

1 Introdução

A revolução industrial no século XIX estava baseada na liberação da mão de obra do campo para o trabalho industrial nas cidades. Para isto, a condição era garantir maior produtividade no campo para suprir a crescente demanda da população nas cidades. Isto se deu através da luta entre a indústria e o campesinato, em que foi imposto um processo de mecanização na moenda dos grãos, transferindo este processo para a indústria. Ao longo deste processo, no período que se seguiu até nossos dias, o centro do poder para impulsionar as novas tecnologias agrícolas se deslocou para a indústria através da motorização, mecanização, implementos para irrigação, uso de fertilizantes para aumentar a produção, uso de agrotóxicos para controlar as pragas e, por fim, a produção reforçada de sementes pelos transgênicos.

Se este processo garantiu um enorme aumento de produtividade, principalmente pela redução drástica de mão de obra no campo, em que hoje, nos países industrializados, uma população agrícola ativa reduzida a menos de 5% da população ativa total é suficiente para alimentar toda a população (Mazoyer & Roudart, 2009), no entanto criaram-se novos problemas, sobretudo ambientais. Este tipo de agricultura tem utilização intensa de energia para a mecanização e produção de fertilizantes, grande demanda de água com cerca de 70% do consumo em escala mundial (Penna, 1999) e uso intenso de agrotóxicos espalhado por enormes superfícies geográficas tendo efeitos deletérios sobre a flora e a fauna, aumentando a extinção de espécies e desencadeando efeitos nocivos na saúde com intoxicações agudas e crônicas com os disruptores hormonais.

Esta mudança de comportamento traz como consequência a contaminação do meio ambiente como um todo, sendo sentido não só no campo, mas também em áreas distantes das regiões aplicadas e na presença de resíduos destes insumos químicos nos alimentos consumidos pela população em geral. A maior fonte de contaminação de pesticidas na atmosfera é dada pela sua utilização na agricultura,

i.e., cerca de 75% do uso de pesticidas são aplicados em plantações (Aspelin, 1994 citado por Wolters, 2003).

A contaminação aérea é um assunto que deve ser aprofundado, uma vez que traz consequências sérias ao ambiente e a saúde pública. Um exemplo disto seria o levantamento do Instituto Saúde e Sustentabilidade publicado em 2013, que revela que a poluição aérea mata mais que acidentes de trânsito no estado de São Paulo, respondendo por 99.084 mortes no período de 2006 a 2011, ou seja, uma cidade de 100 mil habitantes dizimada em seis anos.

1.1. Objetivos da dissertação

Em experimentos de balanço de massa em condições contidas, a volatilização sempre aparece com valores em torno de 1% (Correia *et al*, 2007; Langenbach *et al*, 2000; Langenbach *et al*, 2001; Gerstl *et al*, 1997). Porém, relatos frequentes feitos em campo mostram que os valores de volatilização podem ser maiores que 50% (Rudel, 1997; Glotfelty *et al*, 1984; Carlsen *et al*, 2006). Além disso, um estudo realizado em São Paulo comprovou que a concentração do herbicida Tebuthiuron encontrada em uma área de mata ciliar foi quatro vezes maior que a concentração encontrada na área contígua de cultivo de cana de açúcar. Neste estudo, foi detectado o decréscimo da concentração do composto na superfície para as camadas mais profundas do solo, indicando que a contaminação se deu na direção vertical descendente e, possivelmente, através do ar. Bicalho *et al* (2010) sugeriu que o fenômeno foi provocado pela sucessão de calor e chuva, que é a condição climática propícia para a maior volatilização do herbicida, conforme descrito por Glotfelty *et al* (1989) e por Davie-Martin *et al* (2013).

Tendo isto em vista, este trabalho teve como objetivo avaliar a contaminação aérea a partir da aplicação de um agrotóxico, mais especificamente o herbicida ácido diclorofenoxiacético, em concentração agrônômica, com experimentos feitos em condição de campo, e em diferentes horários. A execução do experimento em ambiente externo visa simular ao máximo a aplicação de agrotóxicos em áreas agrícolas, de forma a sofrer livremente a influência das condições climáticas naturais.

A importância deste trabalho é que a poluição de pesticidas no ar se distribui em função das condições climáticas de temperatura, ventos e chuvas, e por isso, impactam todos os ambientes, inclusive áreas urbanas e regiões distantes onde não há utilização de agrotóxicos, como a Antártica. A movimentação dos poluentes no ar estão fora de qualquer controle humano. Esta pesquisa aborda a redução da volatilização aérea de agrotóxicos através do manejo do horário de aplicação.

Para o estudo da volatilização do contaminante, foram consideradas as seguintes hipóteses: os fatores facilitadores seriam presença de macroporos; baixo teor de matéria orgânica e textura arenosa do solo. Porém, em oposição, a maior capacidade de adsorção ao solo imobiliza a molécula, minimizando o fenômeno em estudo.

Outro objetivo do trabalho foi desenvolver o desenho experimental de campo, uma vez que não foram encontrados trabalhos similares na literatura. Foram utilizados quatro solos distintos oriundos do Rio de Janeiro para o experimento de campo. Esta diversidade de solos pode permitir a identificação de parâmetros do solo que maximizam ou minimizam a volatilização, através da comparação entre os resultados dos ensaios de caracterização e a quantificação do herbicida nos cartuchos de XAD-2 (resina de absorção de voláteis).

Os ensaios de caracterização foram realizados para identificar e distinguir as propriedades de cada solo. Os ensaios de compactação Proctor normal serviram como um meio de moldar as amostras, previamente homogeneizadas, para o experimento de campo. Os ensaios de caracterização mineralógica identificaram as fases minerais, com destaque aos minerais argilosos que podem interagir com o teor de matéria orgânica do solo e reter o 2,4-D.

O último objetivo do trabalho foi analisar as amostras de solo no cromatógrafo gasoso para verificar diferenças na retenção do herbicida em cada solo. Também foi realizado um teste ecotoxicológico agudo para avaliar a biodisponibilidade do herbicida em cada solo a partir dos efeitos da exposição da fauna edáfica a toxicidez da solução do solo.

A escolha pelo ácido 2,4-D é devido ao extenso acervo de informações científicas, amplo uso comercial em diversos países e por ter a maior pressão de vapor a 25°C frente aos cinco herbicidas mais vendidos no Brasil (ver tópicos 2.2 e 2.4), *i.e.*, é o composto mais volátil entre o Glifosato, Atrazina, Diuron e Paraquat, os quais possuem PV de $9,8 \times 10^{-8}$ mmHg, $2,89 \times 10^{-7}$ mmHg, $6,9 \times 10^{-8}$

mmHg, $7,5 \times 10^{-8}$ mmHg, respectivamente, segundo dados da TOXNET (2013). O ácido 2,4-D é um herbicida extremamente tóxico, baixa sorção em solo, alto potencial para lixiviação e potencial baixo a moderado de volatilização, podendo deste modo, persistir por vários meses no ambiente.

1.2.

Escopo do trabalho

A dissertação foi dividida em seis capítulos conforme a estrutura descrita a seguir. O capítulo 2 apresenta uma revisão bibliográfica sobre o herbicida escolhido e sobre os principais mecanismos físico-químicos envolvidos logo após a aplicação do 2,4-D em solo. O capítulo 3 detalha o local do experimento, além dos materiais e equipamentos utilizados. O capítulo 4 apresenta os resultados dos ensaios realizados. O capítulo 5 discute os resultados e o capítulo 6 apresenta as conclusões e sugestões para trabalhos futuros.