

MODELAGEM MATEMÁTICA NA CULTURA DO MILHO: APLICAÇÃO DE UM DEFENSIVO E SUSTENTABILIDADE

CAVA, Marta Maria - Bacharelada em Matemática no Centro Universitário Internacional
Uninter

RESUMO

A modelagem matemática tem extensa aplicação na agricultura. Um problema em evidência atualmente diz respeito à utilização de defensivo agrícola, em especial na cultura do milho, pois este é um alimento consumido em larga escala em todo o mundo. Outra questão importante a ser considerada é a da proteção ao meio ambiente durante o manejo dos produtos químicos. Para solucionar esta questão, foi determinado, então, um modelo dos custos para cada um dos tipos de pulverização do milho (total e somente nas linhas de plantio) feitos com um herbicida comumente usado, cujo princípio ativo é uma substância denominada atrazine, a partir de dados e informações obtidas em uma propriedade rural do município de Faxinal, Paraná. O modelo referente à aplicação somente nas linhas de plantio, mostrou que é possível ter mais economia, porém com menos eficácia e o outro modelo obtido garantiu mais rapidez na operação, mas com custo maior e mais possibilidade de danos ao meio ambiente. Com isto, o que se evidencia é a importância de seguir as normas e manter os cuidados durante a aplicação do defensivo químico, tanto para evitar a contaminação das fontes hídricas e do solo, como também para não prejudicar a saúde de quem realiza esse trabalho.

Palavras-chave: Modelagem Matemática. Uso de defensivo no milho. Sustentabilidade.

1. INTRODUÇÃO

A procura de explicação para diversos fenômenos naturais, bem como o empenho em encontrar uma aplicação, mesmo que não imediata, para a resolução de problemas em diferentes áreas do conhecimento, tem permitido o desenvolvimento da matemática ao longo do tempo.

Bassanezi (2015), define como um problema prático pode ser traduzido em termos matemáticos na busca de uma solução:

A habilidade de empregar matemática em situações concretas e em outras áreas do conhecimento humano consiste em tornar um problema prático relativamente complexo, transformá-lo em um modelo matemático, ou seja, traduzir a questão na linguagem de números, gráficos, tabelas, equações, etc., e procurar uma solução que possa ser reinterpretada em termos da situação concreta original. (BASSANEZI, 2015, p. 10)

O autor se refere ao processo de modelagem matemática que, segundo ele, consiste na criação de um modelo traduzido por uma linguagem matemática específica para estabelecer estratégias de ação sobre a realidade e obter uma explicação ou entendimento de determinadas situações reais. Apresenta, também, as etapas a serem seguidas no processo, nesta ordem: escolha do tema, coleta de dados, análise de dados (hipóteses) para formulação de modelos e validação.

Um dos problemas humanos mais emergentes na atualidade é o da produção de alimentos, pois o acelerado aumento populacional exige agilidade e eficácia na solução do mesmo. A modelagem matemática possibilita formas de otimizar a produtividade de diferentes cultivos agrícolas, entre eles, o do milho. De acordo com Cruz (2010), o milho é o mais expressivo entre os cereais cultivados no Brasil, com cerca de 54,37 milhões de toneladas de grãos produzidos, em uma área aproximada de 12,93 milhões de hectares (Companhia Nacional de Abastecimento, 2010), na safra normal e safrinha. Este cereal é usado em larga escala tanto para consumo humano como para ração animal.

Ao considerar a importância alimentar do milho, este trabalho trata da pesquisa que relaciona ciência e sociedade, no âmbito da modelagem matemática, especificamente na aplicação da matemática envolvida na produção desse cereal. O objetivo é determinar, por meio de um modelo matemático, o custo de pulverização de um herbicida em alqueires, por dia de trabalho e considerando os tipos de cobertura na cultura do milho. Além disso, é preciso investigar como a pulverização pode ser feita de maneira mais sustentável. A questão norteadora do problema consiste, então, em estabelecer de que forma a modelagem matemática contribui para o estudo referente à aplicação de um determinado defensivo agrícola numa plantação de milho, considerando a importância de garantir o menor impacto ambiental possível. Um estudo referente ao controle de plantas daninhas no milho feito por Oliveira, et al (2001, p.38), salienta os cuidados durante a pulverização, pois “A degradação do meio ambiente depende do manejo adotado do solo, da água e dos pesticidas utilizados na exploração agrícola. Um aspecto importante na conservação dos recursos naturais solo e água, está relacionado com a proteção da superfície do solo”.

Segundo Cardoso (2011, p. 7), modelos matemáticos são “Uma representação simplificada de uma situação real e devem refletir a essência do problema, representando as grandezas envolvidas por variáveis e as relações de interdependência existentes entre elas por expressões matemáticas”. Deste modo, para chegar a um modelo matemático mais próximo da realidade, foi necessário obter dados quantitativos e informações referentes ao herbicida e seu modo de aplicação (total ou nas linhas de plantio) em uma lavoura de milho de Faxinal, estado do Paraná. Além da obtenção do modelo, foi feita uma análise qualitativa dos danos à natureza durante a aplicação. A respeito disso, Stein e Coscolin (2019), esclarecem que há grandes prejuízos causados ao meio ambiente pela inadequada aplicação de defensivos químicos, como a contaminação de fontes hídricas, do solo e dos organismos presentes nesses habitats, além da intoxicação dos trabalhadores rurais quando manipulam e aplicam esses produtos.

Com base nessas considerações, esta pesquisa pretende não somente mostrar uma aplicação da modelagem matemática no âmbito da agricultura em relação aos custos de pulverização do milho, mas também salientar a importância da preservação da natureza a partir da análise dos resultados obtidos.

2- METODOLOGIA

A partir de uma abordagem mista, foram obtidos dados quantitativos e informações a respeito do herbicida atrazine e os procedimentos para sua adequada aplicação numa plantação de milho. Os referidos dados e informações foram levantados por meio de comunicação, no local, com o agricultor proprietário XXXXXXXXX, no município de Faxinal, Paraná, por conversa com outros profissionais da área agrícola e consulta à bula do produto usado. Após a modelagem do problema, foi realizada uma análise qualitativa, fundamentada teoricamente, buscando caminhos para minimizar danos causados pela aplicação inadequada do defensivo.

2.1 - Informações

Existem dois tipos de cobertura realizada com o pulverizador na cultura do milho no período de pós-emergência:

- a cobertura total, na qual a barra de pulverização mede 18 metros e lança o defensivo agrícola misturado com água ao solo (nas linhas e entrelinhas) por meio de 36 aberturas (bicos) que estão dispostos a cada 50 cm nesta barra e com capacidade total do tanque de pulverização de 2000 litros;
- a cobertura com barra de 12 metros que realiza a pulverização baixa, na qual os bicos se apresentam a uma distância de 20 cm entre eles e o defensivo é lançado somente sobre as linhas de plantio, com capacidade total do tanque de pulverização de 600 litros. O herbicida comumente utilizado para este tipo de aplicação tem como ingrediente ativo a atrazina, substância que apresenta ação seletiva, com controle residual (deixa resíduos que impedem o renascimento das plantas daninhas), com indicação para uso em pré e pós emergência inicial na cultura do milho e custa 21 reais por litro.

A bula do defensivo informa que a velocidade do trator apropriada para a aplicação do produto é de 5 km por hora. A dose de aplicação indicada é de 5, 6 ou 7 litros por hectare, sendo 5 l / ha para uma baixa infestação ou infestação em estágio inicial e 7 l / ha quando a infestação de gramíneas é predominante. Para realizar a aplicação, deve-se misturar o produto diretamente no tanque do pulverizador, o qual deverá ter um terço de sua capacidade com água. Após a adição do produto no pulverizador, completa-se o volume do tanque, mantendo a calda em agitação constante. Podem ser aplicados de 200 a 400 litros de calda por hectare.

2.2- Hipóteses

1- Pulverização somente nas linhas de plantio

Considerando que é mais econômico pulverizar nas linhas do milho do que nas entrelinhas porque surgem mais ervas daninhas onde o solo é revolvido para o plantio, o pulverizador (com barra de 12 metros) é adaptado a uma plantadeira de 4 linhas em um trator de 85 HP. É necessário que tenha sido feito um sistema de plantio direto, com boa cobertura de palha nas entrelinhas, que as condições climáticas estejam favoráveis, ou seja, com pouca umidade, e que o terreno seja relativamente plano.

Como a plantadeira é adaptada ao pulverizador de 4 linhas, há um bico de pulverização para cada linha. Assim, a aplicação é feita por meio de 4 bicos dispostos na barra baixa com um espaço de 85 cm entre eles.

Para determinar a área coberta pelo pulverizador, considera-se como cumprimento do terreno a distância de 50 metros percorridos pelo trator e como largura os espaço de 0,85 metros entre os 4 bicos da barra de pulverização, ou seja, $0,85 \times 4 = 3,40$ metros. Deste modo, é obtida área de pulverização: $50 \text{ m} \times 3,40 = 170 \text{ m}^2$.

Como cada bico lança ao solo somente 20 cm de herbicida do total 85 cm possíveis, a porcentagem de abrangência de aplicação do defensivo no solo é a razão de $\frac{20}{85} = 23,5\%$. Lembrando que são aplicados 5 litros por hectare na pós-emergência, a quantidade de litros por alqueire pode ser calculada pela proporção:

$$\frac{5}{x} = \frac{10\,000}{24\,200} \text{ (cada alqueire equivale a 2,42 ha), onde } x = 12,1 \text{ l/ alq.}$$

Se o percentual de pulverização somente nas linhas de plantio é 23,5%, então serão pulverizados, na realidade, um total de 2,84 l/alq. (23,5% dos 12,1 l/ ha obtidos).

Sabendo que a velocidade do trator de 5 km/ h deve ser mantida durante a aplicação, o tempo gasto no percurso de 50 metros pode ser obtido também por uma proporção, onde 5 km/ h equivalem a 5 000 metros em 3600 segundos: $\frac{5\,000}{50} = \frac{3\,600}{x}$, logo $x = 36$ segundos.

A área de pulverização é de 170 m^2 . Assim, o tempo de trabalho por alqueire é dado por $\frac{36}{3\,600} \text{ s} = \frac{170}{17\,000} \text{ m}^2$ e $\frac{60}{x} = \frac{17\,000}{24\,200}$ (sabendo que 3 600 min equivalem a 60 min), portanto $x = 85$ minutos por alqueire.

Considerando que em 1 alqueire são pulverizados 2,84 litros de herbicida e que 1 dia de trabalho na lavoura corresponde a 8 horas (480 minutos), então: $\frac{85}{480} = \frac{2,84}{x}$, onde $x = 16,03$ l/ dia de trabalho (8 horas).

O número de alqueires por dia de trabalho será então: $\frac{60}{x} = \frac{17\,000}{24\,000}$ e $x = \frac{1}{x}$ e $x = 5,64$ alq.

O gasto de combustível por dia é de aproximadamente 80 litros (óleo diesel a 4,59 o litro), sendo necessário dois funcionários, o tratorista e um ajudante, para realizar o trabalho. Eles recebem, cada um, 12 reais por hora.

É importante salientar que, neste tipo de cobertura, podem ser realizadas duas operações ao mesmo tempo (o plantio e a pulverização). Assim, custo total acaba diminuindo, pois as despesas com óleo diesel e funcionários caem 80%.

2- Pulverização total

Na pulverização total, são colocados os mesmos 12,1 litros de defensivo no tanque de 2 000 litros e a área de abrangência passa a ser de 900 m² (50 m do percurso do trator x 18 m do comprimento da barra de pulverização). Neste caso, só o operador da máquina já faz todo o serviço.

O tempo gasto para pulverizar 1 alqueire, sabendo que a área de abrangência é de 900 m² é obtida assim: como $\frac{36}{3\ 600} s = \frac{900}{90\ 000} m^2$, portanto, $\frac{60}{x} = \frac{90\ 000}{24\ 200}$ x=16. Logo, o tempo de aplicação de 1 alqueire será de apenas 16 minutos.

A quantidade de litros de herbicida utilizada em um dia de trabalho (de 8 horas ou 480 minutos) também modifica, pois: $\frac{60}{x} = \frac{17\ 000}{24\ 000}$ e $= \frac{12,1}{x}$ e x = 363 l/ dia.

Como o tanque tem capacidade de 2 000 litros, a razão $\frac{2\ 000}{363}$ indica que o mesmo pode pulverizar até 5,5 alqueires. Após isso, deve ser reabastecido com água e herbicida. Assim, se o tempo de pulverização por alqueire é de 16 minutos, os 5,5 alqueires serão feitos em 88 minutos. O tempo médio de duração de um reabastecimento, com a água próxima do trator, é de cerca de 40 minutos. Logo, a quantidade de alqueires pulverizados em um dia de trabalho (8 horas) é: $\frac{88+40}{480} = \frac{5,5}{x}$, onde x = 20,62 alq/dia.

3- RESOLUÇÃO DO PROBLEMA

Com base nos dados apresentados nas hipóteses, é estabelecida a resolução do problema já definido: determinar o custo de pulverização em alqueires, por dia de trabalho, considerando dois tipos de cobertura (total e nas linhas de plantio) e com aplicação de um herbicida pós emergente na cultura do milho. Para isso, foram consideradas as seguintes variáveis:

- Se x = tempo em horas de trabalho na lavoura
- f(x) = área do terreno em alqueires por hora de trabalho
- Se x = área em alqueires por hora de trabalho
- g (x) = custo de pulverização da área agrícola (em alqueires)
- Se x = tempo em horas de trabalho na lavoura
- h (x) = custo de pulverização por hora de trabalho

3.1- Pulverização somente nas linhas de plantio

O custo em alqueires para 1 dia de trabalho (8 horas) com o pulverizador de 600 litros será: 16,03 litros de herbicida a 21 reais o litro, mais 80 litros de óleo diesel a 4,59 o litro, mais 12 reais por hora em 8 horas de trabalho de 2 funcionários, ou seja, $[16,03 \times 21] + [80 \times 4,59] + [(12 \times 8) \times 2] = 895,83$ reais por dia. Como já foi mencionado, do total de 895,83, o gasto com o herbicida é integral, porém, como o plantio e a pulverização são feitos simultaneamente, nestes há uma redução de 80% de custo. Assim, somando 336,63 referentes ao herbicida e 111,84 (20% de 559,20 de combustível e mão de obra), o custo final passa ser de 448,47.

3.2 –Obtenção do modelo

A partir dos cálculos das hipóteses, podem ser organizadas as seguintes tabelas:

Tabela 1

Tempo (horas)	Área (alqueires)
8	5,64
10	7,05
16	11,28

Com base nesta tabela, é definida a função que relaciona o tempo e a área pulverizada como $f(x) = 0,705 x$.

Tabela 2

Área (alqueires)	Custo (em reais)
5,64	448,47
7,05	560,58
11,28	896,92

Os dados da tabela 2 levam à função que define o custo em relação à área pulverizada: $g(x) = 79,515 x$.

A relação entre o custo (em reais) e o tempo (em horas) pode ser definida pela função composta $h(x) = g[f(x)]$. Assim, $h(x) = 79,515 (0,705 x)$, então $h(x) = 56,059 x$.

3.3- Validação

A validação para esta função é mostrada na tabela 3.

Tabela 3

Tempo (horas)	Custo (em reais)
8	448,47
10	560,59
16	896,94

Se $x = 8$ horas, $h(x) = 56,059(8)$ e $h(x) = 448,47$.

Se $x = 10$ horas, $h(x) = 56,059(10)$ e $h(x) = 560,59$

Se $x = 16$ horas, $h(x) = 56,059(16)$ e $h(x) = 896,94$

Para confirmar a validação, pode ser calculada também a taxa de variação do custo em relação ao tempo por meio da derivada das funções $f(x)$ e $g(x)$. Para isso, definimos $f(x)=t$ e $g(x)=c$. Como $t= 0,705x$, $\frac{dt}{dx} = 0,705$. Se $c=79,515x$, $\frac{dc}{dx} = 79,515$. Portanto, se $\frac{dc}{dt} = 0,705(79,515)$, a taxa de variação é de 56,059, ou seja, o mesmo fator da função $h(x)= 56,059 x$.

3.4-Pulverização total

Nesse caso, o custo por alqueire em 1 dia de trabalho (8 horas) usando o pulverizador de 2 000 litros, é calculado assim: são utilizados 12,1 litros de herbicida por alqueire a 21 reais o litro num total de 20, 62 alqueires, mais 60 litros de óleo diesel a 4,59 o litro, mais 1 funcionário recebendo 12 reais por hora em 8 horas de trabalho, ou seja, $[(12,1 \times 21 \times 20,62) + (60 \times 4,59) + (12 \times 8)] = 5 610,94$ reais por dia.

3.4-Obtenção do modelo

Por meio dos cálculos das hipóteses, podem ser organizadas as tabelas a seguir:

Tabela 4

Tempo (horas)	Área (alqueires)
8	20,62
10	25,775
16	41,24

De acordo com esta tabela, a função relacionando o tempo e a área é $f(x) = 2,5775 x$.

Tabela 5

Área (alqueires)	Custo (em reais)
20,62	5 610,94

25,775	7 013,68
41,24	11 221,88

A tabela 5 permite a definição da função que relaciona o custo e a área pulverizada:
 $g(x) = 272,1115 x$.

Finalmente, pode ser encontrada a função composta que representa a relação entre o custo por alqueire e o tempo de trabalho $h(x) = g[f(x)]$. Se $f(x) = 2,5775 x$ e $g(x) = 272,1115 x$, então $h(x) = 272,1115 (2,5775x)$. Logo, $h(x) = 701,3673 x$.

3.5-Validação do modelo

A tabela 6 valida a obtenção da função $h(x)$.

Tabela 6

Tempo (horas)	Custo (em reais)
8	5 610,94
10	7 013,67
16	11 221,88

Se $x = 8$ horas, $h(x) = 701,3673 (8)$ e $h(x) = 5 610,94$.

Se $x = 10$ horas, $h(x) = 701,3673(10)$ e $h(x) = 7013,67$.

Se $x = 16$ horas, $h(x) = 701,3673(16)$ e $h(x) = 11 221,88$

De forma análoga à pulverização entre linhas, definindo $f(x)=t$ e $g(x)=c$ e determinando as derivadas $\frac{dt}{dx}$, $\frac{dc}{dx}$ e $\frac{dc}{dt}$, obtemos a taxa de variação da função $h(x)$ que, neste caso, é $701,3673$, que é o mesmo fator da função $h(x) = 701,3673 x$.

4-REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O setor produtivo que mais tem se destacado atualmente no Brasil é a agricultura. De acordo com Chaddad (2017), a agricultura é um setor da economia brasileira líder mundial em ganhos de produtividade nos últimos 40 anos. Entre os principais cultivos realizados no país, está o do milho e, segundo o autor, em uma pesquisa realizada em 2012, o Paraná aparece em primeiro lugar na produção deste cereal, com mais de 16 milhões de toneladas, ou seja, 23,2% do total produzido no país. De acordo com a EMBRAPA, em seu portal on-line “Plantas Daninhas”, existem registrados no Ministério da Agricultura,

Pecuária e Abastecimento 96 produtos comerciais que podem ser utilizados diretamente na cultura do milho e dentre esses produtos, estão registrados herbicidas pós-emergentes, ou seja, nos quais a aplicação deve ser feita quando a planta daninha já tiver emergido, cujo princípio ativo é uma substância chamada atrazine. Partindo dessas considerações iniciais, é possível atentar para a relevância de encontrar um modelo matemático referente à pulverização desse defensivo comumente utilizado na cultura do milho, em um estado campeão de produção desta cultura e num país destacadamente agrícola.

Segundo Cardoso (2011, p. 6), “um modelo descreve, representa e imita o procedimento que ocorre no mundo real, estabelecendo o relacionamento das variáveis com os objetivos, da melhor maneira possível, obedecendo à limitação de tempo e custo.” A autora classifica os modelos em verbais, físicos, esquemáticos e matemáticos. O interesse aqui é acerca dos modelos matemáticos, que, segundo ela, são representados por relações matemáticas como equações, inequações, funções ou lógica simbólica.

É necessário obter um modelo matemático mais próximo possível da realidade, o que depende de uma adequada delimitação do problema e das variáveis, como também da clareza dos objetivos pretendidos. A esse respeito, Stein (2018), esclarece:

São fatores como a natureza das relações entre as variáveis, os objetivos a serem alcançados, a extensão do controle sobre as variáveis e o nível de incerteza que existe nas relações entre as variáveis e em sua própria definição que irão definir o modelo matemático mais adequado. Ou seja, para cada grupo de situações específicas, existirá um modelo matemático padronizado. (STEIN,2018, p.85)

Para concluir a modelagem matemática é realizada uma validação do modelo. Para Bassanezi (2015, p.22), “a validação de um modelo é um processo de aceitação ou rejeição deste, análise que é condicionada a vários fatores, sendo preponderante o confronto dos dados reais com os valores do modelo.” Ele afirma ainda que um bom modelo deve servir para explicar os resultados e permitir a previsão de novos resultados.

A validação ocorre tanto em termos matemáticos, por meio da confirmação das funções obtidas a partir dos dados e hipóteses, como pela análise dos resultados.

Nesse contexto, ao analisar o modelo matemático referente à cobertura apenas nas linhas de plantio, é possível notar mais economia na operação. Porém, Oliveira, et al (2001), afirma em seu estudo, que a mistura morta oriunda do plantio direto retém o herbicida e diminui o seu efeito sobre a cultura. Assim, embora esse tipo de cobertura seja mais

econômico, tem a desvantagem de ser menos eficaz porque, além de ter menor abrangência, deve ser feito, necessariamente, sobre um plantio direto. Esse modo de aplicação presume, ainda, a ocorrência de menores impactos ao meio ambiente. Mesmo assim, existem recomendações que devem ser seguidas durante o manuseio de defensivos agrícolas a fim de evitar problemas de saúde e danos ambientais. De acordo com o site “Boas práticas agrônômicas”, as recomendações são as seguintes:

- O produto adquirido deve ser prescrito em um receituário por engenheiro agrônomo;
- Seguir as recomendações a transporte e armazenamento de acordo com a legislação e com o fabricante do produto;
- O produto não deve ter contato com alimentos ou adubos;
- Antes de usar o produto, o rótulo e a bula devem ser lidos;
- Durante todo o processo de manuseio, utilizar equipamento de proteção individual.

Segundo Stein e Coscolin (2019), os defensivos agrícolas apresentam diferentes graus de toxicidade que são avaliados pela Anvisa (Agência nacional de vigilância sanitária) por meio de uma ordem de classes.

Classificação Toxicológica

Classe	Significado	Cor da faixa
Classe I	Extremamente tóxico	Vermelha
Classe II	Altamente tóxico	Amarela
Classe III	Medianamente tóxico	Azul
Classe IV	Pouco tóxico	Verde

Fonte: Boas práticas agrícolas (2019, documento on-line)

Os mesmos autores esclarecem que os níveis de periculosidade ambiental são estipulados pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais (Ibama). Este órgão ambiental classifica os efeitos dos defensivos nos organismos e microrganismos não alvos do mesmo.

Classificação Ambiental

Classe	Significado
Classe I	Produto altamente perigoso ao meio ambiente
Classe II	Produto muito perigoso ao meio ambiente

Classe III	Produto perigoso ao meio ambiente
Classe IV	Produto pouco perigoso ao meio ambiente

Fonte: Boas práticas agrícolas (2019, documento on-line)

De acordo com sua ficha de informação, o produto químico atrazina é medianamente tóxico e perigoso ao meio ambiente, por isso requer medidas de segurança como evitar o contato direto, remover material derramado, ficar contra o vento, usar neblina d'água para baixar o pó e usar luvas, roupas de borracha e máscara de respiração. Esses cuidados nem sempre são seguidos e não é incomum um trabalhador realizar a pulverização sem o uso do equipamento de proteção ou de ocorrer contaminação do solo e da água.

Quanto à cobertura total, esta é mais onerosa. Porém, devido à sua forma integral de aplicação, acaba tendo mais eficácia no controle das ervas daninhas e com maior rapidez na aplicação. Este tipo de cobertura é largamente utilizado atualmente e com tecnologia cada vez mais avançada. Hoje, muitos tratores possuem a cabine hermeticamente fechada e com ar condicionado. A grande desvantagem, com certeza, é a contaminação do meio ambiente. Vargas e Gleber (2005), esclarecem a respeito de um fenômeno comum durante a aplicação de defensivo agrícola conhecido como deriva, que consiste no deslocamento de gotas ou vapor até locais não alvos, provocando danos em lavouras próximas. Segundo eles, a velocidade da aplicação, o vento, a distância entre o alvo e o bico, o método de aplicação e a volatilidade do produto contribuem para ocorrer a deriva. Esse fenômeno pode afetar também as nascentes e os rios, por isso é imprescindível seguir as recomendações já citadas para evitar prejuízos à natureza. Além disso, as embalagens devem ser destinadas de forma adequada e jamais reutilizadas. Stein e Coscolin, (2019), esclarecem a esse respeito:

Segundo a legislação, com relação a produção, embalagem, rotulagem, transporte, armazenamento, destino dos resíduos e embalagens, podemos citar o Decreto no 4.074, de 4 de janeiro de 2002 (BRASIL, 2002), e com relação à definição de resíduos perigosos podemos citar a Lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) no 12.305, de 2010. Primeiramente, as embalagens, sejam elas flexíveis (sacos plásticos, sacos de papel, sacos metalizados) ou galões de plástico, dessem ser devolvidas no local onde foram adquiridas até um ano após a compra. Além disso, recomenda-se jamais reutilizar as embalagens de defensivos. (STEIN e COSCOLIN, 2019, p. 149)

É necessário, portanto, que todos os profissionais da área agrícola sigam as leis e orientações estabelecidas pelos órgãos responsáveis durante o manejo dos defensivos agrícolas, pois mais do que respeitar regras determinadas, estarão mostrando

responsabilidade e comprometimento em relação à preservação do meio ambiente, cujos recursos são indispensáveis à manutenção da vida.

5- CONSIDERAÇÕES FINAIS

A agricultura atual vem exigindo, frequentemente, rapidez e eficácia em cada etapa da produção para atingir um conseqüente aumento da produtividade. Também o custo das operações agrícolas deve estar dentro de padrões otimizados. Porém, as formas de produzir os alimentos geralmente têm agredido a natureza. Existe, portanto, dificuldade em aliar a otimização, por exemplo, dos custos de uma etapa essencial da produção do milho que é a da aplicação de defensivo, e as questões de sustentabilidade. No Brasil, o cultivo do milho é feito largamente, tanto para consumo humano como animal, sendo que o Paraná é o maior produtor do país deste cereal e há necessidade de melhoria nas condições de pulverização para evitar mais contaminação do meio ambiente.

Em vista disso, a modelagem matemática permite apontar caminhos a serem seguidos, pois, neste caso, mais do que possibilitar a solução de um problema proveniente de uma situação real da agricultura, leva à obtenção de resultados e conclusões que podem contribuir para o avanço das pesquisas nessa área do conhecimento. Deste modo, o modelo obtido para a aplicação somente nas linhas de plantio mostrou que é possível conseguir mais economia, porém com menos abrangência e resultado do produto aplicado. Já o modelo para pulverização total garante rapidez na operação, mas o custo é mais elevado e a possibilidade de danos ao meio ambiente é maior. A questão é como equilibrar estas situações, ou seja, manter a produtividade em alta como é necessário, sem causar tantos danos a este bem precioso que é a natureza. Embora Chaddad(2017) afirme que a partir de meados de 1990, houve reduções nas taxas de desmatamento na fronteira agrícola porque o governo brasileiro criou um sistema de parques nacionais e de reservas indígenas e o Ibama (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis) foi modernizado por meio de tecnologia, para fazer cumprir a lei, ainda há muito o que avançar em relação ao comprometimento ambiental no Brasil.

O ideal seria que a maioria dos defensivos agrícolas fossem orgânicos ou que houvesse total zelo ao meio ambiente, evitando-se ao máximo a contaminação dos recursos hídricos e do solo, assim como problemas com a saúde dos trabalhadores do campo. O essencial, no entanto, é manter o foco nos cuidados e recomendações para

preservação do meio ambiente por meio de mais fiscalização e programas educativos relacionados a este tema. Desta forma, será possível garantir mais equilíbrio entre a necessidade de uso de produtos químicos na agricultura e o respeito à natureza.

6-REFERÊNCIAS

BASSANEZI, R. C. **Modelagem Matemática: Teoria e Prática**. São Paulo: Contexto, 2015.

BOAS PRÁTICAS AGRONÔMICAS. **Defensivos agrícolas: fundamentais para agricultura sustentável**. 2019.Disp. <<https://boaspraticasagronomicas.com.br/boas-praticas/defensivos-agricolas/>>Acesso em out.2021.

CARDOSO, A. Fundamentos da Pesquisa Operacional. Alfenas: UNIFAL, 2011. Disponível em:< <https://www.yumpu.com/pt/document/read/12628711/fundamentos-da-pesquisa-operacional>> Acesso em 30 de out. 2021.

CHADDAD, F. **Economia e organização da agricultura brasileira**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017.

CRUZ, J. C. et al. **EMBRAPA-Cultivo do milho**. Versão eletrônica -6ª ed. 2010.Disponível em:<[Https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/27037/1/Plantio.pdf](https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/27037/1/Plantio.pdf)>Acesso em 20 out.2021.

EMBRAPA. **Portal Plantas daninhas**. Disponível em:< <https://www.embrapa.br/tema-plantas-daninhas/perguntas-e-respostas>> Acesso em 30 de out.2021.

FICHA DE INFORMAÇÃO DE PRODUTO QUÍMICO. Disponível em:

<https://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/produtos/ficha_completa1.asp?consulta=ATRAZINA>.Acesso em 29 out.2021.

OLIVEIRA, M. F. et al. **Efeito da palha e da mistura atrazine e metolachlor no controle de plantas daninhas na cultura do milho, em sistema de plantio direto**. Pesq. Agrop. Bras., Brasília, v. 36, n.1, p. 37 – 41, jan. 2001. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/pab/a/gGW5hs4cw59RcWryNmXSVdK/?format=pdf&lang=pt>

Acesso em 27 out. 2021.

STEIN, R. **Modelagem e otimização de sistemas da produção**. Porto Alegre: SAGAH, 2018.

STEIN, R. T., COSCOLIN, R.B.S. **Agricultura Climaticamente Inteligente e Sustentabilidade**. Porto Alegre: Sagah, 2019.

VARGAS, L., GLEBER, L. **EMBRAPA- Sistema de produção de ameixa europeia-Tecnologia de aplicação de defensivos**. Versão eletrônica. Dez. 2005. Disponível em <<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Ameixa/AmeixaEuropeia/tecnologia.htm>> Acesso em 29 out. 2021.