

ÁREAS POTENCIALMENTE PROPÍCIAS À ACUMULAÇÃO DE AGROQUÍMICOS, NA BACIA DO RIACHO CORRENTE-PI

JAILSON SILVA MACHADO¹, GABRIELA MATEUS DE FONTES SILVA^{2*}, JOÃO BATISTA LOPES DA SILVA³

1 Universidade Federal do Piauí (UFPI).

2 Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologias Ambientais na Universidade Federal do Sul da Bahia, Campus Sosígenes Costa. Centro de Formação em Ciências Ambientais da UFSB, Rodovia BR-367 Km 10, Zona Rural, Porto Seguro - BA, CEP: 45810-000.

3 Docente na Universidade Federal do Sul da Bahia, Instituto de Humanidades, Artes e Ciências, Campus Paulo Freire, Teixeira de Freitas, BA.

** Autor para correspondência: gabrielamfontes@yahoo.com.br.*

Recebido em 17 de agosto de 2018. Aceito em 21 de julho de 2019. Publicado em 31 de julho de 2019.

RESUMO - O aumento da área produtiva no Cerrado ocasiona rápida modificação da paisagem tornando difícil o monitoramento do uso e ocupação do solo. Neste sentido, neste trabalho objetivou-se utilizar os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) para determinar as áreas potencialmente mais propícias à acumulação de agroquímicos na bacia do riacho Corrente-PI. Para isto foram utilizados planos de informações ambientais para determinar a tendência do comportamento da água, sendo eles: altimetria, uso e ocupação do solo, classes de solo, agroquímicos mais utilizados e pluviometria. Os resultados expressam que 819,72 km² (43%) da área da bacia encontra-se com baixa concentração e dispersão de agroquímicos, enquanto 679,86 km² (36%) encontra-se com média concentração e dispersão, já para os valores de alta concentração e dispersão, ou seja, alto risco de contaminação, os valores tratam de 387,66 km² (21%) da área total.

PALAVRAS-CHAVE: degradação do solo, cerrado, monocultura.

POTENTIALLY FAVORABLE AREAS TO THE ACCUMULATION OF CHEMICALS IN THE STREAM BASIN CORRENTE-PI

ABSTRACT - The increase in production area in the Brazilian Cerrado rapidly changes the landscape making it difficult to monitor the use and occupation of land. In this sense, this work aims to use the technique of Geographic Information Systems (GIS) to determine areas potentially more conducive to the accumulation of chemicals in the stream basin Corrente - Piauí - Brazil. For that we used environmental data plans to determine tendencies of the behavior of water: altimetry, use and land cover, soil type, more used agrochemicals and rainfall. The results show that 819.72 square kilometers (43%) of the basin are low concentration and agrochemical dispersion as 679.86 square kilometers (36%) meets average concentration and dispersion, while for values of high concentration and dispersion, or high risk of contamination, in values of 387.66 square kilometers (21%) of the total area.

KEYWORDS: soil degradation, Brazilian Cerrado, monoculture.

ÁREAS POTENCIALMENTE PROPIAS PARA LA ACUMULACIÓN DE AGROQUÍMICOS, EN LA BACIA DEL RIACHO CORRENTE-PI

RESUMEN - El aumento del área productiva en el Cerrado ocasiona rápida modificación del paisaje haciendo difícil el monitoreo del uso y ocupación del suelo. En este sentido, en este trabajo se objetivó utilizar los Sistemas de Informaciones Geográficas (SIG) para determinar las áreas potencialmente más propicias a la acumulación de agroquímicos en la cuenca del riacho Corriente-PI. Para ello se utilizaron planes de información ambiental para determinar la tendencia del comportamiento del agua, siendo ellos: altimetría, uso y ocupación del suelo, clases de suelo, agroquímicos más utilizados y pluviometría. Los resultados expresan que 819,72 km² (43%) del área de la cuenca se encuentra con baja concentración y dispersión de

agroquímicos, mientras que 679,86 km² (36%) se encuentra con media concentración y dispersión, ya para los valores de alta concentración y dispersión, es decir, alto riesgo de contaminación, los valores tratan de 387,66 km² (21%) del área total.

PALABRAS CLAVE: degradación del suelo, cerrado, monocultivo.

INTRODUÇÃO

No Brasil, o bioma Cerrado é o mais ameaçado pelas extensas áreas de monoculturas de alto consumo de agrotóxicos, tendo áreas direcionadas para a expansão da fronteira agrícola pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) e pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) em um projeto para estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia denominado MATOPIBA, apresentando riscos à saúde da população exposta a estes insumos e à contaminação das bacias hidrográficas e aquíferos (Pignati et al. 2017).

O avanço da agricultura tem causado uma série de transformações no Cerrado e grandes danos ambientais como: fragmentação de habitats, extinção da biodiversidade, introdução de espécies exóticas, erosão dos solos, poluição de aquíferos, degradação de ecossistemas, aumento na ocorrência de queimadas, desequilíbrios no ciclo do carbono e modificações climáticas regionais, especialmente nas últimas três décadas (Klink e Machado 2005). Segundo Araújo (2006), no período compreendido entre os anos de 1997 e 2000, houve um aumento na incorporação de áreas agrícolas, principalmente, da monocultura da soja. No Piauí o crescimento das áreas cultivadas, tendo como objetivo o incremento na produtividade agrícola acarretou o aumento do uso de agroquímicos e conseqüentemente alguns problemas ambientais associados. De acordo com levantamentos realizados as unidades da federação, em junho de 2019 o estado possuía uma área cultivada de 1.593.013 hectares, dos quais 48% eram soja (IBGE-SIDRA).

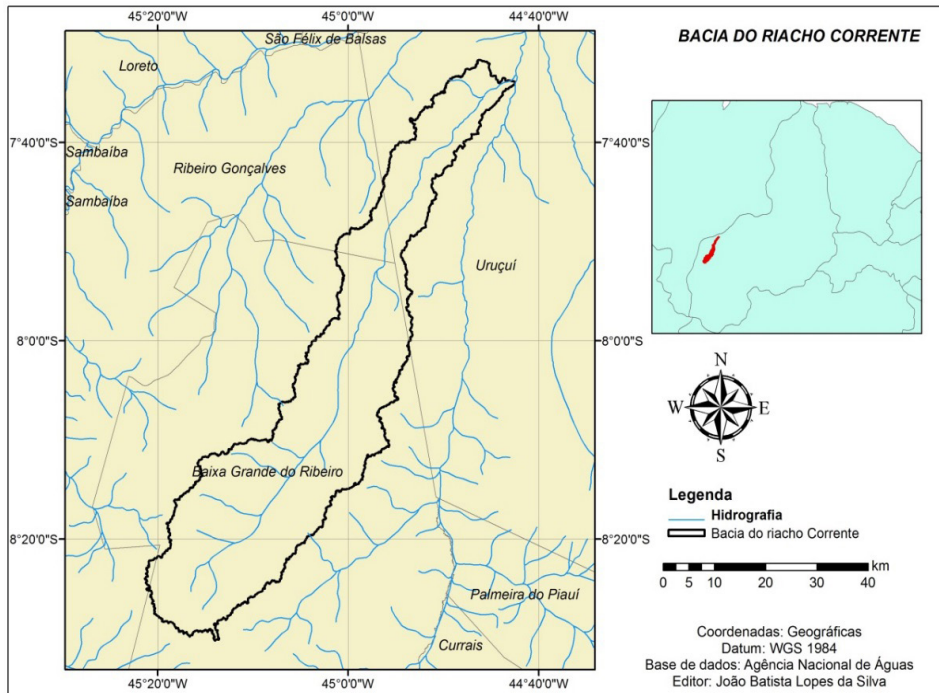
O uso intensivo do solo e o uso crescente de agrotóxicos para controle de pragas e doenças, prática comum na agricultura convencional, pode causar problemas ambientais graves esses produtos devido a percolação e serem lixiviação destes produtos no perfil do solo (França et al, 2015). Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG), possibilitam o tratamento eficaz e rápido dos dados ambientais, pois possuem ferramentas que permitem analisar, sobrepor e manipular um grande volume de dados espaciais. Usando informações ambientais tais como tipo de solo, condutividade hidráulica e declividade do terreno, Neves *et al.* (1998) desenvolveram um método utilizando SIG que auxilia na avaliação dos impactos causados por agroquímicos, baseado num modelo empírico que utiliza uma série de dados espaciais relevantes e a partir de uma matriz de relacionamento lógico onde cada célula apresenta um potencial de infiltração ou escoamento superficial correlacionadas com o tipo de produto e oferta de água. Esta metodologia, apesar de não evidenciar a contaminação das águas superficiais e subsuperficiais, pode fornecer a base para definição dos locais com maior potencial de risco de contaminação (França et al. 2015).

Devido à grande extensão das áreas que sofreram alterações no uso e ocupação do solo no Cerrado Piauiense, onde o avanço das monoculturas demonstrou a necessidade de verificar os riscos para a qualidade da água, equilíbrio dos ecossistemas e saúde da população, este estudo buscou determinar as áreas mais susceptíveis a contaminação por agroquímicos na bacia de um afluente do rio Uruçuí-Preto que é um importante rio no sudoeste do Piauí.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na bacia do riacho Corrente, sub-bacia do rio Uruçuí-Preto localizada ao oeste do estado do Piauí, entre as latitudes 7°32'S e 8°35'S e longitudes 44°43'W e 45°19'W, com área de drenagem total de 1.887,24 km² (Figura 1).

Figura 1. Mapa de situação da bacia hidrográfica do riacho Corrente, com os respectivos municípios de abrangência



Foram utilizados planos de informações ambientais, conforme demonstrado no fluxograma da Figura 2, para determinar a tendência do comportamento da água, infiltração e escoamento, juntamente com o transporte de agroquímicos. O cruzamento destas informações gerou um mapa com as áreas de risco de contaminação com os maiores traços dos agroquímicos utilizados. Todas estas etapas foram realizadas com auxílio do software ArcGIS 10 (ESRI 2013).

Figura 2. Fluxograma para a produção da carta de risco. Adaptado de Neves et al. (1998).



PLANOS DE INFORMAÇÕES: SOLOS E CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA

Para obter o plano de informação de solos na bacia foi necessário previamente à obtenção das classes de solo, para isto foi utilizada a base de dados do levantamento exploratório de reconhecimento de solos do Estado do Piauí escala 1/250.000, disponibilizado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa (2006).

A determinação qualitativa da condutividade hidráulica foi considerada baseada nas variáveis: textura, estrutura, estabilidade de agregados profundidade dos solos e principalmente a Capacidade de Troca Catiônica – CTC do solo. O plano de informação de condutividade foi obtido segundo a classificação de Gomes *et al.* (1996) em função do tipo de solo, sendo assim classificado:

1. Latossolo – Condutividade Hidráulica Média;
2. Neossolo – Condutividade Hidráulica Baixa;
3. Argissolo – Condutividade Hidráulica Alta.

PLANOS DE INFORMAÇÕES: ALTIMETRIA, DECLIVIDADE E DIREÇÃO DO ESCOAMENTO

Para obtenção do plano de informação da altimetria na bacia foi utilizada o MDE (Modelo Digital de Elevação) da base SRTM (USGS 2005). Porém, para que o MDE represente de forma ideal os processos superficiais do escoamento superficial foram realizadas diversas etapas para obtenção do MDEHC (Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente). A declividade do terreno foi agrupada em três classes de acordo com a utilização agrícola proposta por Neves (1998), em que as declividades foram divididas:

1. entre 0 à 3%, declividade baixa;
2. entre 3 a 8%, declividade média;
3. entre 8 à 20%, declividade alta.

PLANO DE INFORMAÇÃO: POTENCIAL DE INFILTRAÇÃO E ESCOAMENTO

O plano de informação do potencial infiltração e escoamento foi obtido através do cruzamento dos dois planos de informações: Condutividade Hidráulica x Declividade. Com o objetivo de verificar se os agroquímicos utilizados na área tiveram tendência a infiltrar ou escoar (Neves *et al.* 1998). O resultado foi agrupado em três classes:

1. Baixa capacidade de infiltração (0) e alto potencial de escoamento (2);
2. Médio potencial (1) de infiltração e escoamento (4);
3. Alta capacidade de infiltração (3) e baixo potencial de escoamento (6).

Para realizar o cruzamento dos planos de informações foram atribuídos valores aos planos de informações. Em que:

- 1 – 2: Baixa Condução no Perfil do solo;
- 3 – 5: Média Condução no Perfil do solo;
- 6 – 9: Alta Condução no Perfil do Solo.

PLANO DE INFORMAÇÃO: PLUVIOMETRIA

O plano de Informação de Pluviometria teve a função de demonstrar as áreas que possuíam maior oferta de água, sendo estas as mais propensas ao escoamento ou infiltração dos químicos. Para confecção deste plano foram utilizados os dados das estações pluviométricas da Agência Nacional das Águas (ANA), localizadas no entorno do perímetro da bacia hidrográfica do riacho Corrente, totalizando 11 estações. Para cada estação foram calculados os valores totais da precipitação sazonal (Novembro à Abril), período em que é realizado o cultivo e também a aplicação dos agroquímicos.

O plano de informações de precipitação sazonal foi produzido através da interpolação por krigagem recorte e seleção dos valores relativos à área da bacia hidrográfica do riacho Corrente.

PLANO DE INFORMAÇÃO: CLASSE DE USO E AGROQUÍMICOS

A determinação da classe de uso do solo foi realizada a partir de imagens Landsat 5 sensor TM, onde fez-se o realce da vegetação pelo Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (IVDN) e posteriormente a classificação não supervisionada em duas classes:

1. Áreas Antropizadas;
2. Áreas de Vegetação (Nativa).

Para verificar quais áreas da bacia foram mais exploradas e oferecerem maior potencial de agroquímicos, fez-se o somatório das imagens IVDN classificadas dos seguintes anos: 1985, 1990, 2000 e 2010. Após o somatório fez-se a extração das áreas que foram mais exploradas ao longo do tempo, assim foi possível determinar os locais das propriedades agrícolas da bacia que fazem o uso mais intensivo do solo.

O plano de informação de agroquímicos foi obtido em duas etapas: a primeira com visitas em campo à região para realizar questionários com o intuito de verificar quais produtos eram mais utilizados. Na segunda os produtos foram divididos conforme o princípio ativo, classe, grupo químico, classe toxicológica e de periculosidade ambiental, divisão feita segundo a metodologia de Andrei (2005).

PLANO DE INFORMAÇÃO: MAPA DE RISCO

Com o intuito de verificar as áreas mais propícias a contaminação, foi feito o cruzamento dos planos de informação potencial de infiltração, pluviometria e intensidade de exploração (antropização).

Com o resultado obtido pelo plano de informação do potencial de infiltração com a disponibilidade de água foi feito a multiplicação com o plano de informação potencial de acúmulo de agroquímicos, esta multiplicação permitiu obter o plano de informação áreas de risco e acúmulo de traços de agroquímicos. Em que:

1. 1 – 4 Baixa Concentração e Dispersão;
2. 4 – 8 Média Concentração e Dispersão;
3. 8 – 15 Alta Concentração e Dispersão.

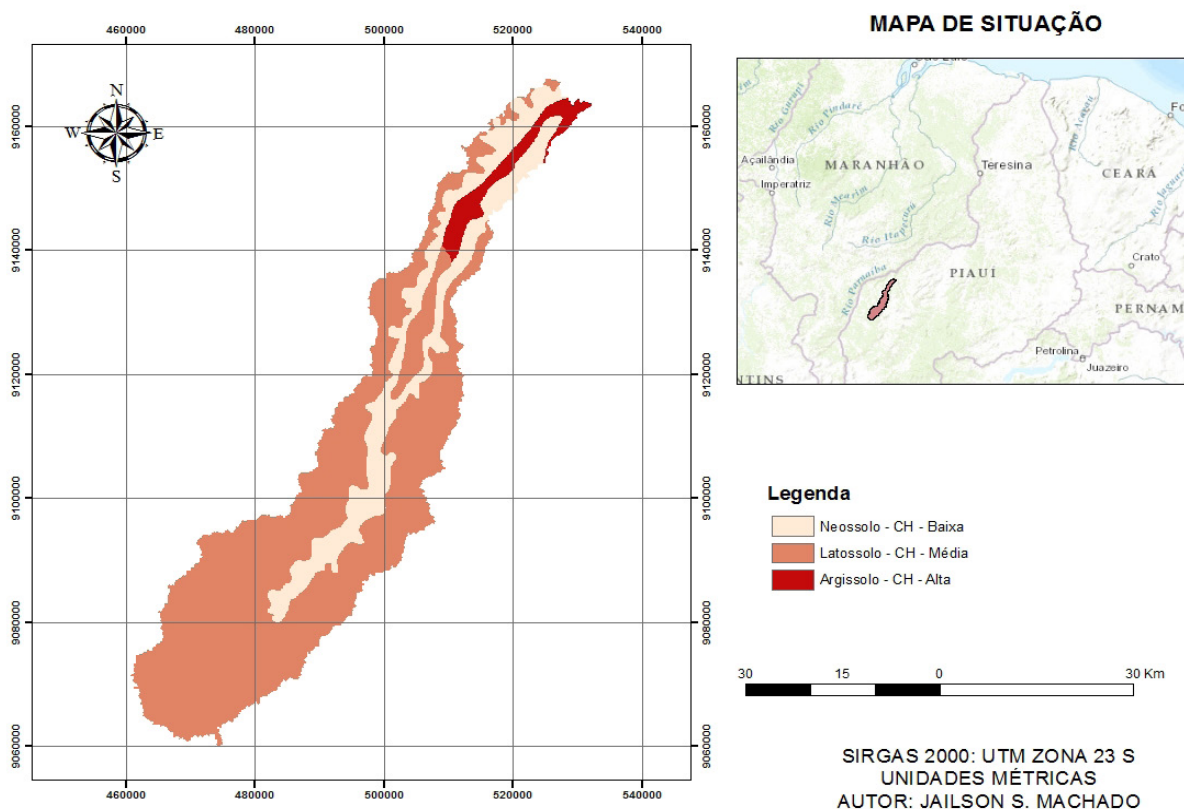
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Condutividade hidráulica

Após o recorte do plano de informação de solos do Piauí, as classes de solo existentes na bacia do riacho Corrente foram: Latossolos Amarelos; Neossolos Litólicos e Argissolos Vermelho Amarelo (Figura 3). O valor relativo à área de cada classe de solo é expresso da seguinte forma:

1. Latossolo Amarelo: 1.407,94 km² (74,60% da área da bacia);
2. Neossolo 397,10 km²;
3. Argissolo Vermelho 82,26 km².

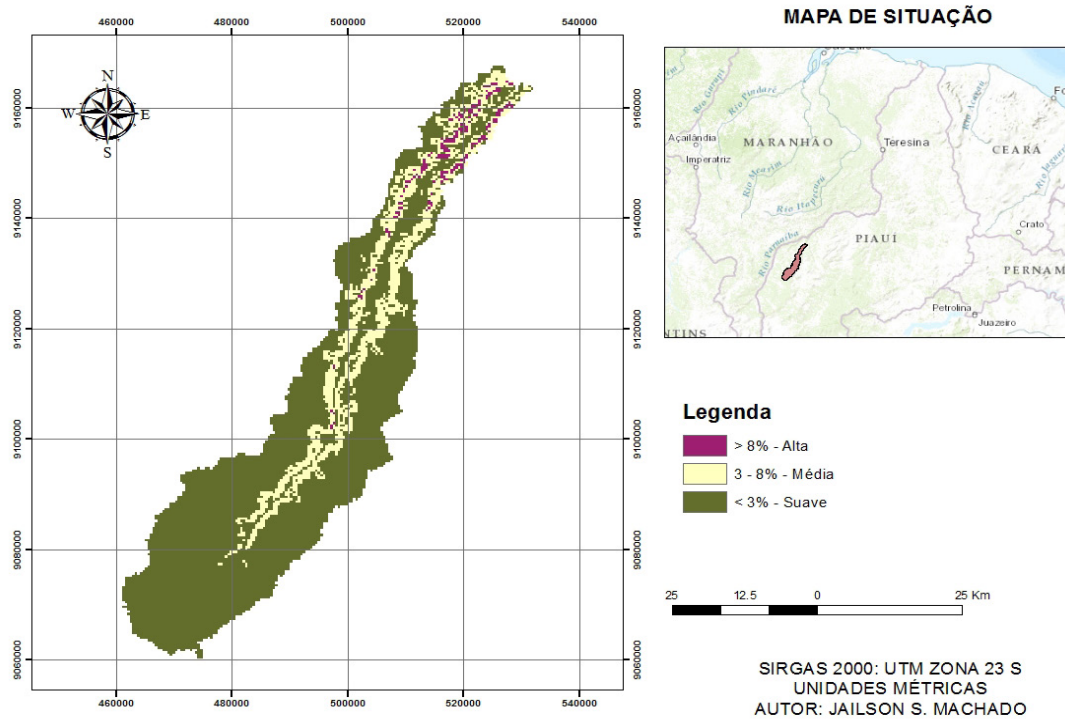
Figura 3. Plano de Informação das classes de solo e condutividade hidráulica (CH), existentes na bacia hidrográfica do riacho Corrente de acordo com a classificação da EMBRAPA (2006).



Declividade da bacia

A maior parte da bacia hidrográfica está localizada em uma região com declividade inferior a 3%, o que justifica a procura da região por produtores tendo em vista a fácil utilização agrícola (Figura 4). Fato já citado por Rodrigues e Junior (2012) que justificam o interesse pelo Cerrado devido ao favorecimento de alguns elementos naturais, como a topografia plana.

Figura 4. Plano de Informação de declividades da bacia do riacho Corrente-PI.

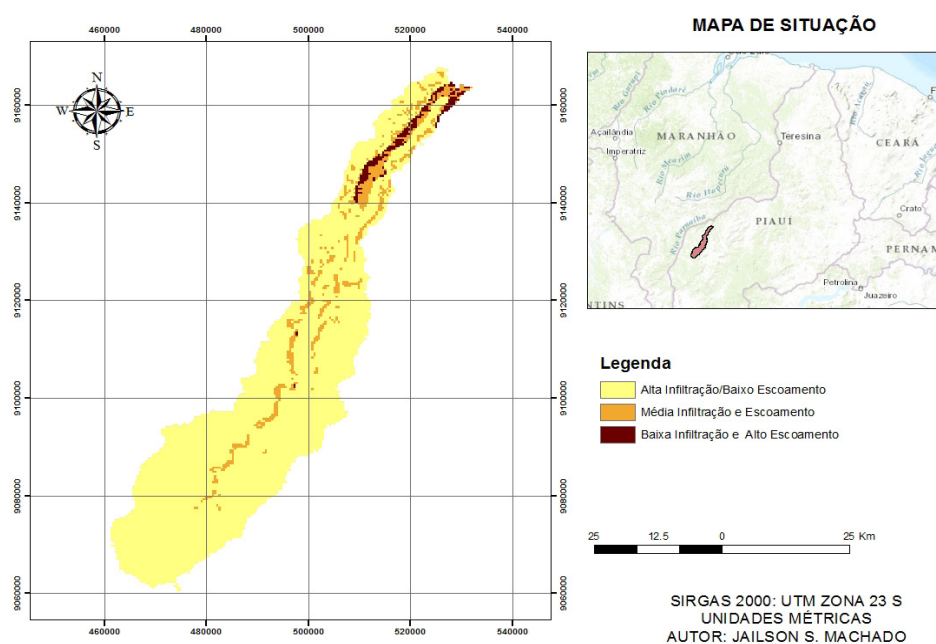


Potencial de infiltração

O resultado referente ao cruzamento dos planos de informação solo e declividade, reflete a tendência da direção da chuva, infiltrar ou escoar (Figura 5), o que serve para demonstrar a tendência da direção dos agroquímicos.

Após a sobreposição dos mapas, as áreas com potencial de infiltração (feição amarela) foram as áreas que continham relevo plano (> 3%) e pertencem a classe de Latossolo Amarelo, demonstrando que esta combinação favorece a capacidade de infiltração, o que corrobora com Rossi *et al.* (2005) e Moraes Ferreira *et al.* (2007), que afirmaram que os Latossolos possuem facilidade a infiltração da água.

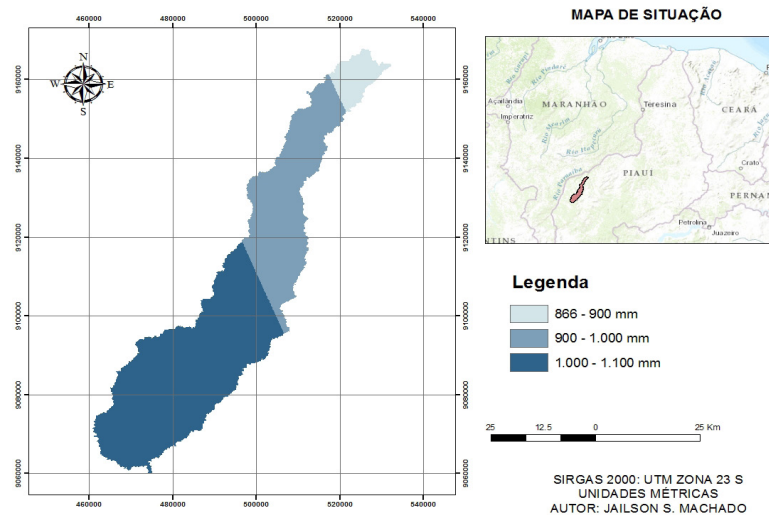
Figura 5. Plano de informação do potencial de infiltração da bacia hidrográfica do riacho Corrente-PI.



Pluviometria

A distribuição da pluviometria sazonal na bacia (Figura 6) demonstrou a maior precipitação no sul da bacia hidrográfica, sendo esta a área de maior interesse para o estudo. Tendo em vista a influência na capacidade de infiltração ou dispersão dos agroquímicos, uma vez que se considera as regiões com os maiores volumes precipitados, as regiões mais propícias ao espalhamento dos produtos (Andreoli *et al.* 1999).

Figura 6. Precipitação sazonal obtida pelo método de interpolação com krigagem.



Classe de Uso e Agroquímicos

A base de dados obtida com a aplicação dos questionários, permitiu classificar os princípios ativos de agroquímicos utilizados nas áreas das fazendas da bacia em estudo, assim como a classe, grupo químico, classe toxicológica e de periculosidade ambiental a qual pertencem (Tabela 1).

Tabela 1. Agroquímicos utilizados na bacia do riacho Corrente e sua classificação segundo Andrei (2005).

Princípio Ativo	Classe	Classe Toxicológica	Periculosidade Ambiental
Glifosato	Herbicida	IV- pouco tóxico	III – perigoso
Metomil	Inseticida	I - extremamente tóxico	III – perigoso
Pyraclostrobin e Metconazole	Fungicida	II - altamente tóxico	II - muito perigoso
Azoxistrobina e Ciproconazol	Fungicida	III- mediamente tóxico	II - muito perigoso
Tebuconazole	Fungicida	III- mediamente tóxico	III – perigoso
Cipermetrina e Ciclosa	Inseticida	I - extremamente tóxico	II - muito perigoso
Clorimuron etílico	Herbicida	III- mediamente tóxico	III – perigoso
Beta-ciflutrina	Inseticida	–	II - muito perigoso
Tiram e Carbendazim	Fungicida	III- mediamente tóxico	II - muito perigoso
Teflubenzurom	Inseticida	IV- pouco tóxico	II - muito perigoso

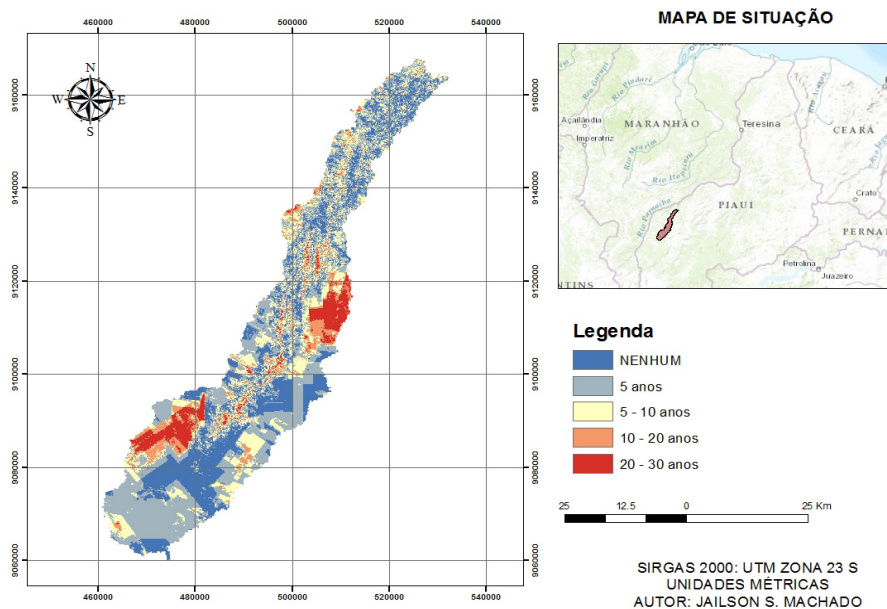
Percebe-se uma maior utilização de fungicidas e inseticidas dentre os agroquímicos aplicados na região, com cerca de 40% para cada um destes e 20% destinados ao uso de herbicidas nas proximidades da bacia. No que diz respeito à questão de toxicidade dos agroquímicos em uso na área de estudo, é notável o grau de toxicidade desses

produtos, que em grande parte varia de médio a alto, já com relação à periculosidade ambiental essa situação é mais preocupante, uma vez que os resultados demonstram um grau de periculosidade ambiental elevado.

De acordo com a metodologia de avaliação do Potencial de Periculosidade Ambiental (PPA) que deve ser realizada em qualquer agrotóxico produzido, importado, exportado e utilizado no Brasil (LEI N° 7.802, de 11 de julho de 1989; Portaria IBAMA n° 84, 15/10/96) múltiplas linhas de evidências são adotadas na realização desse tipo de teste e a positividade para testes como de mutagênese e carcinogênese são decisivas para a reprovação do produto enquanto parâmetros de resistência e bioacumulação recebem peso dois e os de transporte e ecotoxicidade peso 1.

Cerca de 60% dos agroquímicos em estudo apresentam as características de resistência à degradação e bioacumulação em solo. O que pode significar sua persistência no solo durante um grande intervalo de tempo, o que agravaria a incidência de perigo para as regiões com mais de 20 anos. Com a classificação do uso e ocupação do solo e posterior somatório das áreas antropizadas (Figura 7) foi possível verificar áreas sujeitas a maior tempo de desmatamento, e/ou cultivo e, conseqüentemente, maior tempo de aplicação de agroquímicos sendo estas com maior potencial de lixiviação de herbicidas colocando em risco as águas superficiais e subterrâneas.

Figura 7. Somatório das áreas antropizadas, variando entre nenhum ano de uso a 20 a 30 anos de uso.



Após o somatório dos mapas de NDVI, 124,34 km² da bacia, representa ocupação que varia entre 20 a 30 anos (6,6%) da área total da bacia em estudo. Contudo, 471,81 km² (25%) da bacia ainda não foram ocupadas. Demonstrou-se, também, que 39% da área (746,53 km²) representam a ocupação nos últimos 5 anos; 371,84 km² (19,7%) representam a ocupação da bacia entre 5 à 10 anos e 167,96 km² (8,9%) indicam a ocupação entre 10 e 20 anos.

As áreas na bacia com cultivo entre 20 a 30 anos apresentam, segundo Ramalho *et al.* (2000), potencial de acúmulo de metais pesados no solo, principalmente nas áreas com menor declividade, contribuindo, também para uma possível contaminação de águas superficiais e subterrâneas (Soares & Porto 2007).

Com o somatório das áreas exploradas (Figura 7), fez-se a extração das propriedades agrícolas. Todas as propriedades localizadas na bacia estão inseridas em uma área com alto potencial de infiltração e baixo potencial de escoamento (Figura 4). Sendo assim, é provável que os resquícios dos produtos utilizados, estejam acumulando no solo ou que sejam lentamente infiltrando. Contudo, há de se considerar que mesmo com o alto potencial de infiltração, existe a possibilidade de ocorrência do escoamento superficial, uma vez que a cobertura vegetal existente foi substituída por culturas agrícolas, com menor potencial de interceptação e solos com menor potencial de infiltração, favorecendo a contaminação de águas superficiais. Entretanto não se pode afirmar que os produtos estejam em concentrações suficientes para contaminar os lençóis freáticos, rios ou solo. Porém, existem evidências da presença de agrotóxicos proibidos há mais de 10 anos em águas superficiais em Curitiba (Andreoli *et al.* 1999).

Além disto, a detecção de agrotóxicos em águas subterrâneas captadas em poços para abastecimento humano em uma área rural do Rio Grande do Sul não indicou um padrão temporal, que autora relacionou com fatores como frequência de aplicação, permeabilidade do solo e pluviosidade (Caldas 2009).

Os locais de possível contaminação foram identificados com o auxílio da base de dados obtida com a aplicação dos questionários, que permitiu classificar os princípios ativos de agroquímicos utilizados nas áreas da bacia em estudo, assim como a classe, grupo químico, classe toxicológica e periculosidade ambiental a qual pertencem.

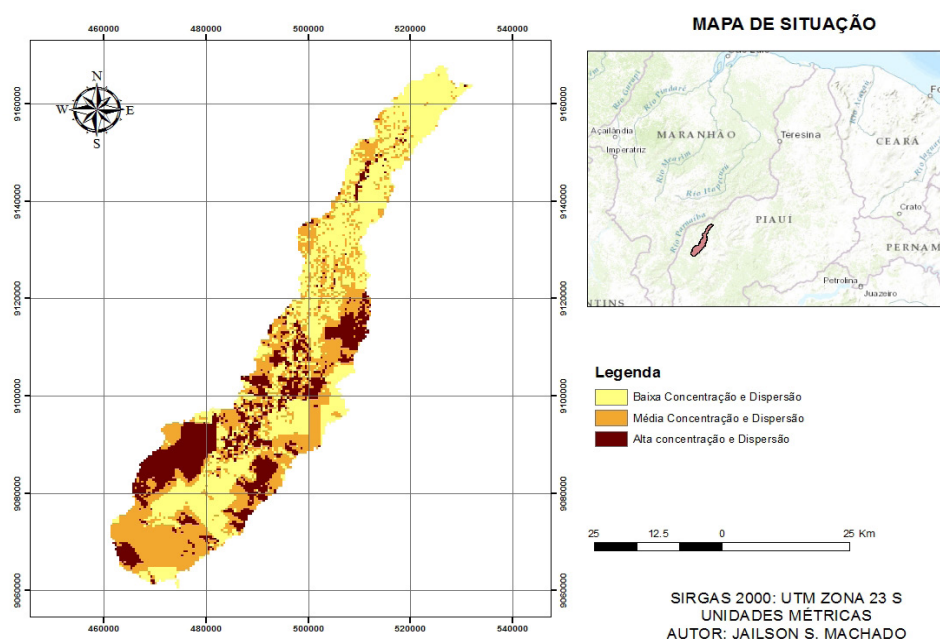
Mapa de risco

Como a água é o principal vetor de condução dos agroquímicos, os planos de informação com o cruzamento da pluviometria juntamente com o plano de potencial de infiltração demonstram as áreas que são mais propensas a oferecer a dispersão desse produto. As áreas com maior oferta de água são as mais prováveis condutoras dos agroquímicos no solo. Estas áreas também coincidem com as regiões onde estão localizadas as propriedades que fazem uso destes produtos, e, que por sua vez são as áreas que tendem a apresentar maior potencial de infiltração.

A região sul da bacia possui áreas com maior pluviometria o que acarreta maior oferta de água, sendo uma região que possui alta capacidade de infiltração e, conseqüentemente, a possibilidade de maior condução dos agroquímicos no perfil do solo. No centro da bacia a capacidade de condução dos agroquímicos é menor que a região sul, porém, devido ao fato da menor oferta de água, enquanto a região norte da bacia possui os menores índices de pluviometria, que resulta na menor capacidade de infiltração, quando considerado este parâmetro. Todavia, percebe-se que na região norte existem manchas com alta capacidade de condução, que são as áreas que apesar da menor oferta de água, possuem solos com maior potencial de infiltração (argissolos), como visto anteriormente no plano de informação do potencial de infiltração.

Com o plano de informação resultante da multiplicação, pluviometria e potencial de infiltração, fez-se a próxima multiplicação com o plano de informação de somatório de uso do solo. O mapa de risco foi o resultado desta multiplicação (Figura 8).

Figura 8. Mapa de risco de contaminação de agroquímicos, resultado da multiplicação dos planos: potencial infiltração; pluviometria; e acúmulo das áreas exploradas.



Os valores expressam, que 819,72 km² (43%) da área da bacia encontra-se com baixo potencial de concentração e dispersão de agroquímicos, enquanto 679,86 km² (36%) encontra-se com médio potencial de concentração e dispersão e 387,66 km² (21%) da área total representam Alto potencial de concentração e dispersão dos agroquímicos (Figura 8).

As áreas em vermelho possuem maior potencial de perigo de acúmulo de contaminantes, tendo em vista que possuem maior tempo de cultivo e consequente aplicação de agroquímicos. Também possuem maior pluviometria o que acarreta maior distribuição no perfil do solo, e são justamente áreas favoráveis à infiltração e que teriam maior potencial de contaminação, já que o risco de contaminação das águas subterrâneas é potencializado com o uso constante de herbicidas.

No mapa (Figura 8), observa-se que a pluviometria elevada e a maior capacidade de infiltração na parte sul da bacia agravam as áreas com risco de contaminação, entretanto as áreas em laranja possuem um menor de tempo de cultivo, o que não descarta a hipótese de contaminação. Por outro lado, na área de coloração amarela observa-se regiões com menor tempo de cultivo e menor infiltração, que por sua vez é desfavorecida pela menor pluviosidade.

Diante de todo exposto, é perceptível a existência de áreas ao longo da bacia que merecem atenção devido ao agravamento das situações analisadas. Quanto à periculosidade das substâncias encontradas na região é notável sua capacidade de lixiviação e percolação no solo, contudo estudos mais detalhados que revelem os produtos e interações destes com o solo são de extrema importância para a melhor compreensão do grau de toxicidade e real periculosidade destas substâncias para o meio ambiente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Existem propriedades na bacia hidrográfica do Riacho Corrente com mais de 20 anos de exploração.

Com relação aos agroquímicos utilizados na área do estudo, grande parte varia de média a alta toxicidade, e demonstram um grau de periculosidade ambiental elevado. Um total de 819,715 km² (43%) da área da bacia encontra-se com baixa concentração e dispersão dos mesmos, enquanto 679,862 km² (36%) encontra-se com média concentração e dispersão, já para os valores de Alta Concentração e Dispersão tratam de 387,663 km² (21%) da área total.

A variabilidade das características de uma BH em função do tempo e do espaço torna o SIG uma ferramenta importante para a avaliação de impactos ambientais.

O modelo permite gerar valores (áreas propícias à acumulação de agrotóxicos) a partir de análises qualitativas considerando as variáveis adquiridas em outras pesquisas.

A metodologia utilizada mostrou-se bastante útil na identificação de áreas potencialmente sujeitas aos impactos ambientais negativos decorrentes da percolação e acumulação de agroquímicos, podendo ser aplicada em outras Bacias Hidrográficas, bem como servir de subsídio para outras pesquisas que visem estudar e comparar práticas que ofereçam menores impactos.

Em comparação à metodologia utilizada por Neves et al. (1998), este trabalho considerou a bacia hidrográfica como unidade territorial de gestão do uso do solo e dos recursos hídricos.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Iniciação Científica da Universidade Federal do Piauí, PIBIC/UFPI e ao CNPq. Este artigo é resultado do trabalho de conclusão de curso do primeiro autor.

REFERÊNCIAS

- Araujo, MRS. 2006. **Expansão da fronteira agrícola nos cerrados piauienses, (des)territorialização e os desafios para o desenvolvimento territorial: o caso do município de Bom Jesus**. 2006. 186 p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal do Piauí, PRODEMA, Teresina.
- Andrei, E. 2005. **Compêndio de Defensivos Agrícolas: Guia Prático de Produtos Fitossanitários para uso Agrícola**. 7ª ed. São Paulo. 1141p.
- Andreoli, CV; Hoppen, C; Marçal, R. 1999. Avaliação dos níveis de agrotóxicos encontrados na água de abastecimento nas regiões de Curitiba e Londrina. **Separata de: SANARE**. Curitiba, v. 12, p. 16-25.
- Caldas, S.S. 2009. **Otimização e validação de métodos empregando DLLME, SPE, HPLC-DAD, LC-ESI-MS/MS para determinação de agrotóxicos em águas subterrâneas**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande, PPGQTA, Rio Grande do Sul
- Coutinho, CFB; Galli, A; Mazo, LH; Machado, SAS. 2006. Carbendazim e o meio ambiente: Degradação e toxidez. **Pesticidas: Revista Ecotoxicologia e Meio Ambiente**. Curitiba, v. 16, p. 63-70.
- EMBRAPA, Centro Nacional de pesquisas de solo / Sistema brasileiro de classificação de solos; **EMBRAPA SOLOS**; 2. Ed; Rio de Janeiro: 2006. 306 p.
- ESRI - Environmental Systems Research Institute. **ArcGIS 10.0: GIS by ESRI**. ESRI, 2013.
- Ferracini, VL; Pessoa, MCYP; Silva, AS; Spadotto, C. A. 2001. Análise de risco de contaminação das águas subterrâneas e superficiais da região de Petrolina (PE) e Juazeiro (BA). **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 11, p. 1-16.
- França, L.C.J. et al. 2015. Elaboração de Carta de Risco de Contaminação por Agrotóxicos para a Bacia do Riacho da Estiva, Brasil. **Floresta e Ambiente**. Seropédica, v. 23 n.4. <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.141415>
- Gomes, MAF; Spadotto, CA; Luiz, AJB; Neves, MC. 1996. Método de classificação preliminar dos potenciais de infiltração e escoamento superficial da água do solo: subsídio à avaliação de contaminação por agroquímicos. **Anais... CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO**, 10. 1996, Águas de Lindóia. SBCS/ESALQ.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Sistema IBGE de Recuperação Automática. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola [online]. Brasília, Distrito federal; 2019. [acessado 2019 jul 18]. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6588>>
- Klink, CA and Machado, RB. 2005. **A Conservação do Cerrado Brasileiro**. *Megadiversidade*.1:147-155.
- Moraes Ferreira, IC; Coelho, RM.; Torres, RB; Bernacci, LC. 2007. Solos e vegetação nativa remanescente no Município de Campinas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 9, 1319-1327.
- Neves, MC; Gomes, MA; Luiz, AJB.; Spadotto, CA. 1998. Sistemas de informações geográficas. Aplicações na agricultura. Em: ASSAD, E.D. SIG na avaliação do impacto ambiental por agroquímicos. 2ª Ed. Revista e ampliada, Brasília. **EMBRAPA**. p. 241-250.

PIGNATI, W. A. et al. 2017. Distribuição espacial do uso de agrotóxicos no Brasil: uma ferramenta para a Vigilância em Saúde. **Ciênc. saúde coletiva [online]**, v. 22, n.10, pp.3281-3293. <http://dx.doi.org/10.1590/1413-812320172210.17742017>.

Ramalho, JFGP; Amaral Sobrinho, NMB.; Velloso, ACX. 2000. Contaminação da microbacia de Caetés com metais pesados pelo uso de agroquímicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 7, p. 1289-1303.

Rocha, GF; Guimarães Ferreira, L; Clementino Ferreira, N; Eduardo Ferreira, M. 2011. Detecção de desmatamentos no bioma Cerrado entre 2002 e 2009: Padrões, tendências e impactos. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 03, n. 63, p. 342-349.

Rodrigues, MM; Júnior, AT. 2012. A modernização da agricultura nas áreas de Cerrado em Goiás (Brasil) e os impactos sobre o trabalho. *Investigaciones Geográficas*, **Boletín del Instituto de Geografía**, n. 55, p. 97.

Rossi, M, Mattos, IDA, Coelho, RM, Menk, JRF, Rocha, FT, Pfeifer, RM, Maria, I. C. 2005. Relação solos/vegetação em área natural no Parque Estadual de Porto Ferreira, São Paulo. **Revista do Instituto Florestal**, v. 17, n. 1, p. 45-61.

Soares, WL; Porto, MF. 2007. Atividade agrícola e externalidade ambiental: uma análise a partir do uso de agrotóxicos no cerrado brasileiro. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 12, n. 1, p. 131-143.

USGS – United States Geological Survey. 2005. **Seamless data distribution system, Earth Resources Observation and Science**. Disponível em: <www.usgs.gov>. Acesso em: 22 de janeiro de 2011.