudo de caso. 2001. 130 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Mossoró, 2001.
- [14] Silva, A. G. Estudo da influência antrópica na qualidade da água do rio do carmo, 2013, Dissertação (Mestrado em Ciências naturais) PPGCN-UERN, Mossoró.
- [15] Fernandez-alba, et.al. *J. Chromatogr. A* **1996**, *721*, 97. [\[CrossRef\]](#)
- [16] Skoog, D. A.; D. A.; Holler, F. L.; F. L.; Nieman, T. A.; T. A. Principles Principles of Instrumental Instrumental Analysis Analysis. 1998, 5th ed., Saunders Saunders College College Publishing Publishing: Philadelphia Philadelphia,
- [17] Vilchez, J. L.; et.al. *J. Chromatogr. A* **1996**, *746*, 289. [\[CrossRef\]](#)
- [18] Carneiro, et.al, Dossiê ABRASCO: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde. ABRASCO, Rio de Janeiro, Janeiro, 2012. Parte 2: Agrotóxicos, Saúde, Ambiente e Sustentabilidade. 138 p.
- [19] Barriuso, E.; Calvet, R.; Schiavon, M.; Soulas, G. *Ardon* **1996**, *3*, 279.
- [20] Rio Grande do Norte. Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMARH). 2012, Ficha técnica do reservatório Umarf. Natal.
- [21] Soares, A. F. S. et al. *Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient.* **2012**, *16*. [\[CrossRef\]](#)
- [22] Gonçalves, C. S. Caracterização de sedimentos e de contaminantes numa microbacia hidrográfica antropizada. 2007. 94 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Pós-graduação em Ciência do solo, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.
- [23] Rigotto, R. M.; et al. *Cad. Saude Publica*, **2014**, *30*, 1. [\[CrossRef\]](#)
- [24] Abreu, P. H. B.; Alonzo, H. G. A. *Ciênc. Saúde Colet.* **2014**, *19*, 4197. [\[CrossRef\]](#)
- [25] Silva, D. R. O.; et.al. *Ciência Rural* **2009**, *39*, 2383. [\[CrossRef\]](#)
- [26] Felsot, A. S.; Racke, K. D.; Hamilton D. J. *Rev. Environ. Contam. Toxicol.* **2003**, *177*, 123. [\[CrossRef\]](#)
- [27] Hamilton, D. J.; et al. *Pure Appl. Chem.* **2003**, *75*, 1123. [\[CrossRef\]](#)
- [28] Brasil, Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº. 357, de 2005. CONAMA: resoluções e outros atos. Brasília, DF, 17 mar. 2005. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>
- [29] INMET - Instituto Nacional de Meteorologia, www.inmet.gov.br/
- [30] Agência Nacional de Vigilância Sanitária-ANVISA. Monografias de agrotóxicos autorizadas: imidacloprido. Brasília, 2013. DF. <http://portal.anvisa.gov.br/wps/content/Anvisa+Portal/Anvisa/Inicio/Agrotoxicos+e+Toxicologia/Assuntos+de+Interesse/Monografias+de+Agrotoxicos/Monografias>
- [31] National Institute for Public Health and the Environment – RIVM, 2008. <https://br.linkedin.com/company/rivm>
- [32] Song M.Y, Brown J. J. *Ecotoxicol Environ Saf.* **1998**, *41*, 195. [\[CrossRef\]](#)
- [33] Teixeira, J. P. Avaliação dos efeitos tóxicos e genotóxicos do inseticida imidacloprido em artemia salina e allium cepa l. Monografia apresentada à Diretoria de Pós-graduação da Universidade do Extremo Sul Catarinense-UNESC 2008.