



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO TECNOLÓGICO  
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENGENHARIA E  
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - PPGES**

**PRISCILLA SPADETO ALTOÉ**

**AGROTÓXICOS NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO: UMA  
ANÁLISE DAS QUESTÕES LEGAIS E DOS EFEITOS NAS  
ÁGUAS SUPERFICIAIS DO RIO JUCU CAUSADOS PELO  
HERBICIDA GLIFOSATO**

VITÓRIA-ES  
JANEIRO/2018

PRISCILLA SPADETO ALTOÉ

**AGROTÓXICOS NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO: UMA ANÁLISE  
DAS QUESTÕES LEGAIS E DOS EFEITOS NAS ÁGUAS  
SUPERFICIAIS DO RIO JUCU CAUSADOS PELO HERBICIDA  
GLIFOSATO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável.

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Edumar Ramos Cabral Coelho.

VITÓRIA-ES  
JANEIRO/2018

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)  
(Biblioteca Central da Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)  
Bibliotecária: Maria Aparecida da Costa Pereira Akabassi–CRB-6/ES-43/O

---

A469a Altoé, Priscilla Spadeto, 1988-  
Agrotóxicos no Estado do Espírito Santo : uma análise das  
questões legais e dos efeitos nas águas superficiais do Rio Jucu  
causados pelo herbicida glifosato / Priscilla Spadeto Altoé. – 2018.  
121 f. : il.

Orientador: Edumar Ramos Cabral Coelho.  
Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia e  
Desenvolvimento Sustentável) – Universidade Federal do Espírito  
Santo, Centro Tecnológico.

1. Produtos químicos agrícolas – Espírito Santo (Estado). 2.  
Herbicidas. 3. Água – Qualidade – Jucu, Rio (ES). 4. Modelos  
matemáticos. I. Coelho, Edumar Ramos Cabral. II. Universidade  
Federal do Espírito Santo. Centro Tecnológico. III. Título.

CDU: 628

---

**PRISCILLA SPADETO ALTOÉ**

**AGROTÓXICOS NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO: UMA ANÁLISE  
DAS QUESTÕES LEGAIS E DOS EFEITOS NAS ÁGUAS  
SUPERFICIAIS DO RIO JUCU CAUSADOS PELO HERBICIDA  
GLIFOSATO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável (Modalidade Profissional) da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável na área de concentração Sustentabilidade, Ambiente e Sociedade e linha de pesquisa Saneamento Ambiental e Saúde Pública.

Aprovada em 15 de janeiro de 2018.

**COMISSÃO EXAMINADORA**



Profª. Drª. Edumar Ramos Cabral Coelho  
Orientadora - PPGES / CT / UFES



Prof. D.Sc. Daniel Rigo  
Examinador Interno - PPGES / CT / UFES



D.Sc. Juliana Carvalho Rodrigues  
Examinadora Externa - DSA / FUNASA

À Deus e aos Espíritos Iluminados por me guiarem.

Aos meus pais Devardene e Helder pelas bases sólidas da minha educação e pelo incentivo a  
nunca desistir dos meus objetivos.

## **AGRADECIMENTOS**

A minha orientadora Dra. Edumar Ramos Cabral Coelho, pela serenidade, ensinamento e compreensão.

Aos professores Juliana Carvalho e Daniel Rigo pelas contribuições.

Ao IDAF, VIGIÁGUA e CESAN por colaborarem no desenvolvimento do meu trabalho.

Ao Laboratório de Química Ambiental do Instituto de Química de São Carlos – USP.

Ao Rafael por apoiar as minhas escolhas e sempre estar disposto a me ajudar.

Aos meus amigos da turma 2015/2, em especial a Júlia Paula.

À vida, que em meio às dificuldades e vitórias, muito nos ensina.

**“A natureza pode suprir todas as necessidades do homem, menos a sua ganância.”**

Mahatma Gandhi

## RESUMO

A água é uma das vias pelas quais os agrotóxicos são transportados dos locais que foram aplicados para outras partes do meio ambiente, podendo gerar, como consequência, inúmeros impactos negativos. Em decorrência desse fator, a condição do seu uso e aplicação é regulamentada por atos normativos. Com o intuito de fazer um estudo interdisciplinar sob a perspectiva sustentável, utilizou-se como norteador do trabalho o método DPSIR -*Driven, Pressure, State, Impact, Response*, desenvolvido pela Agência Europeia do Meio Ambiente (EEA). A partir do panorama obtido por meio de aspectos legais e dados secundários, foi realizado, o diagnóstico do emprego de herbicidas no Estado do Espírito Santo e os possíveis agravos para a água de abastecimento público. Verificou-se a possibilidade do uso dos *Softwares* ARAquá e Agroscre como recurso eletrônico para a aplicação de modelos preditivos, estimou-se a vulnerabilidade a impactos do cenário em estudo e em seguida, a presença do Glifosato, herbicida mais consumido mundialmente, foi monitorado em águas superficiais do Braço Sul do Rio Jucu no Município de Marechal Floriano. Dentre os resultados, foram constatados que apenas 35,02% dos comerciantes prestaram contas da venda de agrotóxicos ao órgão que compete à fiscalização. O Município que mais vendeu agrotóxicos no ano de 2016 foi São Gabriel da Palha (14%). Sendo que os princípios ativos que mais estavam presentes nas formulações comercializadas, tanto no Estado do Espírito Santo quanto na Bacia Hidrográfica do Rio Jucu, e em Marechal Floriano foram o Glifosato, Paraquat, 2,4D, e o Picloram. Entre os anos de 2014 e 2016 o Programa VIGIAGUA monitorou apenas 15 dos 27 agrotóxicos listados na Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde, em 15 dos 78 Municípios que compõem o Estado. Os *Softwares* se mostraram práticos no seu propósito, entretanto existe carência de bancos de dados atualizados para sua aplicação. Três amostras para a análise de Glifosato acusaram a sua presença. Com o trabalho, verificaram-se deficiências no sistema estatal de controle da comercialização e do uso dos agrotóxicos Confirmou-se também a contaminação por Glifosato do ponto monitorado, demonstrando que a saúde humana e a qualidade do meio ambiente podem estar sendo comprometidas.

**Palavras-Chave:** Agrotóxicos; AGROSCRE, ARAquá, DPSIR; Glifosato; Modelos preditivos.

## **ABSTRACT**

Water is one of the ways in which pesticides are transported from the sites that have been applied to other parts of the environment, which can generate, as a consequence, many negative impacts. As a result of this factor, the condition of its use and application is regulated by normative acts. The DPSIR -Driven, Pressure, State, Impact, Response, developed by the European Environment Agency (EEA) was used as the guiding principle for an interdisciplinary study from a sustainable perspective. From the panorama obtained through legal aspects and secondary data, the diagnosis of the use of herbicides in the State of Espírito Santo and the possible aggravations for the water of public supply was carried out. It was verified the possibility of using the ARAquá and Agroscre softwares as an electronic resource for the application of predictive models, it was estimated the vulnerability to impacts of the scenario being studied and then, the presence of the most consumed herbicide Glyphosate worldwide was monitored in surface waters of the South Arm of the Jucu River in the Municipality of Marechal Floriano. Among the results, it was verified that only 35.02% of the merchants were accountable for the sale of agrochemicals to the body responsible for inspection. The Municipality that most sold agrochemicals in the year 2016 was São Gabriel da Palha (14%). Since the active principles that were most present in the commercialized formulations, both in the State of Espírito Santo and in the Jucu River Basin, and in Marechal Floriano were Glyphosate, Paraquat, 2,4D, and Picloram. Between 2014 and 2016, the VIGIAGUA Program monitored only 15 of the 27 agrochemicals listed in Ordinance No. 2914/2011 of the Ministry of Health, in 15 of the 78 municipalities that make up the State. Softwares have proven to be practical in their purpose, however there is a lack of updated databases for your application. Three samples for the analysis of Glyphosate showed its presence. With the work, deficiencies were verified in the state system of control of the commercialization and the use of pesticides. It was also confirmed the contamination by Glyphosate of the monitored point, demonstrating that the human health and the quality of the environment may be being compromised.

**Keywords:** Pesticides; AGROSCRE, ARAquá, DPSIR; Glyphosate; Predictive models.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Pirâmide de informações de Hammont e outros.....	26
Figura 2 - Rotas de degradação do Glifosato .....	33
Figura 3 - Esquema do trabalho estruturado no modelo DPSIR .....	50
Figura 4 - Bacia hidrográfica do Rio Jucu.....	52
Figura 5 - Fração do Braço Sul do Rio Jucu e o local de amostragem do monitoramento no município de Marechal Floriano.....	60
Figura 6 - Mapa de obtenção de informações.....	60
Figura 7 - Interface do Software Agroscre e resultados obtidos .....	75
Figura 8 - Interface do Software ARAquá para o Glifosato.....	78
Figura 9 - Interface do Software ARAquá para o 2,4-D .....	78
Figura 10 - Interface do Software ARAquá para o Paraquat.....	78
Figura 11 - Interface do Software ARAquá para o Picloram. ....	79
Figura 12 - Bula do Herbicida Paraquat .....	101
Figura 13 - Bula do Herbicida Picloram.....	101

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Cláusulas e regras para o método GOSS.....	41
Quadro 2 - Dados necessários para aplicação do Software ARAquá.....	42
Quadro 3 - Exemplos de modelos preditivos .....	43
Quadro 4 - Fundamentação de dados de cada constituinte do DPSIR .....	49
Quadro 5 - Unidades de planejamento do Rio Jucu .....	52
Quadro 6 - Área total do município de Marechal Floriano e uso agrícola .....	54
Quadro 7 - Quantidade de estabelecimentos autorizados a comercializar agrotóxicos no Estado do Espírito Santo em cada município, número de fichas esperadas e número de fichas que foram entregues ao IDAF em 2016.....	63
Quadro 8 - Os 4 princípios ativos mais presentes nas formulações vendidas no Espírito Santo, Classificação Toxicológica e de Periculosidade Ambiental.....	66
Quadro 9 - Concentração (kg) de Glifosato nas formulações comerciais por Município do ES .....	67
Quadro 10 - Ranking dos 4 princípios ativos que mais compunham os herbicidas comercializados na Bacia Hidrográfica do Rio Jucu e no Município de Marechal Floriano...	68
Quadro 11 - Informações de entrada utilizadas no Software Agroscre .....	74
Quadro 12 - Informações sobre a localidade para a aplicação do Software ARAquá.....	77
Quadro 13 - Resultados dos Cromatogramas das análises de glifosato .....	81
Quadro 14 - Comparação entre os resultados do monitoramento de Glifosato e as Legislações .....	81

## LISTA DE SIGLAS

ABIQUIM - Associação Brasileira das Indústrias Químicas  
AMPA - Acido Amino Metilfosfonico  
ANVISA - Agencia Nacional de Vigilância Sanitária  
CAT - Comunicação de Acidente de Trabalho  
CESAN - Companhia Espirito Santense de Saneamento  
CIATS - Centros de Informação e Assistência Toxicológica  
COFINS - Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social  
CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente  
COTEPE - Comissão Técnica Permanente do Imposto sobre Operações Relativas à Circulação de Mercadorias  
CREA - Conselho Regional de Engenharia e Agronomia  
CTF - Cadastro Técnico Federal  
DDSIV - Departamento de Defesa Sanitária e Inspeção Vegetal  
DPSIR - *Driver-Pressure State Impact Response*  
EEA - Agência Europeia de Meio Ambiente  
EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
EPA - Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos  
ETA - Estação de Tratamento de Água  
EU - União Europeia  
FIST - *Fqpa Index Reservoir Screening Tool*  
FUNASA - Fundação Nacional de Saúde  
HPLC - *High performance liquid chromatography*  
IARC - Agência Internacional de Pesquisa do Câncer  
IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis  
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
ICMS - Imposto Sobre Circulação de Mercadorias e Serviços  
IDAF - Instituto de Defesa Agropecuária Florestal do Espirito Santo  
INCA - Instituto Nacional do Câncer  
INCAPER - Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural  
INCAPER - Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural  
INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia  
INPEV - Instituto Nacional de processamento de embalagens vazias

INSS - Rede Nacional de Centros de Informação e Assistência Toxicológica

IUPAC - União Internacional de Química Pura e Aplicada

Koc - Coeficiente de Partição de Carbono Orgânico

LACEN - Laboratório Central

LOG KOW - Coeficiente de partição

MAPA - Ministério da Agricultura Pecuária e abastecimento

MS - Ministério da Saúde

OMS - Organização Mundial da Saúde

PARA - Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos

PIB - Produto Interno Bruto

PIS PASEP - Programa de Integração Social e Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público

PL - Projeto de Lei

RENACIAT - Rede Nacional de Centros de Informação e Assistência Toxicológica

SAA - Sistema de Abastecimento de Água

SAC - Solução Alternativa Coletiva

SAI - Solução Alternativa Individual

SCI - GROW- *Screening Concentration In Ground Water*

SEAG - Secretaria de Estado da Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca

SIGERH - Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos

SIM - Sistema de Informação sobre Mortalidade

SINAN - Sistema de Informação de Agravos de Notificação

SINDIVEG - Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Defesa Vegetal

SINITOX - Sistema Nacional de Informações Tóxico-Farmacológicas

SISAGUA - Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano

SWCC - *Surface Water Concentration Calculator*

UFES - Universidade Federal do Espírito Santo

UFPR - Universidade Federal do Paraná

VIGIAGUA - Programa Nacional de Vigilância em Saúde Ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
<b>2 OBJETIVO .....</b>	<b>17</b>
<b>2.1 Objetivo Geral .....</b>	<b>17</b>
<b>2.2 Objetivos Específicos.....</b>	<b>17</b>
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>18</b>
<b>3.1 Regulamentações do Uso De Agrotóxicos e Limites Permitidos na Água de Abastecimento Público.....</b>	<b>18</b>
<b>3.2 Banco de Dados Existentes no Brasil e no Espírito Santo Sobre Agrotóxicos .....</b>	<b>26</b>
<b>3.3 Glifosato, o Herbicida Mais Consumido Mundialmente: Impactos Ambientais e Risco à Saúde Humana .....</b>	<b>30</b>
<b>3.4 Modelos Preditivos .....</b>	<b>40</b>
3.4.1 <i>Software</i> Agroscre como Ferramenta Para O Método De <i>Goss</i> .....	41
3.4.2 <i>Software</i> Araquá: Auxiliador nas Avaliações de Riscos Ambientais de Agrotóxicos em Cenários de Uso Agrícolas .....	42
<b>3.5 Sustentabilidade e Agrotóxicos .....</b>	<b>44</b>
<b>4 METODOLOGIA.....</b>	<b>49</b>
<b>4.1 Área de Estudo: a Bacia Hidrográfica do Rio Jucu .....</b>	<b>50</b>
<b>4.2 Levantamento de Dados Secundários: Comercialização de Herbicidas, Condições do Abastecimento de Água no Espírito Santo e Monitoramento de Agrotóxicos.....</b>	<b>54</b>
4.2.1 Comercialização de Herbicidas .....	54
4.2.2 Abastecimento de Água e Monitoramento de Agrotóxicos por Órgãos Públicos. ....	55
<b>4.3 Modelos Preditivos .....</b>	<b>56</b>
4.3.1 <i>Software</i> Agroscre como Ferramenta para O Método De <i>Goss</i> .....	56
4.3.2 <i>Software</i> Araquá: Auxiliador nas Avaliações de Riscos Ambientais de Agrotóxicos em Cenários de Uso Agrícola.....	57
<b>4.4 Monitoramento do Glifosato em Águas Superficiais .....</b>	<b>58</b>
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>62</b>
<b>5.1 Levantamento de Dados Secundários: Comercialização de Herbicidas, Condições do Abastecimento de Água no Espírito Santo e Monitoramento de Agrotóxicos.....</b>	<b>62</b>

5.1.1 Herbicidas Comercializados no Estado do Espírito Santo .....	62
5.1.2 Herbicidas Comercializados na Bacia Hidrográfica do Rio Jucu .....	68
5.1.3 VIGIÁGUA: Condições do Abastecimento da Água e Monitoramento de Agrotóxicos .....	70
5.1.4 Monitoramento Realizado pela Cesan.....	73
<b>5.2 Modelos Preditivos .....</b>	<b>74</b>
5.2.1 <i>Software</i> Agroscre como Ferramenta para o Método de <i>Goss</i> .....	74
5.2.2 <i>Software</i> ARAquá: Auxiliador nas Avaliações de Riscos Ambientais de Agrotóxicos em Cenários de Uso Agrícola.....	76
<b>5.3 Monitoramento do Glifosato em Águas Superficiais .....</b>	<b>79</b>
<b>6 CONCLUSÕES.....</b>	<b>83</b>
<b>7 RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>85</b>
<b>8 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>87</b>
<b>ANEXO A - Modelo de Ficha Sugerido Pelo IDAF aos Comerciantes de Agrotóxicos .</b>	<b>100</b>
<b>ANEXO B - Exemplos de Bulas Comerciais que Não Detalham Toda a Composição do Produto .....</b>	<b>101</b>
<b>ANEXO C - Informações Solicitadas pelo VIGIAGUA para Cadastro no SISAGUA das Formas de Abastecimento Público.....</b>	<b>103</b>
<b>ANEXO D - Resultados do Monitoramento de Agrotóxicos pelo Vigiágua.....</b>	<b>112</b>
<b>ANEXO E – Cromatogramas das Análises de Glifosato .....</b>	<b>115</b>
<b>ANEXO F - Portaria 2914 do Ministério da Saúde: Agrotóxicos .....</b>	<b>121</b>

# 1 INTRODUÇÃO

Os agrotóxicos não exercem efeitos apenas na área da aplicação. Eles podem ser transportados para outros locais por meio do escoamento das águas da chuva e da irrigação, ou através da drenagem e percolação no solo, resultando na acumulação dos agrotóxicos ou de seus produtos de degradação em diversas partes do meio ambiente (LISKA; SLOBODNIK, 1996).

Embora exista a vertente que defenda a utilização de agrotóxicos para atender a demanda do consumo de alimentos, não há dúvidas que seu uso indiscriminado traga as mais diversas consequências negativas, por isso o seu emprego é regulamentado por leis, que estabelecem, entre outros, as condições de aplicação e os limites de seus resíduos permitidos na água.

Dados da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) mostram que durante o 2º semestre de 2010 e 1º semestre de 2011, o herbicida Glifosato (N-fosfometil glicina) foi responsável por 29% de toda a venda de produtos formulados no Brasil (FARIA, 2013). Somente no ano de 2016 o Brasil importou 119 mil toneladas do princípio ativo considerando produtos formulados e técnicos (BRASIL, 2017).

Com o intuito de realizar um estudo interdisciplinar utilizou-se como um norteador das etapas do presente trabalho método DPSIR - *Driven, Pressure, State, Impact, Response* desenvolvido pela Agência Européia do Meio Ambiente (EEA). De acordo com este método, existe uma rede causal que começa com a condução de “forças” dos setores econômicos e das atividades humanas e que através de “pressões” modificam o “estado” físico, químico e biológico do meio, provocando “impactos” nos ecossistemas e na saúde humana que geram a necessidade de “respostas” como, por exemplo, políticas, priorização e definição de metas como forma de mitigar os impactos (KRISTENSEN, 2004).

O DPSIR foi escolhido por se tratar de um padrão conceitual aceito internacionalmente (MOLISANI, M. M. *et al.*, 2004), principalmente quando se analisa sustentabilidade em bacias hidrográficas (CASADO, 2007).

O Estado do Espírito Santo possui 12 Bacias Hidrográficas. Dentre elas está a do Rio Jucu. Ela possui 17,77% de sua área total destinada à produção agrícola, e é uma das principais

responsáveis pelo abastecimento de água da região Metropolitana da Grande Vitória, Marechal Floriano e Domingos Martins (ESPÍRITO SANTO, 2016). Em virtude da sua importância, e da carência de estudos na temática de agrotóxicos na região, escolheu-se o monitoramento do Glifosato em águas superficiais do Rio Jucu, visto que este é o princípio ativo mais frequentemente utilizado no mundo (IARC, 2016). No Brasil, de acordo com a Portaria 2914 de 2011 do Ministério da Saúde (MS) o Glifosato tem sua concentração, juntamente com a do seu metabolito AMPA limitada na água de abastecimento público em  $500 \mu\text{g.L}^{-1}$  (BRASIL, 2011).

Devido aos movimentos dos agrotóxicos no ambiente, e das eventuais limitações apresentadas na realização de um monitoramento também é relevante a avaliação da tendência de transporte dessas substâncias usadas no meio, bem como o risco ambiental através de modelos preditivos. A adoção de modelos preditivos na estimativa do risco de contaminação do ecossistema aquático pode reduzir as dificuldades de um monitoramento, porque permite entender o comportamento dos agrotóxicos no ambiente e, dessa forma, identificar locais com maior vulnerabilidade de impactos (RIBEIRO, 2010).

Os modelos preditivos podem minimizar os custos e o tempo do monitoramento, mas não excluem a importância deste, visto que o acompanhamento de parâmetros de qualidade da água constitui ferramenta básica para avaliar desequilíbrios ambientais causadas pela ação antrópica (MOLOZZI; PINHEIRO; SILVA, 2006).

Durante a pesquisa realizou-se o monitoramento quadrimestral, no Baço Sul do Rio Jucu, no Município de Marechal Floriano quanto à presença de Glifosato. Foram levantados dados secundários junto ao Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal do Espírito Santo (IDAF), Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (VIGIAGUA) e Companhia Espírito Santense de Saneamento (CESAN) no eixo água-agrotóxicos, visto que, havia insuficiência de informações na temática no Estado.

O panorama encontrado foi composto de deficiências que vão desde a fiscalização, o monitoramento, a realização das análises das amostras até a confirmação da contaminação por Glifosato do ponto monitorado conforme será mais bem detalhado em linhas posteriores deste trabalho.

## **2 OBJETIVO**

### **2.1 Objetivo Geral**

O objetivo geral do trabalho foi realizar o diagnóstico da utilização de agrotóxicos no Estado do Espírito Santo ressaltando as consequências para a água de abastecimento público do contexto encontrado.

### **2.2 Objetivos Específicos**

1. Levantar informações relacionadas ao emprego de agrotóxicos no Estado do Espírito Santo e dados da Bacia Hidrográfica do Rio Jucu;
2. Verificar a possibilidade de utilizar modelos preditivos para o Glifosato e outros três princípios ativos mais comercializados na região de estudo (Marechal Floriano);
3. Monitorar a presença do Glifosato no Braço Sul do Rio Jucu, no Município de Marechal Floriano, bem como enquadrar nas legislações brasileiras dos valores de Glifosato encontrados na água durante o monitoramento;
4. Fazer um diagnóstico do panorama do uso de agrotóxicos no Estado do Espírito Santo enfatizando as deficiências encontradas, os riscos gerados ao meio ambiente e à água de abastecimento público, bem como as possíveis medidas a serem tomadas como forma de mitigação de impactos negativos.

### **3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1 Regulamentações do uso de Agrotóxicos e Limites Permitidos na Água de Abastecimento Público**

Segundo dados do Instituto Nacional de Câncer (INCA) o Brasil é o maior mercado de agrotóxicos do mundo, ultrapassando um milhão de toneladas por ano, o que equivale a um consumo médio de 5,2 kg de veneno agrícola por habitante (BRASIL, 2015). Segundo o relatório da ANVISA e da Universidade Federal do Paraná (UFPR), o mercado nacional de agrotóxicos cresceu 190% entre 2000 e 2010, superando o crescimento mundial de 93% (DEPARTAMENTO DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE AMBIENTAL E SAÚDE DO TRABALHADOR, 2016).

O modelo de agricultura baseado no uso intensivo dos agrotóxicos exige grande resiliência dos ecossistemas, pois, além da poluição química, tal modelo se apoia amplamente no aumento de produtividade baseado na monocultura, eliminando a biodiversidade local. Sob o ponto de vista estritamente econômico, na ótica privada do agricultor, vale a pena comprar e utilizar essas substâncias. Já os danos ambientais e à saúde humana proveniente o seu uso não são carregados no processo produtivo, ou seja, nem os preços dos agrotóxicos refletem esses custos, tampouco os preços dos produtos agrícolas colocados à venda no mercado. É um custo absorvido por toda a sociedade, mas que não é diretamente percebido por ela (SOARES, 2010).

Os agrotóxicos podem ser classificados como inseticidas, fungicidas, rodenticidas, acaricidas, nematocidas, fumigantes, moluscicidas ou herbicidas, de acordo com o modo de ação do ingrediente ativo, no tipo de praga combatida ou no organismo alvo (GARCIA; BUSSACOS; FISCHER, 2005). Os herbicidas são substâncias atuantes nas ervas daninhas e foi a classe de agrotóxico mais utilizado no ano de 2012 no Brasil, respondendo por 62,6% do total de vendas no país (BRASIL, 2015).

Por serem substâncias muito empregadas e que possuem os mais diversos efeitos, os herbicidas e demais agrotóxicos têm o seu uso regulamentado por diversas leis que procuram minimizar as consequências na saúde e no meio ambiente.

O Poder Público impõe restrições ao uso, compra, dispensa e registro dos agrotóxicos e estabelece níveis toleráveis em alimentos e água como forma de diminuir o impacto gerado no meio ambiente e na saúde da população. A principal Lei relativa a agrotóxicos é a Lei nº 7.802 (Lei dos agrotóxicos) que foi aprovada em 1989, pelo Congresso Nacional e dispõem sobre:

A pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências (BRASIL, 1989).

A Lei dos Agrotóxicos foi editada em um período de intensas disputas de interesses. De um lado, a lógica do uso intensivo de insumos agrícolas, objetivando o aumento da produtividade, num período conhecido como “revolução verde”; de outro, a ascensão de movimentos ambientalistas voltados para a preservação da saúde humana e do meio ambiente, baseada no controle do modelo de produção (FRANCO, 2014).

Uma série de incentivos fiscais, financeiros e técnicos voltados para a utilização de agrotóxicos propiciaram para que o Brasil alcançasse o ranking do maior consumidor mundial de agrotóxicos e fazem com que essa situação perdure na atualidade. Além de possuir o título de primeiro lugar, o país também se tornou nos últimos anos o principal destino de produtos banidos em outras nações. Nas lavouras brasileiras são usados pelo menos 22 produtos proibidos na União Europeia e nos Estados Unidos (CARNEIRO, 2015). Dentre eles está o Tricolfon, Cihexatina, Abamectina, Acefato, Carbofuran, Forato, Fosmete, Lactofen, Parationa Metílica e Thiram (DENISE MONTEIRO, 2014). Por volta de 517 ingredientes ativos são registrados para uso agrícola no Brasil, que combinados com outras substâncias originam aproximadamente 1.458 produtos para venda (PELAEZ, TERRA e DA SILVA, 2011).

Dentre os incentivos fiscais oferecidos pelo governo estão os declarados no Convênio Confaz 100/97, ratificado pelo ato da Comissão Técnica Permanente (COTEPE) N° 17/97, em que houve a redução da base de cálculo do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) dos produtos agrotóxicos em 60%. A sua última prorrogação ocorreu pelo Convênio 49/17 onde o prazo para a redução foi estendido, até o dia 30 de abril de 2019 pelo convenio 133/17.

O governo também estabeleceu no Decreto nº 5.630, de 22 de dezembro de 2005 a redução à zero das alíquotas da Contribuição para o Programa de Integração Social e do Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público (PIS/PASEP) e da Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social (COFINS) incidentes na importação e na comercialização de agrotóxicos. Esta medida, atualmente ainda permanece vigente.

De acordo com a Lei nº 7.802/89, as responsabilidades administrativa, civil e penal pelos danos causados à saúde das pessoas e ao meio ambiente são de responsabilidade dos usuários de agrotóxico em todos os níveis, e cabe ao Poder Público a fiscalização do cumprimento da lei. Porém, devido à grande dimensão territorial do país, pelas suas extensas fronteiras terrestres, e ao avanço da produção agrícola, a prática fiscalizatória do uso dos agrotóxicos ficou muito abaixo do necessário (PELAEZ; TERRA e DA SILVA, 2011).

O Decreto nº 4.074/2002 ressalta que compete ao Ministério da Saúde avaliar e classificar toxicologicamente os agrotóxicos, seus componentes, e afins e ao Ministério do Meio Ambiente cabe realizar a avaliação ambiental dos agrotóxicos estabelecendo suas classificações quanto ao potencial de periculosidade ambiental (BRASIL, 2002). Os agrotóxicos são registrados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), que analisa a sua eficácia atendendo às diretrizes e exigências estabelecidas pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) e do Ministério da Saúde.

Porém, apesar de haver a regulamentação de procedimentos para a autorização do uso do agrotóxico no Brasil, diferentemente como ocorre com fármacos, por exemplo, a revisão periódica da autorização para venda e uso de agrotóxicos não é prevista na Lei (FRIEDRICH, 2013). Atualmente, a revisão ocorre somente quando surgem indícios de riscos à saúde humana e ocorre uma movimentação acerca do tema em órgãos internacionalmente respaldados. No entanto, entendendo a necessidade de mais objetividade, clareza, transparência e efetividade aos procedimentos de reavaliação, no dia 23 de fevereiro de 2017 a ANVISA publicou no Diário Oficial da União o prazo de 60 dias para envio de comentários e sugestões ao texto da Proposta de Regulamentação e Reavaliação Toxicológica de Ingredientes Ativos de Agrotóxicos, para substituir a Resolução da Diretoria Colegiada - RDC nº 48, de 7 de julho de 2008 que dispõe sobre os procedimentos administrativos para a reavaliação toxicológica de produtos técnicos e formulados com base em ingredientes ativos com preocupação para a saúde (BRASIL, 2017).

Os critérios de avaliação são estabelecidos em instruções normativas complementares dos órgãos competentes, considerando prioritariamente os seguintes parâmetros:

- I - toxicidade;
- II - presença de problemas toxicológicos especiais, tais como: neurotoxicidade, fetotoxicidade, ação hormonal e comportamental e ação reprodutiva;
- III - persistência no ambiente;
- IV - bioacumulação;
- V - forma de apresentação;
- VI - método de aplicação.

O Decreto nº 4.074/2002 ainda determina, no Art. 41, que importadoras, exportadoras, produtoras e formuladoras de agrotóxicos apresentem relatórios semestrais aos órgãos competentes à fiscalização na esfera federal e estadual. No Estado do Espírito Santo é representado pelo Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal (IDAF). Os relatórios contêm dados, referentes às quantidades de agrotóxicos, estoques, seus componentes e afins importados, exportados, produzidos, formulados e comercializados por classe de uso. O modelo do Relatório encontra-se no Anexo VII do referido Decreto.

Em 23 de julho de 2009, foi publicado o Decreto nº 6.913, que inseriu informações sobre o registro de Produtos “Fitossanitários” com uso aprovado para a agricultura orgânica no Decreto nº 4.074/2002.

A Lei nº 7.802, em junho de 2000, foi ampliada pela Lei nº 9.974 com a complementação de que:

Compete ao Poder Público a fiscalização da devolução e destinação adequada de embalagens vazias de agrotóxicos, seus componentes e afins, de produtos apreendidos pela ação fiscalizadora e daqueles impróprios para utilização ou em desuso, bem como a fiscalização do armazenamento, transporte, reciclagem, reutilização e inutilização de embalagens vazias dos agrotóxicos e a colaboração das empresas produtoras e comercializadoras de agrotóxicos, seus componentes e afins com o Poder Público para que seja implantado programas educativos e mecanismos de controle e estímulo à devolução das embalagens vazias por parte dos usuários (BRASIL, 2000).

Posteriormente, em 2010, foi promulgada a Lei nº 12.305, que em seu art. 33, reforça a prática da logística reversa onde o consumidor, após o uso dos agrotóxicos, deverá retornar os resíduos oriundos, como por exemplo, embalagens e restos de agrotóxicos, de forma

independente do serviço público de limpeza urbana, para os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de agrotóxicos (BRASIL, 2010).

Apesar da legislação do ano 2000 determinar a obrigação do agricultor em devolver as embalagens no estabelecimento em que os agrotóxicos foram adquiridos, muitos sem instruções valiam-se de prerrogativas como enterrá-las, queimá-las, descartá-las em rios, na lavoura e até reaproveitar as embalagens contaminadas para transportar água e alimentos, prejudicando, assim, a própria saúde. O primeiro passo para a modificação desse contexto foi a criação em 2001 do Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias (INPEV) que consiste em uma entidade sem fins lucrativos voltada a promover, em todo o Brasil, a correta destinação das embalagens vazias dos agrotóxicos (INSTITUTO NACIONAL DE PROCESSAMENTO DE EMBALAGENS VAZIAS, 2016).

O Sistema Campo Limpo é a denominação do programa gerenciado pelo INPEV para realizar a logística reversa de embalagens vazias de agrotóxicos no Brasil. Todas as regiões do Brasil são abrangidas pelo Sistema, o qual tem como base o conceito de responsabilidade compartilhada entre agricultores, indústria, canais de distribuição e poder público, conforme determinações legais, o que tem garantido seu sucesso. Algumas unidades do Campo Limpo, além dos vasilhames, estão aptas a receberem também as sobras de agrotóxicos que não serão mais utilizados, contribuindo para que os restos desses produtos não sejam descartados no meio ambiente. Desde o momento da criação do INPEV até o ano de 2016, as devoluções somam 360 mil toneladas de embalagens que tiveram a destinação feita de maneira correta. Somente no ano de 2016 foram recolhidas 44,528 toneladas em embalagens.

O Estado do Espírito Santo possui 6 postos de recolhimentos, que se situam nos Municípios de Cachoeiro de Itapemirim, Colatina, Itarana, Jaguaré, Linhares e Pinheiros.

De acordo com o INPEV, o vilão do Sistema Campo Limpo são os agrotóxicos que entram no país de forma ilícita. Como não possuem nota fiscal, não é possível fazer o seu rastreamento e consequentemente a destinação das embalagens é efetuada de forma inadequada, sendo enterradas pelos agricultores, oportunizando que resíduos atinjam o lençol freático da região, contaminando fontes e rios.

A campanha Contra Defensivos Ilegais no país, coordenada pelo Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Defesa Vegetal (SINDIVEG), divulgou dados que apontam que, até 2010, produtos falsificados representavam 5% das apreensões. Em 2013 esse número cresceu para 50%, totalizando um volume de 34,6t apreendidos ((SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE PRODUTOS PARA A DEFESA VEGETAL, 2014), 2014).

Em janeiro de 2017 a polícia deflagrou uma operação cujas investigações iniciaram-se em 2015 para se fazer cumprir 46 ordens da Justiça em Goiás e no Distrito Federal, com o intuito de combater o contrabando de produtos chineses que eram misturados aos agrotóxicos nacionais e/ou colocados em embalagens reutilizadas. A estimativa é que eles já atuem no contrabando há cinco anos. “Eles compravam o quilo do agrotóxico por R\$ 300, R\$ 400 e vendiam por R\$ 1,2 mil. Só que como eles misturavam outras coisas, faziam o produto render”, disse o delegado (SANTANA, 2017).

Aparentemente a rota dos agrotóxicos ilegais parte do Paraguai. Em caso semelhante ao anterior, em maio de 2017, foram encontrados no Estado do Paraná, 280 kg do agrotóxico *Toxam*, avaliados em R\$ 300 mil também contrabandeados do mencionado país. De acordo com a Associação Brasileira das Indústrias Químicas (ABIQUM), mais de 20% dos agrotóxicos usados no Brasil são falsificados ou contrabandeados. O comércio ilegal desses produtos movimenta R\$ 7 bilhões por ano (BRASÍLIA, 2016).

Frequentemente, nos países em desenvolvimento os agrotóxicos podem causar mais intoxicações, isso se deve ao fato de que tais produtos são vendidos em quantidades maiores, por não se ter um rigoroso controle de acesso e pela carência de programas de orientação do uso das substâncias (PHUNG, 2012). Na maior parte do Brasil os receituários são emitidos por técnicos vinculados ao próprio estabelecimento comercial, e para prejudicar ainda mais a situação, embora a Lei nº 7.802/1989 (BRASIL, 1989) e o Decreto nº 4.074/2002 (BRASIL, 2002) determinem que a prescrição de agrotóxicos deva ser feita por meio de receituário agrônomo emitido por profissional credenciado a um dos Conselhos Regionais de Engenharia e Agronomia (CREA) de cada Estado, não há nesses instrumentos normativos a obrigatoriedade de armazenamento dos receituários em meio digital e envio sob esse formato para os órgãos responsáveis pela fiscalização (MARTINI, 2016).

Nos últimos anos, o Brasil apresentou avanços nas políticas públicas no eixo agrotóxicos-saúde. Mas, em sua maior parte são relativas à contaminação de alimentos. Um exemplo é o Programa de Análises de Resíduos de Agrotóxicos – PARA, que possui o objetivo de prevenir agravos à saúde da população pela exposição aos agrotóxicos através dos alimentos, implantando assim, um monitoramento contínuo dos níveis de resíduos que chegam ao consumidor. Hoje ele é referência em relação ao controle de resíduos em alimentos.

Além dos gêneros alimentícios os agrotóxicos podem contaminar o solo, a atmosfera e os corpos hídricos (MEYBECK, 2003). Deve-se destacar que, de acordo com a Portaria do Ministério da Saúde 2914/2011, no âmbito nacional, 27 agrotóxicos possuem regulamentação, relacionada ao limite máximo permitido, na água de consumo humano. Dentre os 27 agrotóxicos será dada ênfase ao herbicida Glifosato, visto que é o mais consumido mundialmente.

De acordo com a Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, na classe 1 e 2 de águas doces é permitida uma concentração de Glifosato de  $65 \mu\text{g.L}^{-1}$  e nas águas doces da classe 3 o limite aceitado para o Glifosato é de  $280 \mu\text{g.L}^{-1}$ .

As águas Doces Classe 1 são aquelas que:

(...) podem ser destinadas, ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado, à proteção das comunidades aquática, recreação de contato primário, irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película e à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas (BRASIL, 2005).

As águas Doces Classe 2 são aquelas que:

(...) podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e à aquicultura e à atividade de pesca (BRASIL, 2005).

E as águas doces da classe 3 são aquelas que:

(...) podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado, à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras, à pesca amadora e à recreação de contato secundário (BRASIL, 2005).

A Resolução CONAMA nº 396, de 03 de abril de 2008, que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas, as concentrações de Glifosato + seu metabolito AMPA máximas permitidas são  $500 \mu\text{g.L}^{-1}$  em água para consumo humano,  $280 \mu\text{g.L}^{-1}$  para a destinada a dessedentação animal, e de  $0,04 \mu\text{g.L}^{-1}$  a  $0,13 \mu\text{g.L}^{-1}$  para água de irrigação, valores essas variáveis dependendo da taxa de irrigação por hectare (BRASIL, 2008).

De acordo com a Portaria do Ministério da Saúde nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, a concentração máxima permitida de Glifosato juntamente com o AMPA é de  $500 \mu\text{g.L}^{-1}$  L (BRASIL, 2011).

Em geral as legislações de outros países são mais restritivas. O nível máximo de concentração de um agrotóxico individual permitido na água de consumo humano na União Europeia (EU) não deve exceder  $0,1 \mu\text{g.L}^{-1}$ , enquanto a soma de todos deve ser inferior a  $0,5 \mu\text{g.L}^{-1}$ . (UNIÃO EUROPEIA, 2017). Na UE a utilização e comercialização do Glifosato é pauta de discussões recentes, visto que a licença para a venda do produto na Europa iria expirar em julho de 2016, mas por falta um consenso a respeito dos malefícios causados pela substância foi prorrogado até dezembro de 2017 (BURKE, 2016).

O uso de agrotóxicos no Brasil parece seguir o contra fluxo das exigências da economia mundial. Reforçando a afirmação anterior há o Projeto de Lei nº 6299/2002, que é composto por um conjunto de 18 regulamentos que entre outros, irá facilitar a aprovação, o registro, a comercialização, a utilização, o armazenamento e o transporte de agrotóxicos, aumentando ainda mais a presença dessas substâncias nas lavouras brasileiras, além de criar a Comissão Técnica Nacional de Fitossanitários (CTNFITO) no âmbito do MAPA. Desde fevereiro do ano 2017 o projeto de Lei aguarda audiência pública.

Em 2015, a Ministra da Agricultura Katia Abreu tentou convencer os europeus a aumentarem as exportações brasileiras de produtos agropecuários por meio da assinatura de um acordo

sanitário entre Brasil e a UE. Porém, o Parlamento Europeu deixou claro que não estão dispostos a abrir mão de certas regras de vigilância sanitária, sobretudo no que diz respeito ao uso de agrotóxicos e a produção de alimentos transgênicos que são amplamente difundidos no Brasil (VAZ, 2015). Este fato ocorrido em 2015 só reforça o antagonismo do uso de agrotóxicos versus mercado mundial.

A regulamentação e a avaliação do potencial impacto na saúde humana, assim como as consequências ambientais de substâncias químicas da água, são o principal desafio para prover a legislação nacional com avaliações de risco necessárias para decisões reguladoras (FAHEL; CAMPOS; ARAÚJO, 2013).

Um dos mecanismos previstos na legislação para controle do uso dos agrotóxicos consiste na manutenção de bancos de dados oficiais, que embora apresentem deficiências, é um importante mecanismo, para subsidiar pesquisas e tomadas de decisões, pois a informação aumenta a assertiva das soluções adotadas.

### **3.2 Banco de Dados Existentes no Brasil e no Espírito Santo Sobre Agrotóxicos**

De acordo com a pirâmide de informações de Hammond e outros apud Gallopin (1997) demonstrada na Figura 1, as informações, ou seja os dados brutos, são a base para que sejam desenvolvidos indicadores, que constituem variáveis que transmitem conhecimento sobre o estado e/ou tendência dos atributos de um sistema (GALLOPIN, 1997).

Figura 1 - Pirâmide de informações de Hammont e outros.



Fonte: Gallopin (1997, p.25).

Atualmente, dados oficiais relacionados a agrotóxicos podem ser encontradas no Sistema Nacional de Informações Tóxico-Farmacológicas (SINITOX), Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN), Comunicação de Acidente de Trabalho (CAT), Sistema de Informação sobre Mortalidade (SIM), Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (VIGIAGUA), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), nos Conselhos Regionais de Engenharia e Agronomia (CREA) por meio dos Receituários Agronômicos, nas Concessionárias de Abastecimento de Água, que no Espírito Santo é majoritariamente representado pela Companhia Espírito Santense de Saneamento (CESAN), no Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal do Espírito Santo (IDAF) e nos relatórios periódicos dos Comitês de Bacias Hidrográficas.

Alguns dados já são dispostos pela Instituição responsável no seu sítio eletrônico, porém, outros, somente são fornecidos mediante prévia justificativa apresentada ao órgão e posterior procedimento administrativo.

O SINITOX tem como objetivo coordenar a coleta, a compilação, a análise e a divulgação dos casos de intoxicação e envenenamento notificados no país. Os registros são realizados pelos Centros de Informação e Assistência Toxicológica (CIATS), localizados em vários estados brasileiros, parte deles são integrantes da Rede Nacional de Centros de Informação e Assistência Toxicológica (RENACIAT).

O SINITOX dispõe de tabelas, relacionando intoxicações ocorridas por agrotóxicos de uso agrícola, doméstico, produtos veterinários e raticidas. Seus dados mostram que os agrotóxicos são o terceiro grupo responsável pelas intoxicações, com 11,8% dos casos. No período de 2007 a 2011 foram registrados 26.385 casos de intoxicações por agrotóxicos de uso agrícola e 13.922 por agrotóxicos de uso doméstico (BOCHNER *et al.*, 2015.).

O SINAN contém informações oriundas da notificação e investigação de casos de doenças e agravos que constam da lista nacional de doenças de notificação compulsória, mas cada localidade pode incluir problemas de saúde importantes em determinada região. Sua utilização efetiva permite a realização do diagnóstico dinâmico da ocorrência de um evento na população, podendo fornecer subsídios para explicações causais dos agravos de notificação compulsória, além de vir a indicar riscos aos quais as pessoas estão sujeitas, contribuindo

assim, para a identificação da realidade epidemiológica de determinada área geográfica (BRASIL, 2017). Todavia, o que se observa é que os registros de intoxicações por agrotóxicos no SINAN têm sido escassos em todo o Brasil (LONDRES, 2011).

A CAT é um documento emitido para reconhecer tanto um acidente de trabalho ou de trajeto bem como uma doença ocupacional (BRASIL, 2017). Uma das suas maiores limitações é o fato de ser restrita a segurados do Instituto Nacional do Seguro Social (INSS). Por várias razões, a utilização da CAT como fonte de informação em acidentes de trabalho rural traz um importante sub-registro, que é ainda mais grave nas intoxicações por agrotóxicos, cujo diagnóstico muitas vezes não é realizado (FARIA, *et al.*, 2007).

O SIM foi desenvolvido pelo Ministério da Saúde e possui variáveis que permitem, a partir da *causa mortis* atestada pelo médico, construir indicadores e processar análises epidemiológicas que contribuam para a eficiência da gestão em saúde (BRASIL, 2017).

De acordo com Bochner (2015), a análise dos óbitos decorrentes de intoxicações ocupacionais por agrotóxicos, registrados pelo SIM, trouxe à tona um problema grave de saúde pública: a subnotificação ou notificação irregular dos óbitos causados por esses agravos, fato que acaba dificultando não só as pesquisas como também as adoções de medidas judiciais contra as empresas produtoras de agrotóxicos.

Vários sistemas oficiais registram intoxicações por agrotóxicos no país, mas nenhum deles tem atuado adequadamente como instrumento de vigilância deste tipo de agravo, visto que há também a dificuldade em separar o agravo gerado por acidente ocupacional de outras fontes de contaminação como a água e os alimentos (FARIA; FASSA; FACCHINI, 2007).

O VIGIAGUA executa um conjunto de ações adotadas continuamente para garantir que a água consumida pela população atenda ao padrão de potabilidade estabelecido na legislação vigente, bem como avaliar e prevenir os possíveis riscos que os sistemas e as soluções alternativas de abastecimento de água podem representar à população abastecida, abrangendo todo o sistema de produção de água potável, desde a captação até o ponto de consumo, incluindo estações de tratamento, reservatórios e sistemas de distribuição.

Uma das Ferramentas do VIGIAGUA é o Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (SISAGUA) que compõe-se de um banco de dados, construído com base na Portaria do MS nº 2.914/2011, e tem como objetivo auxiliar o gerenciamento de riscos à saúde associados à qualidade da água destinada ao consumo humano, como parte integrante das ações de prevenção de agravos e de promoção da saúde, previstas no Sistema Único de Saúde, além de armazenar informações cadastrais sobre os sistemas e soluções alternativas de abastecimento de água para consumo humano, e sobre a qualidade da água proveniente de cada uma das formas cadastradas (BRASIL, 2017).

A entrada de dados é dividida, basicamente, em três partes: Cadastro, Controle e Vigilância, que possuem as seguintes finalidades.

O módulo de Cadastro tem como finalidade armazenar informações sobre as características físicas e operacionais das formas de abastecimento de água utilizadas pela população. O módulo de Controle tem como finalidade armazenar informações sobre o monitoramento da qualidade da água realizado pelos responsáveis pelo abastecimento coletivo de água para consumo humano. Por fim, o módulo de Vigilância tem como finalidade armazenar informações sobre as inspeções sanitárias das formas de abastecimento de água e sobre o monitoramento da sua qualidade realizado pelo setor saúde (BRASIL, 2017).

O SISAGUA contém informações a respeito do Cadastro de Sistema de Abastecimento de água para consumo humano (SAA), Solução Alternativa Coletiva (SAC) e Solução Alternativa Individual (SAI); da Infraestrutura de abastecimento de água; Localidades e população abastecidas; Qualidade da água e condições do abastecimento de água e Instituições responsáveis pelo abastecimento.

Ao IBAMA cabe a consolidação dos dados fornecidos pelas empresas que possuam registros de produtos agrotóxicos em cumprimento do artigo 41 do Decreto nº 4.074 de 2002, divulgando-os em relatórios anuais, nos quais apresenta as quantidades comercializadas por ingrediente ativo. Entretanto no seu sítio eletrônico não há acesso aos relatórios e consta a seguinte informação:

O acesso ao serviço - Relatório Semestral de Agrotóxico somente estará disponível nos Serviços do IBAMA, para as pessoas físicas e jurídicas que possuem Comprovante de Registro do Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras ou Utilizadoras de Recursos Naturais (CTF) e disponham de Certificado de Regularidade válidos (BRASIL, 2017).

O IBGE traz nos seus Indicadores de Desenvolvimento Sustentável disponibilizado no Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA, entre outras informações, a quantidade de agrotóxicos comercializados em cada Unidade Federativa de acordo com as classes dos agrotóxicos. No SIDRA não constam informações a nível de Municípios.

A quantidade comercializada não significa que tenha sido de fato usada. Ocorrem casos em que o produto comprado não é necessário. Contudo, essas informações de comercialização são uma boa aproximação do consumo de agrotóxicos. Apesar do grande subsídio disponibilizado pelo IBGE, os indicadores de Desenvolvimento Sustentável carecem de informações em nível de Estado e Município.

O IDAF é uma autarquia do governo estadual do Espírito Santo, vinculada à Secretaria de Estado da Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca (SEAG) e é o órgão responsável pela execução da política cartográfica e agrária no que se refere às terras públicas e a defesa sanitária das atividades agropecuárias e florestais no território do Espírito Santo. Ele é composto por diversos departamentos, dentre eles, o de Defesa Sanitária e Inspeção Vegetal (DDSIV) que possui a função de fiscalização do trânsito de vegetais e o monitoramento e controle das principais pragas que atacam a agricultura capixaba, além do comércio e uso de agrotóxicos, seus componentes e afins e destino final das embalagens vazias dessas substâncias.

Embora seja o maior consumidor mundial de agrotóxicos, o Brasil continua carente em sistemas de informações integrados que tragam elementos a respeito da venda, consumo, aplicação, aspectos ambientais e ocupacionais do uso de agrotóxicos, e que sejam atualizados com frequência.

### **3.3 Glifosato, o Herbicida mais Consumido Mundialmente: Impactos Ambientais e Risco à Saúde Humana**

Em 1970, a empresa Monsanto utilizou o Glifosato como ingrediente ativo para herbicidas sob o nome comercial *Roundup*. Em 1974 foi registrado pela primeira vez para uso na Malásia e no Reino Unido e em 1976 nos Estados Unidos. O Brasil recebeu sua primeira amostra para testes em 1972 e em 1978 a substância, ainda importada, chegava ao País para

ser vendida. Foi somente em 1984 que a produção passou a ser nacional. Atualmente o *Roundup* é a formulação mais comercializada no mundo e possui registro em mais de 120 países (MONSANTO, 2016).

Após a perda da patente pela Monsanto no ano 2000, outras empresas passaram a fabricar herbicidas utilizando o Glifosato como princípio ativo, perfazendo atualmente mais de 750 produtos (GREENPEACE, 2016).

O Glifosato é um herbicida pós-emergente, ou seja, capaz de eliminar as plantas já germinadas. Normalmente é de uso não seletivo, porém, pode tornar-se seletivo caso seja aplicado no pré-plantio sobre a comunidade infestante. De maneira usual é adotado para controle de gramíneas e folhas largas anuais e perenes (GOULART, 2015). É empregado em diferentes culturas como, por exemplo, café, cacau, citros, cana-de-açúcar, uva, pera, maçã, ameixa, pêsego, nectarina, banana seringueira, arroz, soja, milho, trigo e cana-de-açúcar e ainda na renovação e na manutenção de pastagens, capinas químicas e nas culturas de Pinus e Eucalipto (MONSANTO, 2016).

Após a pulverização, o Glifosato é absorvido moderadamente pela cutícula da folha, necessitando em média de 6 horas sem chuvas após sua aplicação, para haver controle adequado das plantas. É possível que a absorção relativamente lenta de Glifosato ocorra devido ao valor muito baixo de  $\log K_{ow}$  (coeficiente de partição) cujo valor é próximo a -4 (MARTINI; JUNIOR; DURIGAN, 2003). Este coeficiente define se um composto é hidrofóbico ou hidrofílico e informa o potencial de volatilidade de uma substância. Desse modo, esse parâmetro pode nortear o comportamento, transporte e destino de determinados poluentes no sistema solo-água (CARMO, 2013).

Após a substância penetrar nas regiões clorofiladas da planta, ela age inibindo a síntese do 5-enolpiruvilchiquimato-3-fosfato, que é uma enzima aromática precursora dos aminoácidos tirosina, triptofano e a fenilalanina (MARCHI; MARCHI; GUIMARÃES, 2008). A via do chiquimato, como é conhecida a síntese do 5-enolpiruvilchiquimato-3-fosfato, também ocorre em organismos microbianos e estes podem ser afetados pelo Glifosato (NGUYEN, 2016).

A atividade do herbicida é reforçada ainda mais por meio de aditivos como surfactantes, cuja finalidade é impedir a formação de gotas durante a aplicação evitando a dispersão do produto

além de facilitar a absorção do Glifosato pelas plantas. No caso do *Roundup*, o surfactante de maior concentração é o polioxietilenamida (POEA) (LEAPER; HOLLOWAY, 2000). Hedberg e Wallin (2010) sugeriram que a mesma função que POEA exerce aumentando o transporte de Glifosato para células vegetais, acaba facilitando a permeabilidade do agrotóxico em células animais.

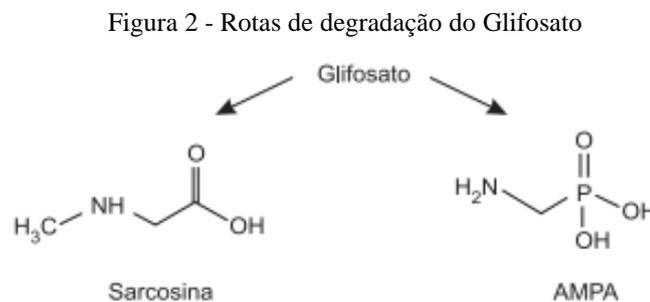
O Glifosato possui fórmula química  $C_3H_8NO_5P$  e três grupos funcionais polares (amina, carboxila e fosfonato) que pode ligar-se a metais e cátions polivalentes, colocando-o na classe de herbicidas quelantes (DOLLINGER, 2015). Quelantes são substâncias capazes de fixar íons metálicos através de um fenômeno físico químico, porém sem constituir uma união química com a substância quelante (MANAHAN, 2016).

Devido a esta propriedade, o Glifosato foi usado primeiramente pela *Stauffer Chemical Company* em 1964, para a remoção de depósitos minerais em tubulação das caldeiras e de outros sistemas de água quente, conforme se pode conferir na Patente nº 3.160.632 dos EUA (POPOV; RÖNKKÖMÄKI; LAJUNEN, 2001). Por sua vez, em 1970 sua patente foi transferida para a Monsanto como já referido anteriormente.

A substância funde-se a  $185^{\circ}C$  e degrada-se a  $187^{\circ}C$ . As suas características químicas são fortemente dependentes do pH, devido aos quatro hidrogênios ionizáveis em seus grupos funcionais com valores de pK 2,0, 2,6, 5,6 e 10,6 (SPRANKLE, 1975). É considerado um herbicida anfótero, possui densidade de  $1,18g.mL^{-1}$  a  $25^{\circ}C$  e solubilidade em água de  $12 g.L^{-1}$ . No solo, o Glifosato possui alta capacidade de sorção, chegando a apresentar valores de coeficiente de sorção da ordem de  $1.188 L.kg^{-1}$  para solos orgânicos (CHEAH; KIRKWOOD; LUM, 1997).

O tempo de meia vida do Glifosato é de 1 a 174 dias variando de acordo com o tipo de solo, e em ambiente aquático é de 1 a 47 dias (DICK; QUINN, 1995). Estudo realizado em águas australianas demonstrou que o Glifosato é moderadamente persistente no meio, em condições de baixa luminosidade, e altamente persistente no escuro. Apontou, ainda, que sua estabilidade varia sensivelmente com a influência da temperatura entre  $25^{\circ}C$  e  $31^{\circ}C$ , e devido à afinidade com a matéria orgânica, pode ser transportado por longas distâncias junto com as correntes ou se depositar nos sedimentos (MERCURIO, 2014).

A degradação do Glifosato em meio natural pode seguir duas rotas. A primeira, menos frequente, acontece por ação da bactéria *Agrobacterium radiobacter* ou da *Enterobacter aeroneges*, que possuem enzimas C-P liases que quebram as ligações entre Carbono e Fosforo transformando o Glifosato em sarcosina, que é absorvida pelo metabolismo destes microrganismos e de outros. E a segunda rota consiste na transformação do Glifosato em AMPA, através de clivagem da molécula pela ação das bactérias *Anthrobacter atrocyaneus* e *Flavobacterium sp.* com posterior formação de Metilanina desidrogenase e ácido Formaldeído (DE AMARANTE JUNIOR, 2002). As duas rotas são exemplificadas na Figura 2.



Fonte: Amarante Junior e outros (2002, p.592).

Wang e outros (2016) investigaram o destino do Glifosato no sistema água-sedimento, mostrando o importante papel desempenhado pelas características dos sedimentos no processo de degradação do Glifosato. A via da sarcosina foi a primeira a ocorrer, associados ao crescimento microbiano, enquanto a via do AMPA ocorreu mais tarde. Ambas as vias contribuem para a degradação de herbicidas. Kanissery e outros (2015) não observaram nenhuma degradação do Glifosato em solos esterilizados, independentemente de condições de oxigenação.

O AMPA é o principal metabolito do Glifosato (FORLANI *et al.*, 1999). Porém, na natureza também pode ser proveniente de outras fontes, pois está presente nos seguintes detergentes fosfanatos: Ácido aminotrimethylene-fosfónico, Ácido etilenodiaminotetra-metilenofosfónico e Ácido dietilenotriamina-pentametileno (JAWORSKA *et al.*, 2002; BOTTA *et al.*, 2009; HANKE *et al.*, 2010).

A solubilidade em água do AMPA é de  $5,8 \text{ g.L}^{-1}$  e sua meia vida no solo é entre 76 e 240 dias, sendo superior à do Glifosato (FARENHORST *et al.*, 2009). O AMPA é um composto muito anfótero, com constantes de dissociação 0,9; 5,6 e 10, 2. (DE LLASERA, *et al.*, 2005).

Os aspectos ambientais, as características físico-químicas do agrotóxico e a frequência com que este é aplicado no meio podem causar diversos impactos. Ao contrário da maioria dos outros herbicidas agrícolas comuns, que são empregados principalmente na agricultura e silvicultura, herbicidas à base de Glifosato também são populares para uso doméstico em gramados e jardins. A utilização por indivíduos não treinados e que, conseqüentemente, não adotam as devidas precauções para uma aplicação segura, também pode contribuir para a contaminação dos aquíferos (HANKE *et al.*, 2010). O uso do herbicida em meio urbano pode contaminar áreas próximas às estações de tratamento de águas ou galerias pluviais aumentando ainda mais o risco de contaminação do meio ambiente e da população (KOLPIN *et al.*, 2006).

Segundo a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA), risco é a combinação da gravidade de um dano e a probabilidade de ele ocorrer (BRASÍLIA, 2002). Apesar de muitos riscos serem decorrentes do incremento técnico-científico, este também permitiu o aprimoramento de testes laboratoriais, modelagens ambientais, simulações em computadores e avaliação na engenharia gerando avanços para identificar e medir os riscos. Concomitantemente, houve o crescimento no número de cientistas que passaram a ter como foco de seu trabalho os riscos à saúde, segurança e ao meio ambiente, contribuindo para o crescimento de dados quantitativos formais que podem ser utilizados para os processos decisórios sobre gerenciamento, associado à ampliação do papel do governo na avaliação de riscos (COVELLO; MUMPOWER, 1985).

Os riscos ambientais “resultam da associação entre os riscos naturais e os riscos decorrentes de processos naturais agravados pela atividade humana e pela ocupação do território” (VEYRET, 2007).

A avaliação de risco ambiental ou impacto ambiental é definido como qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causado por alguma forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança, o bem-estar das populações, as atividades sociais e econômicas, a biota e a qualidade dos recursos oferecidos pela natureza (SPADOTTO, 2002). O impacto ambiental

determina o risco sobre o homem e organismos benéficos não-alvo. Neste caso, a avaliação é feita levando em consideração a população desses organismos e não o indivíduo *per si*.

De acordo com a Agência Embrapa de Informação Tecnológica, para se avaliar o risco, deve-se determinar que tipo de dano é causado pela concentração e tempo exposição ao agente em questão e qual o efeito gerado na população sujeita a esse agente (CAPALBO, 2016). A avaliação tem como base a proteção da saúde humana e da sociedade como um todo.

Através das vias alimentares, de exposição ocupacional e de maneira mais silenciosa e menos estudada através da via ambiental, a aplicação de agrotóxicos tem gerado diversos impactos negativos. Águas superficiais e subterrâneas são um importante via ambiental de contaminação por agrotóxicos, (GHOSH; PHILIP, 2006) visto que a contaminação de um sistema hídrico não atinge apenas a população local (VEIGA *et al*, 2006).

As variadas formas de contato fazem com que traços de agrotóxicos ou de seus metabolitos possam ser encontrados em tecidos biológicos de grande parte da população do mundo. Este fato apresenta consequências ainda mais evidentes em indivíduos mais sensíveis tais como as crianças, idosos, fetos em desenvolvimento e imunossuprimidos (BLAIR, 2015).

Muitos estudos de qualidade da água têm mostrado que os agrotóxicos, juntamente com os hidrocarbonetos e os metais pesados estão entre os mais importantes contaminantes químicos dos sistemas aquáticos (DIAZ *et al.*, 2007 apud CARNEIRO, 2015).

Alguns produtos químicos, quando presentes no meio ambiente, dentre eles os agrotóxicos, são conhecidos como disruptores endócrinos. Estes têm a propriedade de causar efeitos adversos no corpo por antagonizar ou imitar hormônios naturais (AKTAR, 2009).

A persistência dos agrotóxicos nos solos, ar e água também pode propiciar a ocorrência do fenômeno da bioacumulação e, através da cadeia alimentar, alcançar os seres humanos (ALI, 2014).

Em 2015, ao revisar mais de 400 estudos, a Agência Internacional de Pesquisa do Câncer (IARC), vinculada a Organização Mundial de Saúde (OMS), avaliou o Glifosato, princípio ativo mais consumido mundialmente, como "provavelmente cancerígeno". Esta qualificação

pouco precisa decorre em razão do número limitado de estudos a respeito das exposições em seres humanos e também à presença de informações antagônicas. Uns afirmam que o Glifosato traz uma série de malefícios, outros defendem a inofensividade do composto. No entanto, na literatura é possível encontrar vários estudos usando diferentes modelos experimentais e indicadores ambientais que confirmam que o Glifosato é uma substância que gera vários riscos.

Saxton e outros (2011) alegam que o Glifosato em sistemas de água doce exerce efeitos positivos e sobretudo negativos em comunidades microbianas distintas. O composto age como uma fonte de nutrientes para os microrganismos que são tolerantes ao herbicida, podendo ocasionar o fenômeno da eutrofização artificial que está associado ao aumento excessivo da produção de biomassa de produtores primários, devido às elevadas concentrações de nutrientes e formação de uma barreira à luminosidade nas diversas camadas do corpo hídrico pela biomassa que foi produzida (HUTCHINSON *et al.*, 1993). Mas, o Glifosato também atua como um tóxico para os microrganismos que não são tolerantes a ele.

Séralin (2014) avaliou durante dois anos os efeitos na saúde de ratos (n amostral total =200 animais) alimentados por milho contendo 0,1 ug. L<sup>-1</sup> de Glifosato comercial e verificou através de análises bioquímicas de sangue, urina e cortes histológicos que ocorreram insuficiências renais significativas, tanto em machos quanto fêmeas, onde 76% dos parâmetros alterados nos animais estavam relacionados aos rins. Nos machos os problemas hepáticos foram de 2,5 a 5,5 vezes maiores que nas fêmeas, e a segunda estrutura mais lesionada foi a glândula hipófise. Estes resultados podem ser explicados através das perturbações endócrinas encontradas nos animais que entraram em contato com o Glifosato.

Teste de toxicidade crônica foi realizado por Cuhra (2013), usando invertebrados aquáticos *Daphnia magna*. Os animais foram distribuídos em 110 recipientes dos quais foram testados com soluções de Glifosato comercial (*Roundup*) e formulação pura nas concentrações de 0,05; 0,15; 0,45; 1,35 e 4,05 mg.L<sup>-1</sup> de ingrediente ativo.

Foram analisadas a sobrevivência ao longo do ciclo de vida, o crescimento do tamanho corporal em diversas fases do desenvolvimento do animal, a fecundidade, a taxa de aborto e o tamanho do corpo da prole. O *Roundup* produziu efeitos adversos mais graves do que o Glifosato isolado. A exposição crônica a 0,05 e 0,15 mg.L<sup>-1</sup> de *Roundup* reduziu

significativamente o tamanho do corpo juvenil em comparação com o grupo de controle (CUHRA, 2013).

Não foram observados efeitos significativos nas taxas de fecundidade ou aborto em concentrações de 0,05-0,45 mg.L<sup>-1</sup> para o Glifosato puro, mas na exposição a *Roundup* a 0,45 mg.L<sup>-1</sup> foi representativa a redução da fecundidade e aumento da taxa de aborto. Após a exposição a *Roundup* na concentração de 1,35 mg.L<sup>-1</sup>, o crescimento ficou prejudicado e todos os ovos foram abortados (CUHRA, 2013).

O autor Cuhra (2013) concluiu que foram encontrados efeitos negativos decorrentes da exposição crônica em concentrações muito baixas de Glifosato que eventualmente podem ser esperadas em algum corpo hídrico.

Em uma simulação realizada com 10 lagos artificiais, dos quais 5 eram controle e 5 possuíam concentração de 8 mg.L<sup>-1</sup> de Glifosato, foi constatado que houve um retardo na colonização do perifitom como provável consequência do efeito toxicológico atribuída ao composto. No estudo verificou-se que as diatomáceas tiveram seu crescimento reduzido, entretanto, o das cianobactérias aumentou por possuírem vários mecanismos de resistência ao Glifosato. O crescimento das cianobactérias é um agravante, pois produzem cianotoxinas de difícil remoção da água (VERA, 2010).

Na Nova Zelândia foi realizado um experimento, utilizando aquários com concentração de Glifosato dentro do limite aceitável designado pelas autoridades reguladoras do país, que é de 370 ug.L<sup>-1</sup>. Como consequência, foram observados efeitos sinérgicos, que poderiam aumentar o risco de doenças em peixes. Esses resultados têm implicações importantes, na identificação de riscos para comunidades aquáticas, e sugerem que o limite de Glifosato atualmente definido pelas autoridades reguladoras não protege adequadamente os sistemas de água doce (KELLY, 2010). No Brasil, a concentração permitida de Glifosato + AMPA pela legislação para águas de classe dois é ainda maior: 500 ug.L<sup>-1</sup>(BRASIL, 2011).

Paganeli (2010), usando modelo de experimentação animal de embriões de anfíbios da espécie *Xenopus laevis* incubados em meio contendo diluições de 1/5000 de Glifosato comercial, concluiu que os embriões tratados foram altamente anormais com acentuadas alterações no desenvolvimento da crista cefálica e neural e encurtamento do eixo ântero-

posterior. Embriões injetados com Glifosato puro mostraram fenótipos muito semelhantes, sugerindo para este ensaio, e estas alterações, ser o Glifosato, e não os agentes tensoativos contidos na formulação comercial, o principal causador das malformações. O efeito direto do Glifosato sobre mecanismos iniciais de morfogênese em embriões de vertebrados abre preocupações sobre os achados clínicos da população humana e demais vertebrados expostos ao herbicida.

Existe evidência direta de que o Glifosato inibe a transcrição de RNA (ácido ribonucleico) em animais, mesmo quando expostos a concentração baixa do agrotóxico (MARC, 2005).

A contaminação real das populações pelo Glifosato é mal caracterizada, pois seus resíduos podem ser encontrados em diversas fontes. Carne de bovinos alimentados com soja transgênica pulverizadas pelo herbicida podem conter a concentração de até  $2000 \text{ ug.L}^{-1}$ , e também são encontrados resquícios dos herbicidas em águas superficiais contaminadas mesmo longe da área de cultivo. A onipresença de Glifosato em alimentos e na água pode significar que ele é regularmente ingerido, não se sabendo quais são todas as consequências da exposição crônica à substância (MESNAGE, *et al.* 2015).

O Glifosato pode afetar interações de dois dos organismos mais importantes do solo: as minhocas e as micorrizas (associações mutualísticas de fungos e raízes das plantas que possibilitam maior absorção de nutrientes). No trabalho realizado por Zaller (2014) aplicou-se, conforme determinava a bula, o herbicida comercial *Roundup* de concentração de  $7,2 \text{ g.L}^{-1}$  de ingrediente ativo Glifosato, em solo com plantas da espécie *Trifolium repens L*, minhocas *Lumbricus terrestris* e os fungos micorrízicos arbusculares *Glomus mosseae*. Como consequência, constatou-se que o *Roundup* diminuiu as atividades da minhoca e houve uma redução de 40% no processo de formação das micorrizas após aplicação de *Roundup* em solos.

Há uma falta crítica de dados especialmente sobre a exposição à água, para compreender os efeitos toxicológicos, se houver, de AMPA em seres humanos (GRANDCOIN, 2017).

Domínguez (2016) analisou a mortalidade e reprodução das espécies de minhocas *Eisenia andrei* na presença do AMPA, utilizando método padrão de ecotoxicologia do solo. As concentrações de AMPA relevantes para o campo não tiveram efeitos expressivos na

mortalidade em ensaios agudos ou crônicos. Na concentração mais elevada de (100 a 1.000  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ ) foi observado uma perda significativa de biomassa. O número de juvenis e casulos aumentou com maiores concentrações de AMPA aplicada, mas seus pesos médios diminuíram. Esta perda de massa indica maior sensibilidade dos juvenis do que os adultos à AMPA e um possível transtorno de reprodução causado por ele.

Tendo em vista os impactos apontados em linhas anteriores, fica evidente a importância da análise da concentração de Glifosato em corpos hídricos a fim de se propiciar a indicação de possíveis impactos na saúde, gerados pelo uso e consumo de águas contaminadas.

Dentre as diversas técnicas de detecção do Glifosato e AMPA destaca-se a cromatografia iônica. A União Internacional de Química Pura e Aplicada (UPAC) define a cromatografia iônica como um método físico-químico de separação nos quais os componentes de uma mistura são distribuídos entre duas fases de acordo com a afinidade (MARQUES; DANTAS; PIRES, 1999).

A molécula do Glifosato apresenta elevada polaridade e ausência de cromóforo. Por estes motivos, a determinação do Glifosato por cromatografia líquida, de detecção UV, colorimétrica ou de fluorescência, necessita de adaptações que permitam seu uso. Tais adaptações incluem, basicamente, reações de derivatização ou, ainda, alteração de alguma propriedade física que possa ser relacionada à quantidade de Glifosato na amostra (DE AMARANTE, 2002).

A técnica mais utilizada para a análise de Glifosato e AMPA é a cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) também conhecida por *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC), a Cromatografia de troca iônica ou cromatografia de íons é uma subdivisão da CLAE, com a vantagem de não necessitar da derivatização do composto para produção de substâncias que interajam com radiação eletromagnética (JAN, *et al.*, 2009). A Cromatografia iônica é capaz de acusar a presença de Glifosato e AMPA sem a necessidade de interferir na molécula, reduzindo os riscos de erros técnicos, de interferentes e contaminações na amostra.

Na cromatografia iônica, a fase estacionária é sólida e contém grupos funcionais que podem fixar íons como resultado de forças eletrostáticas. Por sua vez, a fase móvel é fluida.

As substâncias só podem ser separadas com sucesso quando os coeficientes de distribuição e fatores de retenção dos componentes diferirem suficientemente uns dos outros. O procedimento de separação cromatográfica é mostrado na forma de um cromatograma, no qual um sinal de um detector é registrado em função do volume ou do tempo de eluição da fase móvel. Diferentes métodos são usados para a detecção sendo o por condutividade muito usual (EITH *et al.*, 1996).

De acordo com a Lei de Kohlrausch, a condutividade de uma solução diluída é proporcional à soma das condutividades de todos os íons multiplicada por suas concentrações, e a mudança na condutividade causada pelo analito é proporcional à sua concentração na amostra (EITH *et al.*, 1996).

Observa-se, assim, que o método da cromatografia iônica se apresenta como o mais adequado para a quantificação de Glifosato e AMPA que possa constar nas amostras de águas superficiais. Mas, os outros métodos de análise para a detecção do Glifosato também se mostram satisfatórios.

O monitoramento requer recursos financeiros e humanos, que podem ser minimizados através de modelos preditivos que têm como função restringir a coleta apenas a áreas de maior probabilidade de ocorrência do contaminante.

### **3.4 Modelos Preditivos**

O monitoramento de agrotóxicos pode demandar níveis elevados de custo e tempo. Por isso, mediante a necessidade de priorizar o monitoramento em áreas onde realmente se é necessário, os modelos preditivos, compostos por funções matemáticas capazes de converter um conjunto de dados de variáveis de entrada em uma variável de resposta e simular um cenário presente ou futuro, podem ser uma alternativa para um rastreamento prévio antes de delimitar a área a ser monitorada. Os modelos de simulação devem ser simples e requererem parâmetros de entrada acessíveis (BERENZEM *et al.*, 2005; RIBEIRO, VIEIRA, 2010).

A quantidade cada vez maior de informações sobre o comportamento de agrotóxicos no solo e no ambiente possibilitou um aumento da compreensão destes fenômenos e também permitiu a

formulação de modelos matemáticos associados a *Softwares* de simulação mais sofisticados (LI *et al.*, 2001).

### 3.4.1 Software Agroscre como Ferramenta para o Método de Goss

Segundo o método de Goss, o transporte de agrotóxicos pode ser enquadrado em dois grupos: transporte de agrotóxicos dissolvidos em água e do transporte adsorvido ao sedimento, sendo classificados como de alto, médio e baixo potencial. Este procedimento de rastreio é uma avaliação de primeira ordem do impacto da utilização de um determinado agrotóxico em um tipo de solo específico (MARTINI, 2012).

Quadro 1 - Cláusulas e regras para o método GOSS

Potencial de transporte associado ao sedimento			
Potencial de transporte	Meia vida no solo em dias ( $t_{1/2}$ )	Coefficiente de adsorção da matéria orgânica ( $K_{oc}$ ) ( $mL.g^{-1}$ )	Solubilidade em água ( $S_w$ ) ( $mg.L^{-1}$ )
Alto potencial	$\geq 40$	$\geq 1000$	-
	$\geq 40$	$\geq 500$	$\leq 0,5$
Baixo potencial	$< 1$	-	-
	$\leq 2$	$\leq 500$	-
	$\leq 4$	$\leq 900$	$\geq 0,5$
	$\leq 40$	$\leq 500$	$\geq 0,5$
	$\leq 40$	$\leq 900$	$\geq 2$
Médio Potencial	Caso não atenda a nenhuma das regras do Alto e do Baixo potencial		
Potencial de Transporte dissolvido na água			
Alto potencial	$> 35$	$< 100000$	$\geq 1$
	$< 35$	$\leq 700$	$\geq 10$ e $\leq 100$
	-	$\geq 100000$	-
Baixo potencial	$\leq 1$	$\geq 100$	-
	$< 35$	-	$< 0,5$
Médio Potencial	Caso não atenda a nenhuma das regras do Alto e do Baixo potencial		

Fonte: Goss (1992, p. 703).

O AGROSCRE é um programa computacional gratuito elaborado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) em linguagem *Quick Basic* 4.5, para facilitar a avaliação de princípios ativos de agrotóxicos pelo método de *GOSS*.

### 3.4.2 *Software* ARAquá: Auxiliador nas Avaliações de Riscos Ambientais de Agrotóxicos em Cenários de Uso Agrícolas

O *Software* ARAquá foi desenvolvido pela EMBRAPA para auxiliar nas etapas iniciais das avaliações de riscos ambientais causados por agrotóxicos, através da comparação de suas concentrações estimadas em locais de uso agrícola com parâmetros de qualidade de água, considerando as possíveis contaminações de corpos d'água superficiais e subterrâneos através da lixiviação e pelo processo de carreamento superficial (SPADOTTO, 2009). Utiliza dados referentes ao local, solo e agrotóxico para a realização de seus cálculos. O Quadro 2 relaciona as informações necessários para o uso do *Software*.

Quadro 2 - Dados necessários para aplicação do *Software* ARAquá

Com relação aos agrotóxicos:	Com relação à localidade:	Com relação ao solo:
1. Ingrediente Ativo 2. Dose do Agrotóxico (g/ha) 3. Coeficiente de Sorção (mL/g) 4. Meia - Vida (dias) 5. Padrão de Potabilidade ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) 6. Toxicidade aguda para animais aquáticos 7. Toxicidade aguda para plantas	1. Declividade do terreno (%) 2. Interceptação pelas Plantas (%) 3. Largura da faixa de contenção (m) 4. Coeficiente de Escoamento Superficial	1. Profundidade (cm) 2. Capacidade de Campo (v/v) 3. Densidade do solo ( $\text{g/cm}^3$ ) 4. Carbono Orgânico (v/v)

Fonte: Embrapa (2017).

A estimativa da concentração do agrotóxico na água superficial, por sua vez, é feita considerando um panorama conforme definido por PARKER, JONES e NELSON, (1995), no qual uma área cultivada de 10 hectares está localizada ao redor de um “lago padrão” de 1ha e 2m de profundidade. Nesse cenário, a precipitação que incide na área cultivada contribui integralmente, através do escoamento superficial, para o abastecimento do lago. Assim, os cálculos do carreamento do agrotóxico na superfície do solo e da consequente concentração no corpo d'água superficial são feitos a partir dos dados de entrada de quantidade de massa de solo erodido e de volume de água escoada (SPADOTTO, 2010).

A estimativa da perda de agrotóxico na água escoada superficialmente  $M$  ( $\mu\text{g}$ ) é feita com base na “*simplified formula for indirect loadings caused by run-off*” – SFIL (OECD, 1999), considerando a dose de agrotóxico, como segue:  $D$  é a dose do agrotóxico ( $\text{g/ha}$  convertida em  $\mu\text{g/ha}$ );  $c$  é o coeficiente de escoamento superficial, que é a proporção entre volume de água escoada e volume da precipitação;  $f$  é um fator de correção; a meia-vida do agrotóxico no solo está representada como  $t/2$  (dias) e o seu coeficiente de sorção como  $Kd$  ( $\text{ml/g}$ ). O cálculo é representado na Equação 1.

$$M = D \cdot c \cdot f \cdot \exp \left( -3 \cdot \frac{0,693}{t/2} \right) \cdot \frac{100}{1 + Kd} \quad (1)$$

Desde 2013, o Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IBAMA) adota o ARAquá como ferramenta para a avaliação de risco ambiental e requisito para o registro e uso de agrotóxicos no Brasil.

Além dos modelos citados há outros cuja utilidade é apontada pela literatura e são mencionados pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (UNITED STATES, 2017) que podem ser conferidos de maneira resumida no Quadro 3.

Quadro 3 - Exemplos de modelos preditivos

<i>Surface Water Concentration Calculator (SWCC)</i>	O SWCC estima as concentrações de agrotóxicos nos corpos d'água que foram oriundos de aplicação em terra. O SWCC é projetado para simular a concentração ambiental de um agrotóxico na coluna de água e sedimentos e é usado para fins regulatórios pelo Escritório de Programas de Pesticidas (OPP) da EPA.
<i>Kow (based) Aquatic BioAccumulation Model (KABAM)</i>	O KABAM é utilizado para estimar o potencial de bioacumulação de agrotóxicos em organismos aquáticos de água doce e os riscos subsequentes para mamíferos e aves que se alimentam desses organismos aquáticos contaminados por agrotóxicos.
<i>FQPA INDEX RESERVOIR SCREENING TOOL (FIRST)</i>	O FIRST é um programa para estimar as concentrações de agrotóxicos a curto e longo prazo na água não tratada. O programa considera as reduções na concentração dissolvida devido à adsorção do agrotóxico ao solo e ao sedimento. Leva em conta também a degradação da substância dentro do corpo hídrico.

Fonte: Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (2017).

Constata-se, assim, que a utilização do *Software* ARAquá, para a avaliação de risco de contaminação do manancial, e do *Software* Agroscre, para indicar o potencial de transporte do Glifosato na bacia hidrográfica, apresentam-se como recursos eletrônicos, para facilitar a realização de um julgamento prévio a respeito do cenário investigado. Com base nos

mencionados programas informatizados podem ser feitas projeções, de uma maneira mais ágil, dos possíveis impactos que o uso de agrotóxico vem causando em determinada região.

### **3.5 Sustentabilidade e Agrotóxicos**

A Revolução Verde é considerada como a difusão de tecnologias agrícolas que permitiram um aumento considerável na produção, sobretudo em países menos desenvolvidos, que ocorreu principalmente entre 1960 e 1970, surgido com a promessa de acabar com a fome mundial. Apesar de a Revolução trazer melhoria econômica para uns, para outros, persistem os problemas sociais e ambientais. No Brasil entre 1970 e 1985, o aumento na produção de alimentos básicos para a população foi de 20%, enquanto que a de produtos de exportação, como por exemplo, cacau e soja cresceu da ordem de 119 a 1112% (OCTAVIANO, 2010).

Ainda que houvesse a premissa da redução da fome mundial, esta perdura até a atualidade. Uma em cada nove pessoas ainda não tem o suficiente para comer. A Organização das Nações Unidas para a Agricultura e a Alimentação estima que entre os anos de 2012 e 2014 cerca de 805 milhões de pessoas eram consideradas desnutridas (GAELLE GOURMELON, 2014).

No Brasil, na época em que foi introduzida a Revolução Verde, foram criadas políticas públicas que estimulavam a compra de agrotóxicos com o propósito de melhorar a eficiência agrícola. Um ponto de destaque é que a implantação da Revolução Verde no Brasil e os incentivos à indústria dos agrotóxicos ocorreram em plena ditadura militar, portanto, em ambiente pouco democrático e nada propício para se levantar publicamente questões ambientais e de saúde (PORTO; SOARES, 2012).

Reflexos negativos destas práticas, como a erosão e a contaminação de solos e mananciais, bem como a contaminação do trabalhador rural, começaram a ser notados ainda nos anos 70. Desde então, práticas agrícolas menos agressivas ao ambiente vêm sendo experimentadas e adotadas, principalmente na Europa, em atendimento à emergente demanda por alimentos saudáveis, livres de resíduos tóxicos e com qualidade ecológica sob a perspectiva sustentável (CASA, 2008)

Para Sachs (2000), o desenvolvimento econômico sustentável requer simultaneamente cinco dimensões de sustentabilidade:

- a) Sustentabilidade social, entendida como a consolidação de um processo de desenvolvimento baseado em outro tipo de crescimento e orientado por outra visão do que é a boa sociedade. O objetivo é construir uma civilização com maior equidade na distribuição de bens e direitos;
- b) Sustentabilidade econômica, possibilitada por uma alocação e gestão mais eficientes dos recursos e por um fluxo regular do investimento público e privado reduzindo as limitações do acesso à ciência e à tecnologia. A eficiência econômica deve ser avaliada mais em termos macrossociais do que apenas por meio da lucratividade.
- c) Sustentabilidade ecológica, que pode ser aumentada pelo incremento da capacidade dos recursos do planeta, entretanto, feito com um mínimo de dano aos sistemas de sustentação da vida, com a substituição do uso dos recursos não renováveis pelos renováveis de caráter mais limpo, limitação do consumo material pelas camadas sociais privilegiadas em todo o mundo e intensificação da pesquisa de tecnologias nesse âmbito associado a regras para uma adequada proteção ambiental.
- d) Sustentabilidade espacial, voltada a uma configuração rural-urbana mais equilibrada e a uma melhor distribuição territorial de assentamentos humanos e atividades econômicas, com ênfase nas seguintes questões: controle da urbanização desordenada; promoção de projetos modernos de agricultura regenerativa, operados por pequenos produtores instruídos com pacotes técnicos adequados; estabelecimento de uma rede de reservas naturais evitando agrotóxicos e a erosão do solo; frear a poluição da água; aumentar a participação ativa da população rural ao provimento da vida em base sustentável, fortalecendo grupos locais;
- e) Sustentabilidade cultural, em busca das raízes endógenas dos modelos de modernização e dos sistemas rurais integrados de produção, privilegiando o ecodesenvolvimento em uma pluralidade de soluções particulares, que respeitem as especificidades de cada ecossistema, de cada cultura e de cada local.

Uma das listas mais concisas e coesas das prioridades para a sustentabilidade foi a do Instituto de Vigília Mundial (*Worldwatch Institute*). Em seu relatório *State of the world*, dentre as prioridades apontadas, pode-se mencionar a prática da agricultura sustentável, a proteção da água doce e a melhoria da eficiência no uso da água.

Nesse viés, em agosto de 2012, por meio do Decreto nº 7.794/2012 foi instituído pelo Governo Federal a Política Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica (PNAPO) e o Plano Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica (PLANAPO), visando ampliar e efetivar ações que devem orientar o desenvolvimento rural sustentável, impulsionado pelas crescentes preocupações das organizações sociais do campo e da floresta, e da sociedade em geral, a respeito da necessidade da produção de alimentos saudáveis com a conservação dos recursos naturais. As ações articuladas dos dez ministérios parceiros no Plano formam um conjunto de 194 iniciativas, distribuídas em 30 metas e organizadas a partir de seis eixos estratégicos: Produção; Uso e Conservação de Recursos Naturais; Conhecimento; Comercialização e Consumo; Terra e Território e Sociobiodiversidade (BRASÍLIA, 2016).

De acordo com Machado (2014) “qualquer proposta tecnológica produtiva deve gerar resultados financeiros positivos a quem execute”. Contudo, o autor ainda complementa que a diferença é que esses resultados na agroecologia não comprometem ou agridem as demais dimensões, especialmente a qualidade ambiental e o balanço energético. Não se trata de alcançar altas produções por hectare, é necessário que elas não provoquem externalidades negativas cujos custos pelos quais o indivíduo-produtor é responsável são repassados a toda sociedade.

A agroecologia vem buscando a articulação de diferentes conhecimentos, de distintas disciplinas e campos da ciência, com a integração do conhecimento técnico-científico e deste com o saber popular, constituindo um paradigma capaz de contribuir para o enfrentamento da crise socioambiental da nossa época (CAPORAL; COSTABEBER; PAULUS, 2006).

Sendo assim, a agricultura orgânica pode ser apontada como uma proposta que pode garantir a produção de alimentos sem acarretar todos os impactos negativos ao meio ambiente e à população, decorrentes do uso de agrotóxicos.

Um instrumento utilizado para monitorar o desenvolvimento sustentável são os indicadores de sustentabilidade, os quais são responsáveis por capturar tendências para informar os agentes de decisão, orientar o desenvolvimento e o monitoramento de políticas e estratégias (DA CUNHA KEMERICH; RITTER; DE BORBA, 2014).

Amplamente aplicada para a organização de sistemas de indicadores e estatísticas em relação a um objetivo político está a Ferramenta DPSIR - *Driving forces-Pressures-State-Impacts-Response*.

O modelo DPSIR foi utilizado pela Agência Europeia de Meio Ambiente (EEA) como forma de estruturar informações sobre as interações entre a sociedade e o meio ambiente, e está fundamentado na existência de relações causais entre os diferentes componentes do sistema: as forças motrizes, ou seja, desenvolvimentos sociais e econômicos subjacentes que induzem pressões sobre o ambiente e, como consequência, o estado muda. Estas mudanças na condição ambiental podem ter impactos em diversas esferas, o que pode causar respostas sociais. Essa ferramenta permite não só o diálogo entre os próprios pesquisadores, mas também entre eles e os setores políticos e demais partes interessadas (BINIMELIS; MONTERROSO; RODRÍGUEZ-LABAJO, 2009).

Em outras palavras, Kristensen (2004) descreve a força motriz como uma necessidade, como por exemplo, a de comida e água. As pressões são as atividades exercidas no meio como resultado de processos de produção e consumo, como as emissões de resíduos no solo e na água. O estado é como está a qualidade do ambiente mediante as pressões. Os impactos são as mudanças das características físico, químicas e biológicas do ambiente. E a resposta é dada pela sociedade, ou decisórios políticos formuladores de legislações, como forma de mitigar os impactos e afetar qualquer parte da cadeia do DPSIR.

De acordo com Rekolainen *et al* (2003) o DPSIR traz algumas limitações:

[...] ele cria um conjunto de indicadores estáticos que servem como base para a análise, mas não leva em conta a alteração dinâmica do sistema; não captura tendências, exceto através da repetição do estudo dos mesmos indicadores em um regular intervalo; não ilustra claras as relações de causa-efeito para os problemas ambientais.

Entretanto, para DA CUNHA KEMERICH; RITTER; DE BORBA (2014), apesar de não haver muitas experiências em medir a sustentabilidade em municípios usando o DPSIR, ele apresenta como potencialidades:

Reforça a interação entre as causas dos problemas ambientais, os impactos e as respostas da sociedade, de uma forma integrada. Considera os elementos do impacto no ambiente, que exigem ações de resposta nos diferentes setores (ações políticas e

macroeconômicas). Permite o acompanhamento das relações sociedade-meio ambiente e comparações nos planos nacional e internacional.

O DPSIR ajuda a sanar os seguintes questionamentos: i) quais são os mecanismos motores de transformação do espaço? ii) como eles afetam a dinâmica socioambiental? iii) por que isso está acontecendo? iv) o que se está fazendo e o que se pode fazer a respeito? e, v) o que poderá acontecer se não agirmos? (LANDIM NETO, 2016).

## 4 METODOLOGIA

O presente estudo foi estruturado com bases na ferramenta DPSIR conforme demonstrado no Quadro 4 e na Figura 3:

Quadro 4 - Fundamentação de dados de cada constituinte do DPSIR

Constituintes do DPSIR	Fundamentação de cada constituinte
<p><b>Força Motriz</b> Necessidade de Alimento e Água</p>	<p>1. Prospecção de informações do panorama no contexto ambiental dos agrotóxicos no âmbito Nacional (BR) e Estadual (ES) com ênfase na Bacia hidrográfica do Rio Jucu, e também, da legitimação do uso de agrotóxicos;</p>
<p><b>Pressão</b> Produção e Consumo</p>	<p>2. Levantamento do volume de cada herbicida vendido no Estado do Espírito Santo no ano de 2016 por meio de fichas entregues pelos comerciantes ao IDAF e disponibilizadas pelo Órgão. 3. Obtiveram-se informações do uso e ocupação do solo na região da Bacia do Rio Jucu; 4. Realizou-se busca por fontes oficiais de informações nesse contexto;</p>
<p><b>Estado</b> Qualidade do Meio Ambiente</p>	<p>1. Dados do monitoramento de agrotóxicos feitos pelo VIGIAGUA e pela CESAN foram estudados; 2. Consultou-se o SISAGUA para explorar a situação do acesso à água tratada no Estado; 3. Monitorou-se o herbicida Glifosato por 4 meses em amostras coletadas nas águas superficiais do Braço Sul do Rio Jucu em Marechal Floriano;</p>
<p><b>Impactos</b> Riscos</p>	<p>1. Foi feito o levantamento bibliográfico dos malefícios gerados pelos herbicidas com foco no Glifosato; 2. Aplicou-se o <i>Software</i> Agroscre que utiliza o índice de <i>Goss</i> para avaliar o potencial de transporte do Glifosato e dos outros 3 herbicidas mais comercializados na Bacia Hidrográfica do Rio Jucu; 3. O <i>Software</i> ARAquá auxiliou nas avaliações de riscos ambientais proporcionados pelo Glifosato e pelos 3 herbicidas mais comercializados em Marechal Floriano;</p>
<p><b>Resposta</b> Legislação e Outros</p>	<p>1. A partir dos dados obtidos nas etapas acima foram feitas discussões, inferências e correlações sobre a atual situação na temática dos agrotóxicos com destaque aos herbicidas no Estado do Espírito Santo e na Bacia Hidrográfica do Rio Jucu a fim de realizar um diagnóstico ressaltando as deficiências encontradas, os riscos gerados ao meio ambiente e à água de abastecimento público, bem como as possíveis medidas a serem tomadas como forma de mitigação de impactos negativos.</p>

Fonte: Elaboração própria (2017).

Figura 3 - Esquema do trabalho estruturado no modelo DPSIR



Fonte: Elaboração própria (2017).

#### 4.1 Área de Estudo: a Bacia Hidrográfica do Rio Jucu

Adotou-se a bacia hidrográfica do Rio Jucu como área a ser estudada, tendo em vista sua grande relevância na captação de água para o consumo humano, bem como o fato de estar rodeada de propriedades de produção agrícola. Este fato aumenta a probabilidade de eventual contaminação das águas superficiais por agrotóxicos.

A bacia hidrográfica compõe-se de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos de água que confluem até resultar em um leito único no seu

exutório, ou seja, é uma área de captação natural da água de precipitação que faz convergir o escoamento para um único ponto de saída (TUCCI, 1997).

O conceito de Bacia Hidrográfica tem sido cada vez mais ampliado e utilizado como unidade de gestão da paisagem na área de planejamento ambiental. Do ponto de vista mais direcionado à conservação dos recursos naturais, um conceito abrangente envolve, além dos aspectos hidrológicos, o conhecimento da estrutura biofísica da bacia bem como das mudanças nos padrões de uso da terra e suas implicações ambientais (SIQUEIRA, 20011).

A Lei nº 10.179, de março de 2014, que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, institui o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado do Espírito Santo – SIGERH/ES e dá outras providências, tem o fundamento que a bacia hidrográfica é a unidade físico-territorial para implementação da política e do sistema estadual de recursos hídricos, consideradas as influências das regiões limítrofes e das camadas subjacentes do solo.

O Estado do Espírito Santo é formado por 12 bacias hidrográficas: Itaúnas, São Mateus, Doce-Suruaca, Riacho, Piraquê-Açu, Reis Magos, Santa Maria da Vitória, Jucu, Benevente, Rio Novo, Itapemirim e Itabapoana. De maneira geral, todas apresentam em maior ou menor grau de problemas que podem estar relacionados ao aporte de agrotóxicos, assoreamento, erosão e descargas de efluentes domésticos e industriais (VENTURIM, 2000).

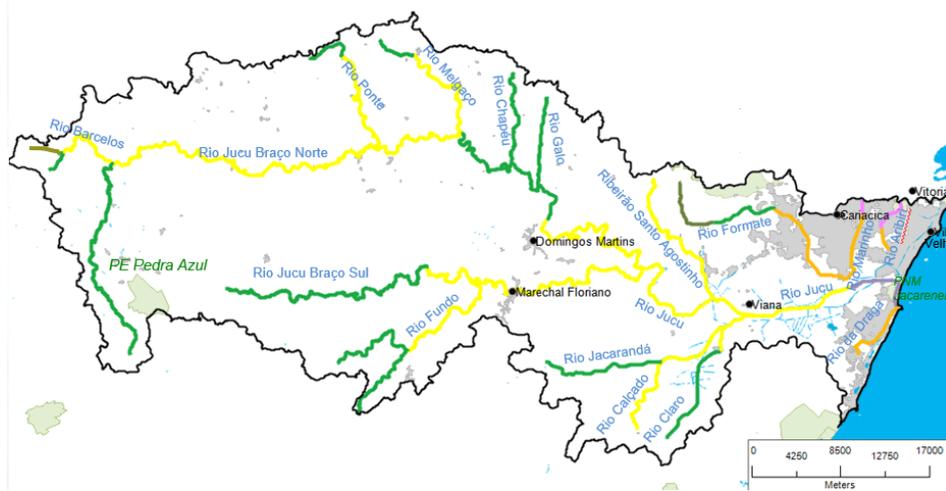
Conforme dados do ano 2015 do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER), o agronegócio capixaba responde por cerca de 30% do Produto Interno Bruto (PIB) estadual, absorvendo aproximadamente 40% da população economicamente ativa.

Na Bacia do Rio Jucu, os problemas relacionados à atividade agrícola e à ação antrópica são alarmantes. Apesar de abastecer cerca de 40% da população da Grande Vitória, recebe uma carga de nutrientes e agrotóxicos originados principalmente do escoamento superficial de áreas cultivadas (SOPRANI *et al.*, 2007).

A Bacia Hidrográfica do Rio Jucu abrange os municípios de Domingos Martins, Marechal Floriano, parte de Guarapari, Cariacica, Viana e Vila Velha, compreendendo uma superfície

de cerca de 2.220 km<sup>2</sup> com cotas altimétricas variando de 0 a 1800m. O Rio Jucu nasce das junções do Rio Jucu Braço Sul e Jucu Braço Norte como pode-se observar na Figura 4. Para fins de descrição tem sido considerado adotar o Braço Norte do Rio Jucu como um prolongamento natural do rio principal (BRASIL, 2016).

Figura 4 - Bacia hidrográfica do Rio Jucu



Fonte: Adaptada do Comitê de Bacias Hidrográficas (2016).

Do total de 166km percorridos pelo Rio Jucu da nascente do Braço Norte, que fica na Serra do Castelo, ao sul do povoado de São Paulinho, no Município de Domingos Martins até a Foz na Barra do Jucu em Vila Velha, 43 km correspondem ao Rio após a confluência do Braço Norte com o Braço Sul próximo a Biriricas em Domingos Martins (TEIXEIRA; SENHORELO, 2000). O Braço Sul nasce dentro do Parque Estadual da Pedra Azul e no seu percurso recebe influência do Rio Fundo antes de se juntar ao Braço Norte do Rio Jucu (ESPIRITO SANTO, 2015).

Os rios refletem os usos da água e do solo, transferindo ao longo do seu trajeto o produto das atividades humanas e da ocupação dos territórios, que na maior parte das vezes, não é sustentável. Conforme Quadro 5, o uso do solo da Bacia é predominantemente rural.

Quadro 5 - Unidades de planejamento do Rio Jucu

(Continua)

Unidade de Planejamento	Área (ha)	Município	Uso do Solo
Alto Jucu	425,02	Domingos Martins	Predominantemente rural
Médio Jucu	713,50	Cariacica, Domingos Martins (perímetro urbano), Viana	Predominantemente rural

Quadro 5 - Unidades de planejamento do Rio Jucu

(Conclusão)

Unidade de Planejamento	Área (ha)	Município	Uso do Solo
Rio Jucu Braço Sul	389,14	Domingos Martins Marechal Floriano (Perímetro Urbano)	Predominantemente rural
Baixo Jucu	482,61	Domingos Martins Guarapari Marechal Floriano Viana (perímetro urbano) Vila Velha (1)	Predominantemente rural, com áreas densamente urbanizadas junto à foz.
Formate/Marinho e Costeiro	172,87	Viana Cariacica (1) Vila Velha (1)	Apresenta um forte gradiente espacial: rural (montante) e urbana (jusante).

Fonte: Adaptada do Comitê de Bacias Hidrográficas (2016).

O município de Marechal Floriano foi limitado no Estudo para o monitoramento do Glifosato e para a aplicação dos *Softwares* Agroscre e ARAquá. A escolha do Município foi em decorrência dele possuir economia predominantemente agrária e por conter um ponto de Monitoramento realizado pelo Comitê de Bacias Hidrográficas, possibilitando assim, a comparação futura dos resultados.

Marechal Floriano possui uma área 286 km<sup>2</sup>, com índice pluviométrico de 1493 mm anuais e geralmente os meses mais chuvosos vão de novembro a março e os menos chuvosos são junho, julho e agosto. O solo é basicamente Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico Arenoso e Areno-Argiloso. A principal fonte hídrica é o Braço-Sul do Rio Jucu e seu afluente o Rio Fundo (ESPIRITO SANTO, 2011).

A cafeicultura é a atividade mais importante do Município de Marechal Floriano, com uma área de 3996 ha plantada e uma produção de 75.000 sacas beneficiadas. Porém, gradativamente, a cafeicultura vem sendo substituída pelo cultivo do eucalipto, devido à baixa produtividade e difícil manejo dos cafezais (ESPIRITO SANTO, 2011). O cultivo de eucalipto é um agravante ambiental, pois o Glifosato é muito utilizado antes do plantio como dessecante e também em área total quando as folhas não podem mais ser atingidas pelo herbicida (FERREIRA *et al.*, 2011).

Outras atividades além da cafeicultura se destacam na região como o cultivo de alface, couve, temperos verdes, tomate, gengibre, pimentão, jiló e inhame, totalizando uma área aproximada de 400 ha (ESPÍRITO SANTO, 2011).

O Quadro 6 relaciona o produto cultivado e sua respectiva área em hectares (ha).

Quadro 6 - Área total do município de Marechal Floriano e uso agrícola

Marechal Floriano	Área total (ha)	Mata Nativa (ha)	Área Urbana, não produtiva e outros	Cultivo Agrícola	Área (ha)
Marechal Floriano	28.600 ha	10.296	11.012	Café	3996
				Eucalipto	2000
				Folhosas	400
				Banana	220
				Outros	676
				Total	7292

Fonte: Adaptado de Proater (2013).

Tendo em vista o Quadro 6 delineado em linhas anteriores, constata-se uma grande probabilidade de contaminação do corpo hídrico do Rio Jucu, por parte dos agrotóxicos utilizados nas culturas agrícolas da região, em especial no que se refere ao Glifosato que é utilizado no controle de pragas em diversas lavouras, inclusive nas existentes em Marechal Floriano.

#### **4.2 Levantamento de Dados Secundários: Comercialização de Herbicidas, Condições do Abastecimento de Água no Espírito Santo e Monitoramento de Agrotóxicos**

Para a realização do trabalho foi feito o levantamento de dados secundários junto ao IDAF, VIGIAGUA e CESAN. Essas três fontes foram escolhidas com o intuito de obter informações regionalizadas em nível de Estado e Município.

##### **4.2.1 Comercialização de Herbicidas**

A quantidade de herbicidas comercializado no Estado do Espírito Santo no ano de 2016 foi obtida através das fichas que os comerciantes autorizados à venda de agrotóxicos disponibilizam semestralmente ao IDAF. As fichas fazem parte da exigência do Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002 que Regulamenta a Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, que

dispõe sobre, entre outros itens a comercialização de agrotóxicos. O órgão não possui sistema informatizado para esses dados, portanto, foram realizadas consultas in loco e o planilhamento manual no Excel das informações contidas nas fichas. Como exigência do Órgão, os dados cadastrais de cada estabelecimento foram preservados, mantendo-se apenas as informações que eram relevantes para esse trabalho: Município em que situa o estabelecimento, nome comercial do herbicida, concentração de princípio ativo presente no produto comercial, volume ou massa do produto em cada recipiente e unidades comercializadas em varejo. A partir dessas informações obteve-se:

#### Estado Espírito Santo

1. A quantidade de estabelecimentos, que no ano de 2016, cumpriram Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002;
2. Total de litros de herbicidas comercializados no Espírito Santo;
3. A quantidade de herbicidas comercializados em litros por Município no ano de 2016 no Espírito Santo;
4. Qual o Município que mais comercializa herbicidas no Estado;
5. A quantidade de princípio ativo, em kg, que compunham os herbicidas mais comercializados por Município no ano de 2016 no Espírito Santo;
6. Qual o Município que mais comercializa Glifosato.

#### Bacia Hidrográfica do Rio Jucu

1. Quais os princípios ativos que compunham os herbicidas mais comercializados em toda a Bacia do Rio Jucu;
2. A quantidade de princípio ativo em kg que compunham os herbicidas mais comercializados no Município de Marechal Floriano.

#### 4.2.2 Abastecimento de Água e Monitoramento de Agrotóxicos por Órgãos Públicos.

O VIGIAGUA executa ações para garantir que a água consumida pela população atenda ao padrão de potabilidade estabelecido na legislação vigente além de avaliar e prevenir os possíveis riscos provenientes das diferentes formas de abastecimento. Uma das Ferramentas do VIGIAGUA é o Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (SISAGUA) que consiste de um banco de dados eletrônico. Por meio de um protocolo na Secretária de Saúde do Estado do Espírito Santo, contendo dados do projeto

de pesquisa e do pesquisador foi solicitado o acesso ao SISAGUA. Após a análise do pedido e trâmites burocráticos, foi permitido o acesso ao SISAGUA utilizando-se um *login* e senha.

Por meio do SISAGUA obteve-se:

1. Resultados do Monitoramento de agrotóxicos no Espírito Santo;
2. Informações a respeito do Cadastro de Sistema de Abastecimento de Água para consumo humano (SAA), Solução Alternativa Coletiva (SAC) e Solução Alternativa Individual (SAI);
3. Qualidade da infraestrutura de abastecimento de água; localidades e população abastecidas.

À CESAN foram solicitados os dados do monitoramento de agrotóxicos realizado no Rio Jucu entre os anos de 2011 e 2016 para identificar se o Rio apresenta-se contaminado por agrotóxicos, e se há momentos de acréscimo e declínio periódico caso seja verificada a contaminação. Para obtenção do acesso aos dados também foi feito protocolado junto ao órgão informando a necessidade dos dados e a justificativa do seu uso no trabalho.

### **4.3 Modelos Preditivos**

#### *4.3.1 Software Agroscre como Ferramenta para o Método de Goss*

O *Software Agroscre* foi utilizado como um facilitador para aplicação do Método de *Goss*. O *Software* é livre e gratuito. O método foi usado para o Glifosato e os outros 3 princípios ativos que estavam mais presentes nos herbicidas vendidos em Marechal Floriano. Os três princípios ativos que estavam mais presentes nos herbicidas da região foram identificados após análise das fichas que os comerciantes entregaram ao IDAF no ano de 2016.

As informações físico-químicas e ecotoxicológicas do Glifosato apresentam algumas variações de acordo com os autores. Para o desdobramento da presente pesquisa foram utilizadas as informações físico-químicas e ecotoxicológicas do Glifosato de acordo com o *Pesticides Properties DataBase* - da Universidade de *Hertfordshire*, exposto no site <<https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/atoz.html>>, e com o índice pluviométrico de Marechal Floriano encontrado no sitio eletrônico do INCAPER de 1493 mm anuais.

#### 4.3.2 *Software* ARAquá: Auxiliador nas Avaliações de Riscos Ambientais de Agrotóxicos em Cenários de Uso Agrícola

O *Software* ARAquá foi aplicado para o Glifosato e os outros 3 herbicidas mais vendidos na região de Marechal Floriano que foram identificados durante a análise das fichas que os comerciantes disponibilizam ao IDAF em 2016.

O *Software* necessita das informações mencionadas no Quadro 2 para ser executado.

Os dados com relação ao coeficiente de sorção, meia vida, padrão de potabilidade e de toxicidade foram obtidos no *Pesticide Properties*. Para os dados de Toxicidade foram consideradas a de Peixe - agudo 96 horas e de Plantas aquáticas agudo 7 dias.

O *Software* ARAquá foi alimentado com elementos referentes ao Município de Marechal Floriano, pois além de ser predominantemente rural, ele foi escolhido para a realização das análises de monitoramento, portanto, poderia ser feita a comparação entre os resultados do modelo e os resultados encontrados no monitoramento, e assim analisar se o resultado do modelo é confirmado pelo do monitoramento.

De acordo com o Comitê de Bacia Hidrográfica (2016) o Município de Marechal Floriano possui 7292 ha de área de agricultura e 10.296 ha de mata nativa. A partir dessas informações, e dos resultados obtidos com as fichas de comercialização do IDAF, calculou-se para a região a quantidade de agrotóxicos vendidos por estabelecimentos do Município de Marechal Floriano, por área em hectare (g/ha) que no Município corresponde à área de Agricultura. Como apenas 50% dos estabelecimentos comerciais do Município entregaram as fichas, a área de agricultura foi considerada em 50%, ou seja, 3646 ha, na tentativa de aproximar o resultado encontrado com a realidade.

De acordo com o Relatório Técnico 2 do Comitê de Bacia Hidrográfica, a declividade do terreno é de 1,5%.

A Interceptação pelas Plantas (%) foi considerada ser 50%, por se está simulando o *Software* para apenas 50% da região de agricultura e a Largura da faixa de contenção florestal (m)

foram considerados em zero, visto que apesar de haver mata nativa no Município, o entorno das lavouras encontra-se desmatado.

O coeficiente de escoamento superficial foi obtido através do método racional, que na prática é escolhido de tabelas elaboradas com base nas características da bacia hidrográfica, ou da área de drenagem em estudo. O coeficiente adotado levou em consideração a declividade do terreno de 1,5%, o tipo de solo (arenoso) e a cobertura vegetal de acordo com Carvalho (2006).

Solo da região é considerado majoritariamente Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico arenoso. A capacidade de campo, ou seja, a água retida no solo depois que o excesso tenha sido drenado foi obtida no Estudo feito por Ruiz; Ferreira; Pereira (2003) utilizando 80 observações em Latossolo, o valor médio encontrado foi de  $0,284 \text{ kg kg}^{-1}$ . O ideal é que a capacidade de campo seja medida diretamente (*in situ*) ou indiretamente (com análises em laboratório a partir de amostras coletadas *in situ*), para ser mais fidedigno com a realidade. Entretanto, optou-se por usar dados referenciais para reforçar a informação já citada anteriormente que os modelos de simulação devem ser simples e requererem parâmetros de entrada acessíveis (BERENZEM, *et al.*, 2005).

A densidade do solo ( $D_s$ ) refere-se à relação entre a massa de solo seco e o volume total, e é afetada pela cobertura vegetal, pelo teor de matéria orgânica e pelo uso e manejo do solo (SILVA, REINERT, REICHERT, 2000). Effgen (2006) relata valores de  $D_s$  variando de 1,37 a  $1,46 \text{ g cm}^{-3}$  em Latossolo Vermelho-Amarelo Distrofíco no Estado do Espírito Santo na profundidade de 0 – 20 cm sob cultivo de café nos seus diferentes tratamentos. Os valores Obtidos por Effgen (2006) foram adotados porque a maior parte da área agrícola da de Marechal Floriano é composta por plantio de cafezais. O mesmo autor mostrou os valores de carbono orgânico total para a profundidades 00-0,20m e 0,20-0,40m de como sendo  $12,12 \text{ g.kg}^{-1}$ .

#### **4.4 Monitoramento do Glifosato em Águas Superficiais**

A priori, a fim de não terceirizar as análises, pretendia-se validar a metodologia para a detecção do Glifosato e AMPA através da Cromatografia Iônica. A validação seria feita

segundo a DOQ-CGCRE-008 Revisão 03 de fevereiro de 2010 do INMETRO, que é composta pelas seguintes etapas:

1. Definição da aplicação, objetivo, escopo do método, dos parâmetros de validação e critérios de aceitação;
2. Constatação que as características de desempenho do equipamento estão compatíveis com o exigido pelo método em estudo;
3. Qualificação dos materiais, como, por exemplo, padrões e reagentes;
4. Realização do tratamento estatístico, bem como os experimentos de validação.

A validação de métodos analíticos envolve Especificidade/Seletividade, Função da Resposta, Intervalo de Trabalho, Linearidade, Sensibilidade, Exatidão, Precisão (repetitividade, precisão intermediária e reprodutividade), Limite de Detecção (LD), Limite de Quantificação (LQ) e Robustez (BRITO, *et al.*, 2003).

Porém, conforme será relatado adiante, as análises para a detecção de Glifosato e do AMPA não puderam ser realizadas na Universidade Federal do Espírito Santo. Como alternativa, as amostras foram enviadas para o Laboratório de Química Ambiental de São Carlos- USP, onde foram analisadas somente para o parâmetro Glifosato, no equipamento da marca *Shimadzu*, utilizando-se HPLC (*High performance liquid chromatography*) com Detecção UV. O método foi previamente validado pelo laboratório da USP. A faixa de trabalho foi de 25 a 1000  $\mu\text{g L}^{-1}$ ; O coeficiente de correlação linear é  $R^2 = 0,9894$  e a equação da reta  $y = 18,76x + 693,81$  (onde x corresponde a concentração de Glifosato e y a área do pico no cromatograma). Com base no cromatograma do padrão de referência, e com dados da literatura (SILVA, 2009) foram considerados os picos nos tempos de retenção que variaram de 2.837 a 5.858 minutos.

Foram realizadas 11 amostragens entre os meses de abril e julho da água bruta do Braço Sul do Rio Jucu, na cidade de Marechal Floriano próximo à Ponte da BR262, cujas coordenadas geográficas são 20°24'42.4"S 40°40'54.7"W.

As amostras foram coletadas e armazenadas em recipientes limpos e acondicionadas sob refrigeração com o intuito de preservar as características da amostra.

Para a análise de Glifosato, o pH da amostra foi acidificado até pH 2 utilizando-se Ácido Fosfórico.

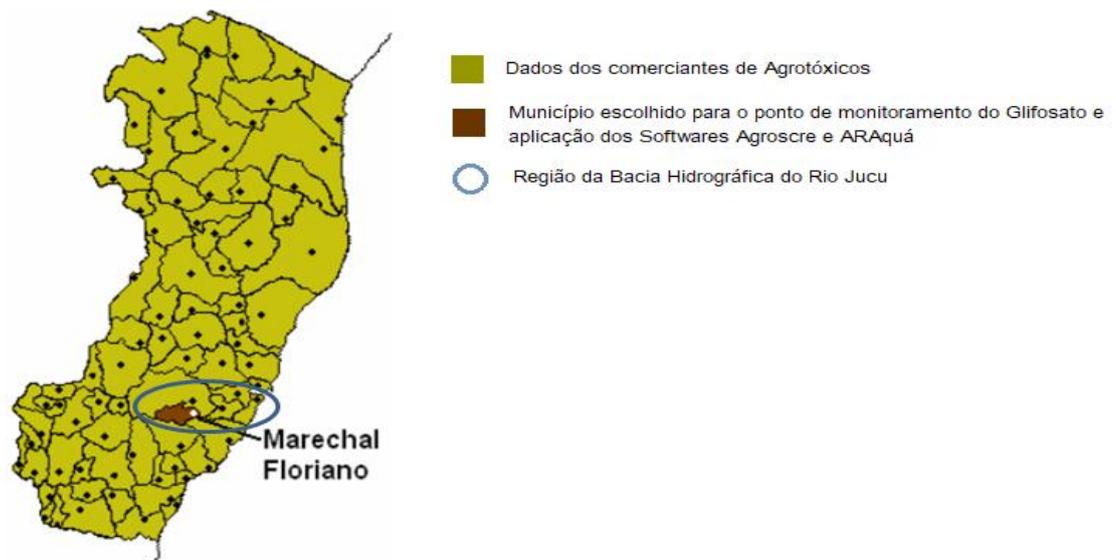
A Figura 5 identifica o ponto de coleta no Município de Marechal Floriano e uma fração do Braço Sul do Rio Jucu.

Figura 5 - Fração do Braço Sul do Rio Jucu e o local de amostragem do monitoramento no município de Marechal Floriano



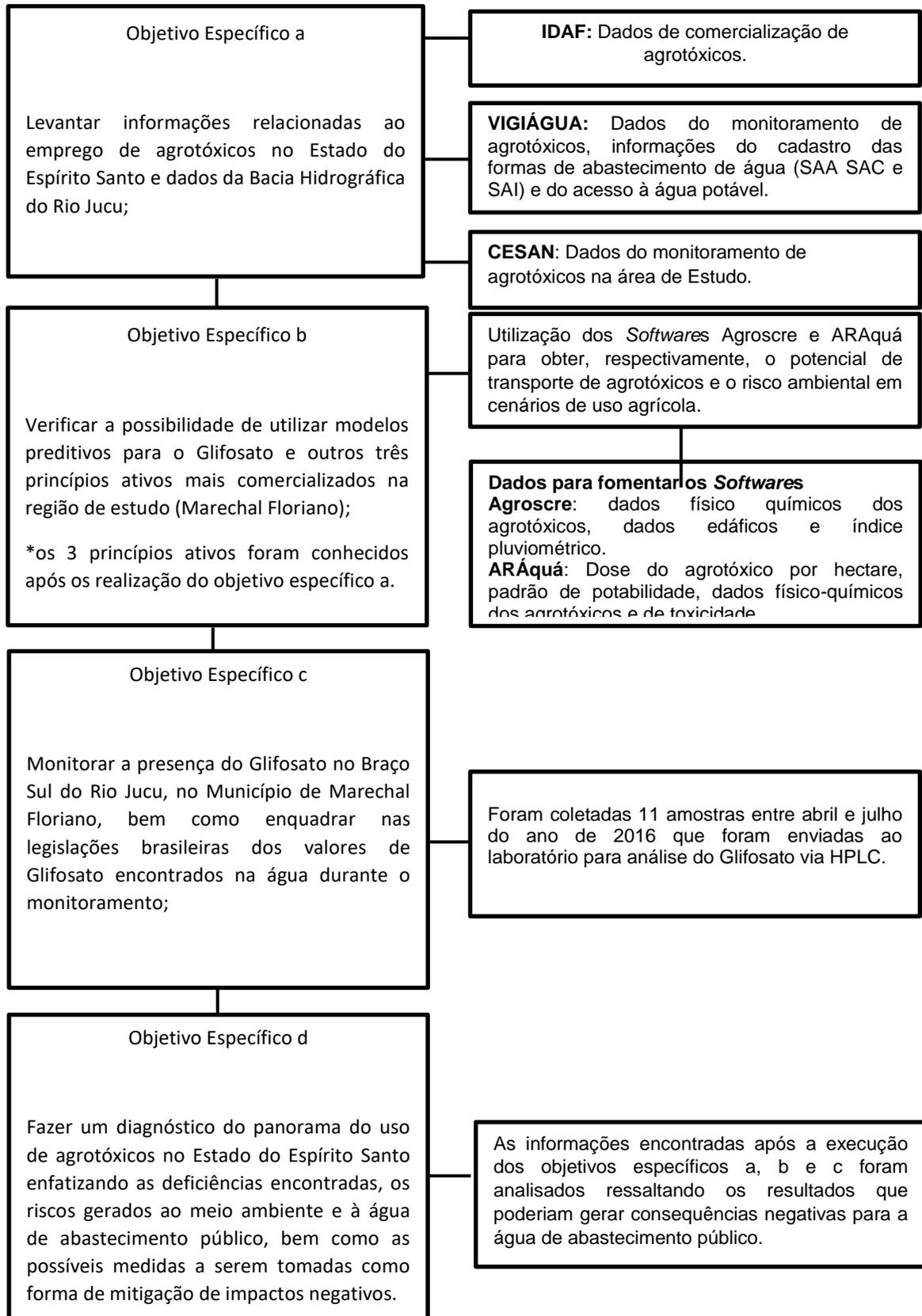
Fonte: Adaptado de Google Earth (2017).

Figura 6 - Mapa de obtenção de informações



Fonte: Adaptado de Schneider (2017).

Figura 7: Resumo das etapas do trabalho



Fonte: Elaboração própria (2017).

## **5 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **5.1 Levantamento de Dados Secundários: Comercialização de Herbicidas, Condições do Abastecimento de Água no Espírito Santo e Monitoramento de Agrotóxicos**

#### **5.1.1 Herbicidas Comercializados no Estado do Espírito Santo**

Ao IDAF foram solicitadas as fichas que os comerciantes disponibilizam ao órgão semestralmente, contendo dados dos agrotóxicos vendidos no respectivo período. O modelo deste documento encontra-se no sítio eletrônico do IDAF sendo baseado no anexo XII- Relatório de Produção, Importação, Comercialização e Exportação- do Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002, que Regulamenta a Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, que dispõe, entre outros, sobre a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. Seu modelo encontra-se no ANEXO A do trabalho.

O Estado do Espírito Santo possui 197 estabelecimentos autorizados a fazer o comércio de agrotóxicos que estão distribuídos em 58 dos 78 Municípios do Estado. Desses 197 estabelecimentos, apenas 45 (que corresponde a aproximadamente 23%) entregaram a ficha ao IDAF no primeiro semestre, e 93 (aproximadamente 47%) no segundo semestre de 2016, perfazendo um total de 138 fichas (35,02%) no ano de 2016. Dos estabelecimentos que entregaram as fichas, 118 realizaram o comércio de algum herbicida e 20 realizaram a venda de alguma outra classe de agrotóxicos, mas não realizaram o comércio de herbicidas. Este número é muito reduzido, visto que o total de fichas no ano de 2016 deveria ter sido de 394 (01 por semestre de cada estabelecimento). Este fato tem dificultado o acompanhamento dos volumes de agrotóxicos comercializados no Estado e os possíveis desdobramentos dessa informação, visto que, este dado tem diversas finalidades, seja dentro dos órgãos ambientais, da administração pública ou da sociedade, pois pode subsidiar pesquisas acadêmicas, de mercado, e tomada de decisões.

Quadro 7 - Quantidade de estabelecimentos autorizados a comercializar agrotóxicos no Estado do Espírito Santo em cada município, número de fichas esperadas e número de fichas que foram entregues ao IDAF em 2016  
(Continua)

Município	Quantidade de estabelecimentos autorizados a realizar o comércio de agrotóxicos no Município	Número de fichas esperadas a serem entregues ao IDAF em 2016	Número de fichas entregues ao IDAF em 2016
Afonso Claudio	4	8	2
Água Doce do Norte	0	0	0
Águi Branca	3	6	2
Alegre	0	0	0
Alfredo Chaves	4	8	1
Alto Rio Novo	2	4	1
Anchieta	0	0	0
Apiaca	1	2	1
Aracruz	4	8	6
Atilio Vivacqua	0	0	0
Baixo Guandu	2	4	1
Barra de São Francisco	3	6	1
Boa Esperança	4	8	3
Bom Jesus do Norte	1	2	1
Brejetuba	1	2	2
Cachoeiro de Itapemirim	3	6	3
Cariacica	3	6	2
Castelo	4	8	3
Colatina	6	12	5
Conceição da Barra	0	0	0
Conceição do Castelo	3	6	1
Divino São Lourenço	0	0	0
Domingos Martins	5	10	5
Dores do Rio Preto	0	0	0
Ecoporanga	2	4	1
Fundão	0	0	0
Governador Lindenberg	2	4	1
Guaçu	2	4	1
Guarapari	0	0	0
Ibatiba	2	4	1
Ibiraçu	0	0	0
Ibitirama	0	0	0
Iconha	2	4	2
Irupi	2	4	1
Itaguaçu	3	6	3

Quadro 7- Quantidade de estabelecimentos autorizados a comercializar agrotóxicos no Estado do Espírito Santo em cada município, número de fichas esperadas e número de fichas que foram entregues ao IDAF em 2016  
(Continuação)

Itapemirim	0	0	0
Itarana	3	6	3
Iúna	4	8	4
Jaguareé	9	18	7
Jerônimo Monteiro	0	0	0
João Neiva	3	6	1
Laranja da Terra	2	4	2
Linhares	8	16	9
Mantenópolis	1	2	0
Marataízes	3	6	2
Marechal Floriano	5	10	5
Marilândia	4	8	6
Mimoso do Sul	4	8	4
Montanha	2	4	1
Monte Belo	0	0	0
Mucurici	0	0	0
Muniz Freire	4	8	5
Muqui	1	2	1
Nova Venécia	4	8	0
Pancas	6	12	0
Pedro Canário	1	2	0
Pinheiros	5	10	3
Piúma	0	0	0
Presidente Kennedy	0	0	0
Rio Bananal	4	8	5
Rio Novo do Sul	1	2	0
Santa Leopoldina	1	2	1
Santa Maria de Jetibá	10	20	3
Santa Teresa	4	8	3
São Domingos do Norte	1	2	0
São Gabriel da Palha	4	8	3
São José do Calçado	0	0	0
São Mateus	4	8	3
São Roque do Cannã	4	8	4
Serra	2	4	1
Sooretama	6	12	3
Vargem Alta	0	0	0
Venda Nova do Imigrante	7	14	3

Quadro 7- Quantidade de estabelecimentos autorizados a comercializar agrotóxicos no Estado do Espírito Santo em cada município, número de fichas esperadas e número de fichas que foram entregues ao IDAF em 2016

(Continuação)

Viana	1	2	2
Vila Pavão	3	6	1
Vila Valério	7	14	2
Vila Velha	0	0	0
Vitória	1	2	1
<b>Total</b>	<b>197</b>	<b>394</b>	<b>138</b>

Fonte: Adaptado de IDAF (2017).

Apesar de existir o modelo de ficha que se encontra no ANEXO A cada estabelecimento entregou ao órgão o documento contendo as informações organizadas de maneira diversa. A falta de padronização dificulta o planilhamento no Excel e o uso dos dados. Além disso, não existe disponibilidade em meio eletrônico dessas fichas, “obstaculizando” a análise e o acesso à informação ali contida, inclusive para o órgão fiscalizador.

De acordo com o Portal da Transparência do Governo do Espírito Santo, em situação ativa, o IDAF conta com 609 servidores subdivididos em diversos setores responsáveis por tarefas administrativas, de defesa sanitária, inspeção animal, inspeção vegetal, entre outros. Ainda que dividíssemos a quantidade de servidores (609) pelo número de Municípios (78), obteríamos o quantitativo de menos de 8 funcionários por Município. Número este, insuficiente para a farta demanda de fiscalização. O último concurso público para o órgão ocorreu no ano de 2010, portanto, há uma carência de recursos humanos que corrobora para as limitações enfrentadas pelo órgão.

Embora o número de fichas entregues seja de apenas 35,02%, os seus resultados foram expressivos. Após a digitação no Excel das informações contidas nas fichas que foram entregues ao IDAF, constatou-se que no estado do Espírito Santo foram vendidos um total de 1904856 L (um milhão e novecentos e quatro mil e oitocentos e cinquenta e seis litros) somente de herbicidas em 2016.

Levando em consideração a quantidade de litros, o Município que mais vende herbicidas no Estado é São Gabriel da Palha (14%), seguido por Santa Teresa (12%) e Vila Valério (9%), sendo que os princípios ativos que estavam mais presentes nos produtos comercializados foram o Glifosato, Paraquat, 2,4D, e o Picloram.

Ocorre variação da quantidade de princípio ativo presente em cada marca e tipo de produto comercializado. Multiplicando-se a concentração informada na bula ou rotulo do produto pelos litros comercializados, obteve-se a quantidade efetiva em kg de princípio presente naquele litro, resultado que pode ser observado no Quadro 8. Tanto a informação de litros quanto a de massa é importante, pois a quantidade de litros demonstra não apenas a presença do princípio ativo em questão, mas também de outros produtos contidos na fórmula comercial que muitas vezes é omitida pelo fabricante e que também podem apresentar toxicidade. Exemplos de Bulas encontram-se no ANEXO B do trabalho.

Quadro 8 - Os 4 princípios ativos mais presentes nas formulações vendidas no Espírito Santo, Classificação Toxicológica e de Periculosidade Ambiental

Princípio ativo	Litros (L) de formulação comercial contendo o princípio ativo	kg somente de princípio ativo na formulação comercial	Classificação toxicológica	Classificação do potencial de periculosidade ambiental
Glifosato	1372928	618545,7	III- medianamente tóxico	III- produto perigoso ao meio ambiente
Paraquate	196995	39399	I – extremamente tóxico	II – muito perigoso ao meio ambiente
2,4D	174871,8	140946,7	I – extremamente tóxico	III - produto perigoso ao meio ambiente
Picloram	31409	7538,16	I - extremamente tóxico	II - produto muito perigoso ao meio ambiente

Fonte: Elaboração própria a partir das fichas entregues pelos comerciantes ao IDAF (2017).

Além de alguns produtos comerciais virem com mais de um princípio ativo, o próprio agricultor realiza manualmente a combinação de três a cinco agrotóxicos por vez. De Castro (2009) menciona que esta prática é relativamente comum e enfatizam a carência de estudos levanto em consideração a mistura realizada.

Três dos princípios ativos encontrados nos herbicidas mais comercializados no Estado possuem classificação toxicológica como I- Extremamente tóxico. A validade dos registros de agrotóxicos e afins é por tempo indeterminado, podendo ser cancelados apenas nos casos de reavaliação toxicológica (ANVISA, 2017). No entanto, o Brasil não possui previsão legal para renovação ou revalidação, que somente serão feitas quando organizações internacionais responsáveis pela saúde, alimentação ou meio ambiente das quais o Brasil seja membro alertarem para riscos ou desaconselharem o uso de determinados agrotóxicos. A falta de periodicidade da reavaliação do registro acaba por facilitar a permanência no mercado

brasileiro de produtos obsoletos, mais perigosos, que poderiam ter sido substituídos por substâncias que oferecessem menos ou nenhum dano ao ambiente e à saúde dos seres vivos. Na União Europeia, de acordo com o regulamento 1107/2009, a validade máxima dos registros é de 10 anos.

Dos herbicidas vendidos no Estado, 72% possuem Glifosato na formulação. Por sua vez, os municípios que lideram a sua venda em termos de kg são: São Gabriel da Palha (1º), Santa Teresa (2º), Linhares (3º), Venda Nova do Imigrante (4º), Colatina (5º). Marechal Floriano encontra-se em 8º posição no ranking de venda.

Quadro 9 - Concentração (kg) de Glifosato nas formulações comerciais por Município do ES

Ranking	Município	Glifosato (kg)	Ranking	Município	Glifosato (kg)
1º	São Gabriel da Palha	117869	21º	Brejetuba	8361,5
2º	Santa Teresa	91783,7	22º	Cachoeiro de Itapemirim	7502,07
3º	Linhares	41978,2	23º	Castelo	7369,57
4º	Venda Nova do Imigrante	30623,9	24º	Vila Valério	6252,54
5º	São Mateus	29349,7	25º	Santa Maria de Jetibá	5602,4
6º	Colatina	29264,6	26º	Itarana	5347,73
7º	Iuna	28841,8	27º	Serra	5255,8
8º	Marechal Floriano	20975,7	28º	Ibatiba	5169,68
9º	Muniz Freire	17409,9	29º	Mimoso do Sul	4354,45
10º	Marataízes	17259,9	30º	Irupi	3192,09
11º	São Roque do Cannã	17112,7	31º	Domingos Martins	2681,5
12º	Rio Bananal	14857,6	32º	Cariacica	2320,01
13º	Pinheiros	14233,9	33º	Afonso Claudio	1984,893
14º	Itaguaçu	13839,3	34º	Santa Leopoldina	1561,14
15º	Jaguare	11946,1	35º	Conceição do Castelo	1202
16º	Laranja da Terra	10614,6	36º	Barra de São Francisco	970,658
17º	Marilândia	10375,6	37º	Baixo Guandu	930,94
18º	Sooretama	9810,31	38º	Vitória	827,745
19º	Boa Esperança	9458,41	39º	Aracruz	702,593
20º	Viana	9147,4	40º	Vila Pavão	152,438
<b>Total</b>	<b>618494,1</b>				

Fonte: Elaboração própria (2017).

O Município de São Gabriel da Palha está na Sub-bacia hidrográfica do Rio São José que é a principal fonte de captação de água para abastecimento da população e uso em irrigação. Abrange uma área de 8129 km<sup>2</sup>, nasce no Município de Mantenópolis e deságua na lagoa Juparanã em Linhares. Cerca de 20% do Produto Interno Bruto (PIB) do Município é oriundo

da economia agropecuária e as maiores produções na região são de café, seguindo-se pelo coco-da-baía e cana.

São Gabriel da Palha possui o Conselho Municipal de Vigilância Ambiental e o Conselho de Desenvolvimento Rural Sustentável que propõem projetos de desenvolvimento rural sustentável para a agricultura familiar do Município. Entretanto, apesar da existência de conselhos preocupados com o Meio Ambiente, durante o Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural (PROATER) de 2011 a 2013 do INCAPER foram encontrados problemas ambientais e sociais do uso indiscriminado de Agrotóxicos. O dado encontrado na presente pesquisa a partir das vendas de herbicidas na região sugere que essa realidade mencionada pelo PROATER pouco mudou após três anos do estudo no local.

#### 5.1.2 Herbicidas Comercializados na Bacia Hidrográfica do Rio Jucu

Fazem parte da Bacia Hidrográfica do Rio Jucu os Municípios de Domingos Martins, Marechal Floriano, Viana, Guarapari e Vila Velha. Analisando-se as informações relativas à comercialização de herbicidas, nos citados Municípios, constatou-se que os princípios ativos que compunham os herbicidas mais vendidos na Bacia e no Município de Marechal Floriano foram o Glifosato, 2,4-D, Picloram e Paraquat.

Quadro 10 - Ranking dos 4 princípios ativos que mais compunham os herbicidas comercializados na Bacia Hidrográfica do Rio Jucu e no Município de Marechal Floriano

Princípio ativo	Total do ano de 2016 (kg) na Bacia Hidrográfica do Rio Jucu	Total do ano de 2016 (kg) em Marechal Floriano
Glifosato	35119,268	21591018
2,4 D	5541,615	1866696
Picloram	2426,960	482754
Paraquat	1653,440	846776

Fonte: Elaboração própria (2017).

É necessário ressaltar que, durante o levantamento de dados referentes ao ano de 2016, apenas aproximadamente 54,5% dos comerciantes localizados na Bacia hidrográfica do Rio Jucu, e 50% dos localizados em Marechal Floriano enviaram as fichas ao IDAF, portanto, os valores descritos podem ser muito superiores ao apresentado.

Portanto, os agrotóxicos citados no Quadro 10 deveriam ter prioridade no monitoramento e seus efeitos no meio ambiente e na saúde da população pesquisados. Para agravar mais ainda a situação, o Brasil sequer estabelece um valor máximo para água potável ou subterrânea para o Picloran e o Paraquat, ou seja, há uma necessidade de ampliação no escopo de agrotóxicos monitorados ao menos em nível Estadual já que eles estão dentre os mais comercializados no Espírito Santo.

Estudo realizado por Aronzon e outros (2011) concluíram que tanto o ingrediente ativo quanto a formulação comercial do 2,4-D representam um potencial risco ecológico, devido à teratogenicidade causada aos embriões do sapo *Rhinella arenarum*, resultando em redução do tamanho do corpo, desenvolvimento tardio e microcefalia.

A exposição em longo prazo a baixos níveis de 2,4-D pode afetar peso final, comprimento total do corpo, taxa de crescimento e a composição do muco externo do peixe da espécie *Rhamdia quelen* (Menezes *et al.*, 2015).

A administração de doses mais baixas de 2,4-D em ratos *Wistar* por quatro semanas resultou na perda de peso do cérebro e na atividade da enzima acetilcolinesterase (AMEL *et al.*, 2016). A mudança na atividade da acetilcolinesterase é um indicador do dano da membrana, que pode estar relacionado à geração de radicais livres produzidos pelo 2,4-D aplicado (DAKHAKHNI *et al.*, 2016).

Alguns estudos demonstraram que o Paraquat é um dos poucos herbicidas capazes de controlar o crescimento de ervas daninhas que se tornaram resistentes ao Glifosato (WALSH; POWLES 2007). Seu modo de ação, como um inibidor competitivo de elétrons fotossintéticos torna-se potencialmente letal para uma grande variedade de espécies não-alvo de produtores primários, incluindo microalgas (FRANQUEIRA *et al.*, 1999).

O Paraquat exerce seus efeitos tóxicos através da geração de radicais livres de oxigênio. Este radical reage com oxigênio, produzindo superóxidos que causam danos aos componentes celulares, incluindo DNA e peroxidação lipídica, acarretando na morte celular (SUNTRES, 2002). Recentemente, em 19 de outubro de 2017, a ANVISA decidiu pelo banimento do Paraquat, e determinou o prazo de três anos para que seja finalizado o seu uso, além de recomendar que ele seja aplicado apenas com o auxílio de tratores de cabine fechada. Na

literatura, os estudos ressaltando os malefícios do Paraquat datam de mais de 20 anos, entretanto, somente em 2017, o Brasil adotou medidas restringindo e banindo o seu uso.

O herbicida Picloram apresenta um alto período de atividade residual em solos (SANTOS *et al.*, 2013). Essa característica dificulta a curto e em médio prazo o cultivo de várias espécies agrícolas em locais onde ele tenha sido empregado. Além disso, quanto maior o tempo de permanência do herbicida no solo, maior o risco de contaminação do lençol freático (BOVEY; RICHARDSON, 1991).

### 5.1.3 VIGIÁGUA: Condições do Abastecimento da Água e Monitoramento de Agrotóxicos.

Aos responsáveis pelo VIGIÁGUA foram requeridos o acesso ao banco de dados do monitoramento de agrotóxicos e informações sobre as condições do abastecimento de água no Espírito Santo.

Em relação ao monitoramento semestral de agrotóxicos pelo Programa VIGIÁGUA, foi obtida a informação que este se iniciou no ano de 2014, mas ainda não contempla todos os municípios do Estado. O monitoramento é realizado apenas em Domingos Martins, Santa Maria de Jetibá, Afonso Claudio, Santa Teresa, Venda Nova do Imigrante, Aracruz, Linhares, Presidente Kennedy, Marataízes, Itapemirim, Iconha, Anchieta, São Mateus, Pinheiros e Jaguaré. Ou seja, somente 15 dos 78 Municípios do Estado são monitorados.

Ao questionar quais as dificuldades que o Programa encontra na execução do monitoramento foram listadas:

- a) Rotatividade das Referências Técnicas dos Municípios do Programa;
- b) Transporte das amostras do Município ao Laboratório Central (LACEN) vinculado a Secretária de Saúde e das mesmas ao laboratório de referência da Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ), o Instituto Evandro Chagas.

O Instituto Evandro Chagas analisa apenas 15 dos 27 agrotóxicos listados na Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde, inclusive, em 2014 o Ministério Público Federal no Mato Grosso do Sul determinou que o Laboratório passasse a obedecer à legislação e caso não haja tecnologia suficiente, a União deve nomear novo laboratório, “cuja tecnologia seja condizente a investigar todas as substâncias contidas na Portaria” (BRASIL, 2014).

Os resultados das análises são disponibilizados no Gerenciador de Ambiente Laboratorial-GAL e posteriormente acessíveis no Sistema de Informação da Vigilância da Qualidade da água para Consumo Humano (SISAGUA). Dentre as funções do SISAGUA está a promoção da melhoria da qualidade da água destinada à população a partir da geração de informações em tempo hábil para planejamento, tomada de decisão e execução de ações de saúde relacionadas à água para consumo humano (BRASIL, 2017). Entretanto, apesar de o SISAGUA ser uma ferramenta de informação, e os seus dados serem de domínio público, o seu acesso na íntegra só ocorre mediante análise de pedido protocolado e autorização da pessoa responsável pelo setor. A burocracia para ter acesso a tais dados é entendida mais como uma barreira do que como uma necessidade e acaba por desestimular a própria população de atuar como sujeito fiscalizador e também seu acesso para uso nas pesquisas acadêmicas.

No Estado do Espírito Santo havia, no ano de 2016, com tratamento completo (coagulação, floculação, decantação/flotação, com filtração, com desinfecção), 399 SAA cadastrado no SISAGUA, dos quais 278 utilizam captação de água superficial, 99 de água subterrânea e 22 captações conjunta subterrânea e superficial.

Os Municípios de Bom Jesus do Norte, Ibitirama, Laranja da Terra, Mantenópolis, Marechal Floriano, São Domingos do Norte e Vargem Alta não aparecem na listagem dos Municípios com SAA Cadastrados. Ao verificar a situação de Marechal Floriano, constatou-se que a Estação de Tratamento de água (ETA), sob a Administração da CESAN, encontra-se com o Status Não Atualizado/ Inativo, e sua última atualização foi em 23/03/2015. Na mesma situação está a Pró RURAL Araguaia que ficava sob os cuidados da Prefeitura de Marechal Floriano, o cadastro desta foi em 01/01/2015. Nos outros Municípios a condição era semelhante: seus registros datavam de 2015, sendo que deveriam ser atualizados anualmente. O cadastramento tem a finalidade de obter informações relevantes para o conhecimento das etapas que compõem os sistemas de abastecimento de água, para a construção de indicadores que permitam mapear grupos e fatores ou situações de riscos, além de permitir avaliação da sua distribuição e evolução, espacial e temporal. Permite também conhecer o quantitativo populacional abastecido por SAA, SAC e SAI, e identificar a parcela da população sem acesso à água tratada. Por meio do cadastro, identificam-se: os mananciais de abastecimento; o processo utilizado para o tratamento da água; e quais os bairros que são abastecidos por

SAA, SAC e/ou SAI (BRASIL, 2006). As informações utilizadas para o cadastramento no SISAGUA estão no ANEXO C.

Na Tabela 1, encontra-se relacionado o percentual da população abastecida por SAA, SAC e SAI no Espírito Santo.

Tabela 1 - Percentual da população abastecida por SAA, SAC e SAI no Espírito Santo

Ano	População total no ES	População abastecida por SAA	%	População abastecida por SAC	%	População abastecida por SAI	%	Total%
2014	3.839.366	2.996.465	78	72.665	1,89	21.303	0,55	80,49
2015	3.885.049	2.888.696	74	113.608	2,92	33.532	0,86	78,13
2016	3.929.911	3.059.905	77	217.330	5,5	33.555	0,85	84,21

Fonte: Adaptado do SISAGUA (2016).

A partir das informações do Quadro 11, pode-se observar que, no ano de 2016, 15,79% da população encontrava-se excluída do acesso à água por meio de alguma captação que esteja incluída nos cadastros do VIGIÁGUA.

No ANEXO D, encontram-se os resultados referentes ao monitoramento de agrotóxicos no ano de 2014 realizado pelo VIGIÁGUA.

A Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde recomenda o monitoramento de 27 agrotóxicos (2,4 D + 2,4,5 T; Alaclor; Aldicarbe + Aldicarbesulfona + Aldicarbesulfóxido; Aldrin + Dieldrin; Atrazina; Carbendazim + benomil; Carbofurano; Clordano; Clorpirifós + clorpirifós-oxon; DDT+DDD+DDE; Diuron; Endossulfan ( $\alpha$   $\beta$  e sais); Endrin; Glifosato + AMPA; Lindano (gama HCH); Mancozebe; Metamidofós; Metolacloro; Molinato; Parationa Metflica; Pendimentalina; Permetrina; Profenofós; Simazina; Tebuconazol; Terbufós; Trifluralina), porém, no ano de 2014, apenas 15 foram analisados, em 15 dos 78 Municípios do Espírito Santo. Deve-se destacar que o Glifosato, o herbicida mais comercializado no Estado foi um dos que não foram monitorados. A situação tornou-se mais complicada, nos anos de 2015 e 2016, nos quais nenhuma análise de agrotóxico foi realizada. Evidencia-se, assim, a fragilidade do Programa no Estado, bem como a necessidade de sua revisão com a intenção de se garantir melhorias em sua eficiência.

Do monitoramento realizado pelo VIGIAGUA, a maior parte das análises dos agrotóxicos apresentaram como resultado “Inferior ao Limite de Quantificação”, fato este que precisa ser investigado quanto ao limite de detecção do método empregado na análise, que pode não ser sensível o suficiente para determinar tal analito ou se a matriz da amostra possui algum interferente de análise, além da necessidade de se fazer um estudo regional do uso e ocupação do solo para inferir qual seria a melhor época para a amostragem, pois cada agrotóxico é usado em maior ou menor quantidade em um determinado período do ano e lavoura.

#### 5.1.4 Monitoramento Realizado pela Cesan

A CESAN é a empresa responsável por captar, tratar e distribuir água, bem como coletar e tratar esgotos sanitários. De acordo com o Relatório de Etapa A da Elaboração de Projeto Executivo para Enquadramento dos Corpos de Água em Classes e Plano de Bacia para os Rios Santa Maria da Vitória e Jucu de março de 2016 (ESPÍRITO SANTO, 2016) são 8 os pontos de monitoramento de água bruta na Bacia Hidrográfica do Rio Jucu realizados pela CESAN:

1. Aracê/Rio Jucu Braço Norte
2. Ponto Alto/Córrego Areinha
3. Mar. Floriano/Rio Jucu Braço Sul
4. Araçatiba/Rio Jacarandá
5. Viana/Rib. Sto Agostinho
6. Viana/Rio Formate
7. Jucu/Rio Jucu
8. Caçaroca/Rio Jucu

Todas as análises realizadas encontravam-se dentro dos limites permitidos pela legislação (ESPÍRITO SANTO, 2016).

Com relação aos Resultados fornecidos pela CESAN da amostragem de água bruta feita em Caçaroca/Rio Jucu, próximo à Estação de Captação de água bruta de Caçaroca, no Município de Cariacica, todos os Agrotóxicos da Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde foram monitorados no período em questão (2011 a 2016), porém, com frequência variável a exigida pela já referida Portaria. Esta solicita o monitoramento semestral dos agrotóxicos, entretanto

para o Carbendazim, Clordano (alfa e gama), Diuron, Endossulfan (alfa+beta+sulfato), Mancozebe, Glifosato+AMPA, Metamidofós, Paration Metílica, Profenofos, Tebuconazol e Terbufos o monitoramento passou a ser realizado duas vezes ao ano somente a partir do segundo semestre de 2013.

No decorrer desse período foram realizadas 31 amostragens e em todos os laudos os valores apresentaram-se inferiores ao limite de quantificação, portanto, estavam enquadrados dentro do que a legislação brasileira permite. Os valores aceitos pela Portaria 2914 do Ministério da Saúde encontram-se no ANEXO F do trabalho. Entretanto, o limite de quantificação de alguns métodos é superior ao mínimo permitido pela Legislação Europeia, como é o caso do Glifosato, cujo limite máximo permitido é de 0,1  $\mu\text{g. L}^{-1}$  enquanto o limite mínimo de quantificação indicado nos resultados da CESAN é de 0,12  $\mu\text{g. L}^{-1}$ .

As análises são realizadas por laboratório terceirizado, regulamentado por órgãos competentes para o seu devido funcionamento. Os Laboratórios que já realizaram análises para a Cesan foram o ASL, ECOLABOR e BIOAGRI, e atualmente, as análises são feitas pelo Tommasi Ambiental.

O órgão possui um sitio eletrônico para informações sobre os parâmetros de qualidade da água, que pode ser acessado no seguinte link: <<https://www.cesan.com.br/servicos/minha-agua/qualidade-da-agua/>>, porém nas buscas realizadas não foram encontrados resultados de agrotóxicos, e nem do monitoramento da água bruta.

## **5.2 Modelos Preditivos**

### **5.2.1 *Software* Agroscre como Ferramenta para o Método de *Goss***

O Método de *Goss* foi aplicado utilizando-se o *Software* Agroscre como recurso eletrônico para os 04 princípios ativos de herbicidas mais encontrados nas formulações comercializadas em Marechal Floriano: Glifosato, 2,4D, Picloram e Paraquat. O programa foi fomentado com os dados demonstrados no Quadro 11.

Informações de entrada no <i>Software</i>	Princípios ativos			
	Glifosato	2,4 D	Picloram	Paraquat
Solubilidade (ppm)	10500	24300	560	620000
Constante de Henry (Pa.m <sup>3</sup> .mol <sup>-1</sup> )	2.10 X 10 <sup>-7</sup>	4,0 X 10 <sup>-06</sup>	3,0 X 10 <sup>-07</sup>	4,00 X 10 <sup>-12</sup>
Meia vida no Solo (dias) a 20°C	15,0	4.4	318	5000
Meia vida na água (dias)	9.9	7.7	80,8	10
koc	1424	39.3	13	1000000
Pluviosidade Média anual na Região	1493mm			
Solo Poroso	Sim			
Presença de Aquífero confinado	Sim			

Fonte: Adaptado de Pesticide Properties DataBase (2017) e Incaper (2013).

A partir do conjunto de regras que compõem o método de *Goss* e das informações de entrada do Quadro 11, o *Software* Agroscre subdivide automaticamente o potencial de transporte dos agrotóxicos em questão, em dissolvido na água e associado ao sedimento. Em seguida classifica o composto em Alto, Médio ou Baixo Potencial de transporte.

Com a inserção dos dados citados obtiveram-se os resultados apontados na Figura 7.

Figura 7 - Interface do *Software* Agroscre e resultados obtidos

```

* EMBRAPA MEIO AMBIENTE -      A G R O S C R E      *
*****
AVALIACAO DE RISCO DE PRINCIPIOS ATIVOS DE AGROTOXICOS
POR MODELOS MATEMATICOS DO TIPO SCREENING

Escolha apresentacao dos dados (1= impresso/ 2= tela/ 3=arquivo)? 2
EMBRAPA MEIO AMBIENTE - RESULTADOS DO AGROSCRE PARA OS PRINCIPIOS ATIVOS ANALISA
DOS:
P.A.          GUS\valor      GOSS_SED      GOSS_DIS      EPA
-----
Glifosato MF      \ 0.00        M             M
2.4 D MF         \ 0.00        B             M
Picloram MF       \ 0.00        M             A
Paraquat MF       \ 0.00        A             B

Pressione <enter> para continuar?

```

Fonte: Embrapa (2017).

O agrotóxico que apresentou alto potencial de transporte dissolvido na água foi o Picloram. Portanto, talvez este seja prioritário no monitoramento em águas do Rio Jucu, pois de acordo

com o Método de Goos tem uma maior probabilidade de ser transportado dissolvido em água. Já o Glifosato e o 2,4-D apresentaram Médio Potencial e o Paraquat um Baixo Potencial. Em contrapartida, avaliando-se o potencial de transporte associado ao sedimento, o Paraquat apresentou alto potencial de transporte.

### 5.2.2 *Software* ARAquá: Auxiliador nas Avaliações de Riscos Ambientais de Agrotóxicos em Cenários de Uso Agrícola

O *Software* ARAquá foi aplicado para o Município de Marechal Floriano. Para o cálculo da quantidade de herbicida por hectare, foi considerado apenas 50% da área de agricultura visto que apenas 50% dos comerciantes situados no Município de Marechal Floriano entregaram as fichas de comercialização ao IDAF no ano de 2016. Optou-se por fazer essa redução de 50% da área de aplicação do modelo com o intuito de aproximar o resultado encontrado, da realidade. Portanto, para o cálculo de dose/hectare foi considerado 3646ha, visto que a área total de agricultura era de 7292 ha.

Na Tabela 2, encontra-se a g/ha de cada princípio ativo usado para a aplicação do *Software* ARAquá.

Tabela 2 - Estimativa da dose de princípio ativo por hectare em 50% da área de agricultura de Marechal Floriano

Princípio ativo	Total comercializado no ano de 2016 (g)	Quantidade Dose g/há no ano de 2016
Glifosato	21591018	5921,837
2,4-D	1866696	511,984
Paraquat	846776	232,247
Picloram	482754	132,496

Fonte: Elaboração própria (2017).

O Coeficiente de Escoamento superficial foi considerado em 0,30 devido as características de declividade, tipo de solo e cobertura vegetal (CARVALHO, 2006).

O Coeficiente de sorção, Meia Vida Toxicidade animal aquático e a Toxicidade para e encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3 - Informações sobre os princípios ativos para o uso do *Software* ARAquá

Ingrediente Ativo	Glifosato	2,4 D	Picloran	Paraquat
Padrão de potabilidade na água ug.L <sup>-1</sup>	500	30	0,1*	0,1*
Coefficiente de sorção ml/g	1424	39,3	13	1000000
Meia Vida (dias)	9,9	7,7	80,8	10
Toxicidade animal aquático ug.L <sup>-1**</sup>	4000	10000	8800	1900
Toxicidade Planta ug.L <sup>-1***</sup>	12000	2700	102000	37

Fonte: Adaptado Pesticides Properties DataBase (2017).

Notas: \*União Europeia; \*\* Peixe - Agudo 96 horas; \*\*\* Plantas aquáticas - Aguda 7 dias.

Para o padrão de potabilidade do Picloran e o Paraquat foram utilizados dados da União Europeia, pois o Brasil não estabelece um valor máximo para água potável ou subterrânea desses compostos.

No Quadro 12, encontram-se sintetizadas as informações referentes ao Solo e à Localidade, que foram extraídas das referências mencionadas na metodologia do trabalho.

Quadro 12 - Informações sobre a localidade para a aplicação do *Software* ARAquá

Solo		Localidade (Água Superficial)	
Profundidade	00-0,20m	Declividade do Terreno	1,5%
Capacidade de Campo	0,284 kg <sup>-1</sup>	Interceptação de Plantas	50%
Densidade	1,46 g cm <sup>-3</sup>	Faixa de Contenção	0
Carbono Orgânico	12,12	Coefficiente de escoamento superficial	0,50

Fonte: Elaboração própria, a partir de Ruiz, Ferreira e Pereira (2003); Effgen (2006) e Carvalho (2006).

Os resultados obtidos no ARAquá estão demonstrados nas Figuras 08, 09, 10 e 11.

Figura 8 - Interface do *Software* ARAquá para o Glifosato

**Cálculo - Água Superficial**

Agrotóxico: Glifosato Jucu | Dose (g/ha): 5321,837 | Solo: Solo Jucu | Localidade: Marechal Floriano- Braço Sul do Rio Jucu

Inserir dose manualmente (g/ha):

**Calcular** | **Gerar Relatório PDF**

**Concentração Estimada na Água Superficial**  
0,00 (ug i.a./L)

**Padrão de Potabilidade**  
500 (ug/L)

**CE50 Animais Aquáticos**  
40000 (ug/L)

**CE50 Plantas Aquáticas**  
12000 (ug/L)

**Quociente de Risco - Padrão de Potabilidade**  
1,48E-6  
Atende o padrão de potabilidade

**Quociente de Risco - Animais Aquáticos**  
1,85E-8  
Sem risco aquado

**Quociente de Risco - Plantas Aquáticas**  
6,17E-8  
Sem risco aquado

Fonte: *Software* ARAquá, Embrapa (2017), gerado a partir dos dados inseridos.

Figura 9 - Interface do *Software* ARAquá para o 2,4-D

**Cálculo - Água Superficial**

Agrotóxico: 2,4 D Jucu | Dose (g/ha): 511,984 | Solo: Solo Jucu | Localidade: Marechal Floriano- Braço Sul do Rio Jucu

Inserir dose manualmente (g/ha):

**Calcular** | **Gerar Relatório PDF**

**Concentração Estimada na Água Superficial**  
0,00 (ug i.a./L)

**Padrão de Potabilidade**  
30 (ug/L)

**CE50 Animais Aquáticos**  
100000 (ug/L)

**CE50 Plantas Aquáticas**  
2700 (ug/L)

**Quociente de Risco - Padrão de Potabilidade**  
7,27E-5  
Atende o padrão de potabilidade

**Quociente de Risco - Animais Aquáticos**  
2,18E-8  
Sem risco aquado

**Quociente de Risco - Plantas Aquáticas**  
8,07E-7  
Sem risco aquado

Fonte: *Software* ARAquá, Embrapa (2017), gerado a partir dos dados inseridos.

Figura 10 - Interface do *Software* ARAquá para o Paraquat.

**Cálculo - Água Superficial**

Agrotóxico: Paraquat Jucu | Dose (g/ha): 232,247 | Solo: Solo Jucu | Localidade: Marechal Floriano- Braço Sul do Rio Jucu

Inserir dose manualmente (g/ha):

**Calcular** | **Gerar Relatório PDF**

**Concentração Estimada na Água Superficial**  
0,00 (ug i.a./L)

**Padrão de Potabilidade**  
0,1 (ug/L)

**CE50 Animais Aquáticos**  
19000 (ug/L)

**CE50 Plantas Aquáticas**  
37 (ug/L)

**Quociente de Risco - Padrão de Potabilidade**  
4,14E-8  
Atende o padrão de potabilidade

**Quociente de Risco - Animais Aquáticos**  
2,18E-13  
Sem risco aquado

**Quociente de Risco - Plantas Aquáticas**  
1,12E-10  
Sem risco aquado

Fonte: *Software* ARAquá, Embrapa (2017), gerado a partir dos dados inseridos.

Figura 11 - Interface do *Software* ARAquá para o Picloram.

Fonte: *Software* ARAquá, Embrapa (2017), gerado a partir dos dados inseridos.

Em relação aos 04 herbicidas (Glifosato, 2,4 D, Paraquat e Picloram) não foram encontrados riscos para os animais aquáticos e para as plantas. Todos estariam dentro do padrão de potabilidade. Estes valores podem não corresponder à realidade, visto que o *Software* foi aplicado para uma área extensa, e deveria haver um estudo mais aprofundado da localidade. Uma limitação percebida durante a aplicação do modelo foi que, diferentemente de outros países, como por exemplo, os Estados Unidos e União Europeia, o Brasil não possui uma base de dados oficial e concisa, contendo informações confiáveis de solo e agrotóxicos para as nossas condições ambientais que poderiam ser utilizadas no preenchimento das informações que o modelo solicita.

### 5.3 Monitoramento do Glifosato em Águas Superficiais

Durante o projeto inicial do trabalho havia a intenção de validar a metodologia para a quantificação de Glifosato e AMPA, usando o cromatografo iônico IC 930 da Metrohm Instrumentação Analítica conforme determina a DOQ-CGCRE-008 Revisão 03 de fevereiro de 2010 do INMETRO. E usando critérios que envolvem Especificidade/Seletividade, Função da Resposta, Intervalo de Trabalho, Linearidade, Sensibilidade, Exatidão, Precisão (repetitividade, precisão intermediária e reprodutividade), Limite de Detecção (LD), Limite de Quantificação (LQ) e Robustez (BRITO, *et al.*, 2003).

Conforme recomendação do fabricante do equipamento, foram utilizados como Eluente A uma solução contendo 0,106 g de carbonato de sódio, 0,792 mL de solução de hidróxido de

sódio a 50% avolumados para 1L de água ultrapura. Para o Eluente B foi usado 1,589 g de carbonato de sódio avolumado para 1L de água ultrapura (tipo1).

Com base nas Legislações brasileiras, foram escolhidos os seguintes pontos para a curva de validação tanto do Glifosato quanto do AMPA: 10, 100, 500, 700 e 1000 $\mu\text{g.L}^{-1}$ . Para cada concentração, de ambos compostos, foram realizadas 10 replicatas usando-se como matriz água ultrapura e outras 10 replicatas usando a matriz da amostra (água bruta) para observar a presença de interferentes na amostra. O tempo de análise (corrida) era de cerca de 40 minutos. Todos os padrões encontravam-se na validade e possuíam certificado MRC.

Entretanto, o equipamento não correspondeu ao esperado e o processo de validação foi interrompido, pois os valores entre cada replicada apresentaram uma grande variação, não correspondendo o valor teórico com o real. Rubbo (2015) em seus estudos utilizando um cromatógrafo iônico da mesma marca utilizada nos experimentos da UFES, não conseguiu identificar entre os picos gerados qual era o do Glifosato.

Como alternativa, as amostras foram analisadas por meio de HPLC/UV no laboratório de Química Ambiental da USP.

Como consequência verificou-se que das 11 amostragens para a análise de Glifosato, 03 apresentaram contaminação. Este resultado reforça a necessidade de rever o tempo de monitoramento exigido por Lei que é semestral. Os cromatogramas encontra-se no ANEXO E. Não houve correlação entre os resultados do monitoramento e o *Software* ARAquá, pois este estimou como zero a concentração do Glifosato na água. Já com relação ao resultado do Agroscre, o resultado do monitoramento aproximou-se mais, pois o Agroscre identificou como médio o potencial de transporte dissolvido do Glifosato.

As coletas que mostraram valores positivos para o composto aconteceram do início do mês de junho ao início do mês de julho e não coincidiram com dias chuvosos conforme se pode verificar no Quadro 13.

Quadro 13 - Resultados dos Cromatogramas das análises de glifosato

Coleta	Data	Temperatura máxima e mínima (C°)	Precipitação nas últimas 24h	Precipitação no momento da Coleta	Concentração de Glifosato ( $\mu\text{g. L}^{-1}$ )
1	02/04/2017	28-20	Sim	Sim	ND
2	22/04/2017	35-21	Não	Não	ND
3	13/05/2017	29-17	Não	Não	ND
4	20/05/2017	26-20	Sim	Sim	ND
5	03/06/2017	26-22	Não	Não	ND
6	09/06/2017	32-23	Não	Não	49,9
7	17/06/2017	27-18	Não	Não	26,2
8	22/06/2017	26-18	Sim	Não	ND
9	01/07/2017	27-17	Sim	Não	ND
10	08/07/2017	24-18	Não	Não	66,4
11	21/07/2017	24-16	Não	Não	ND

Fonte: Elaboração própria (2017).

ND: Não detectado.

No Quadro 14 há um comparativo relacionando os valores de Glifosato encontrados nas análises com as legislações reguladoras.

Quadro 14 - Comparação entre os resultados do monitoramento de Glifosato e as Legislações

Legislação para o Glifosato	Limite Máximo Permitido ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	Valores encontrados estão adequados à legislação?
Brasil-Conama 357 para água doce Classe 1	65	Não
Portaria 2914 para água Potável (somatório de Glifosato e AMPA)	500	Sim
Legislação Europeia	0,1	Não
Legislação Americana	700	Sim

Fonte: Elaboração própria (2017).

Portanto, para algumas legislações a água não estaria adequada. Apesar de somente 03 das 11 amostras terem acusado a presença de Glifosato, os indicadores de contaminação não podem ser desconsiderados, até mesmo porque não se pode garantir que, no período de coleta das 09 amostras onde não foi detectada a substância, os agricultores locais encontravam-se fazendo o uso do Glifosato em suas lavouras. Destaca-se que não se trata de produto que é utilizado, durante todos os dias do ano, mas sim apenas em períodos específicos.

Sendo assim, a presença de Glifosato em 03 amostras apresenta-se como suficiente para apontar, ao menos, a existência de problemas ligados ao seu manejo e aplicação, naquela região.

Ademais, verifica-se que o Poder Público vem renunciando a receitas fiscais justamente em uma das áreas que mais sofrem as consequências do uso de agrotóxicos: a saúde. Nesse sentido, ao se diminuir a arrecadação da COFINS, gera-se um impacto direto na Seguridade Social, e em suas três esferas: saúde, previdência social e assistência social. Que, por sua vez, são justamente essas prestações governamentais mais demandadas pelas pessoas que sofrem diretamente os impactos do uso de agrotóxico. A utilização desses produtos pode acarretar sérios danos à saúde (podendo gerar a utilização do Sistema Único de Saúde) e até mesmo provocar uma invalidez permanente ou temporária para o trabalho (podendo ocasionar a necessidade de obtenção de benefício da previdência social ou da assistência social, a depender do caso).

Nesse contexto, verifica-se que a postura do Governo tem posicionamento diametralmente oposto ao que deveria ser adotado. Considerando-se que os agrotóxicos podem trazer um agravamento da saúde e fazer com que a pessoa tenha que se valer da Seguridade Social, deveria ocorrer uma tributação com maior ênfase sobre esses produtos.

## 6 CONCLUSÕES

Por meio do DPSIR foi possível identificar as interações entre a sociedade e o meio ambiente podendo ser um auxiliador na tomada de decisões. Entretanto, o modelo apresenta limitações por simplificar em demasia as relações complexas existentes entre o meio ambiente e a dinâmica social que está em constante transformação.

Apenas 35,02% da quantidade de fichas de controle da venda de agrotóxicos foram encaminhadas pelos comerciantes ao IDAF em 2016, evidenciando-se que de fato não se está ocorrendo efetiva fiscalização da comercialização dos agrotóxicos. Ao tabular e analisar as informações contidas nas fichas obteve-se que 1.904.856 L (um milhão e novecentos e quatro mil e oitocentos e cinquenta e seis Litros) somente de herbicidas foram vendidas em 2016, este número poderia ser muito maior caso fossem analisadas 100% das fichas. O Glifosato estava presente em 72% das formulações de herbicidas comercializadas no Estado. Obteve-se também que o Município que mais vende herbicidas é São Gabriel da Palha e os princípios ativos mais presentes nas formulações comercializados no Espírito Santo, na Bacia Hidrográfica do Rio Jucu e no Município de Marechal Floriano foram o Glifosato, 2,4-D, Picloram e Paraquat.

O Programa Vigiágua no Estado precisa de melhorias, para ser mais efetivo, pois apenas 15 dos 27 agrotóxicos exigidos na Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde são monitorados na água, em somente 15 dos 78 Municípios que compõem o Estado. O Glifosato que, apesar de ser o agrotóxico mais comercializado no Espírito Santo, sequer integrou a lista das substâncias analisadas pelo VIGIAGUA.

Dentre os resultados fornecidos pela CESAN, todos encontravam-se dentro do Limite permitido pela Lei Brasileira.

Com relação aos modelos preditivos, estes se apresentam como importante ferramenta de pesquisa, especialmente quando já disponíveis em *Softwares*, pois otimizam o tempo e diminui a chance de erros de cálculos realizados manualmente. Entretanto, cabe ressaltar que foi percebida a precariedade de informações oficiais necessárias para a aplicação dos *Softwares* ARAQUÁ E AGROSCRE utilizados na Pesquisa. Houve dificuldade de acesso a elementos relacionados, por exemplo, às características edáficas em nível de Município e aos

parâmetros físico-químicos e ecotoxicológicos apropriados para cada contexto morfoclimático brasileiro.

No tocante aos resultados das análises feitas nas amostras de águas coletadas para a presente dissertação, constatou-se a presença de Glifosato em algumas delas, nas concentrações que variaram de 26,2 a 66  $\mu\text{g. L}^{-1}$ . Tal fator é um indicativo de possíveis problemas que a área de estudo pode estar sofrendo, em razão da contaminação das águas superficiais do Rio Jucu, em razão do uso de agrotóxico, nas lavouras de seu entorno ou até mesmo na pequena área urbana do Município.

Deve-se destacar que o Rio Jucu é utilizado para a captação de água, para consumo humano. Por conseguinte, toda e qualquer contaminação que venha a sofrer pode ter impacto em elevado número de pessoas.

Não obstante a direta relação entre o uso de agrotóxico e o agravamento da saúde humana, o Governo Federal, constantemente, vem promovendo benefício e incentivos fiscais, para a produção de agrotóxicos. Nesse sentido, segundo apontado em momento anterior, um dos principais meios de desoneração tributária para os fabricantes e comerciantes de agrotóxicos consiste na redução da alíquota ou até mesmo a isenção da COFINS. O tributo em questão tem como função servir como uma das formas de custeio da Seguridade Social.

Com base em tais informações, verifica-se que o Poder Público vem renunciando a receitas fiscais justamente em uma das áreas que mais sofrem as consequências do uso de agrotóxicos: a saúde.

## 7 RECOMENDAÇÕES

Como Resposta ao modelo DPSIR proposto no início do trabalho está o investimento em novas tecnologias para o tratamento de água, visto que o modelo convencional foi desenvolvido em uma época em que a composição de contaminantes conhecidos do corpo hídrico era diferente do que se sabe na atualidade.

Os compostos que não são retirados ou degradados durante o tratamento, estarão presentes também nos efluentes finais, e estes serão despejados nos corpos hídricos para posterior captação e reuso da água. Como a maioria das estações de tratamento de água para abastecimento público no Brasil é baseada no sistema convencional, a presença na água potável de uma ampla gama de compostos oriundos dos agrotóxicos não pode ser desprezada. Nesse sentido, sugere-se o monitoramento das Estações de Tratamento de Água.

A tomada de decisão não é de responsabilidade apenas do executivo, judiciário e legislativo, ela pode partir daqueles que estão diretamente em contato com os agrotóxicos: os agricultores. A falta de acompanhamento técnico no uso dos agrotóxicos faz com que a tomada de decisão do agricultor seja baseada apenas na produtividade, sem levar em conta a saúde e o meio ambiente.

Fiscalização, investimento em informação e educação torna-se necessário, pois vários produtos entram ilegalmente no país e muitos agricultores sequer sabem diferenciá-los de um agrotóxico legal, e por vezes são até atraídos por preços mais acessíveis ignorando o fato de serem contrabandeados. Se o contrabando existe, é porque no mercado há quem compre esses produtos de procedência duvidosa. Muitas dessas substâncias que entram de forma ilícita sequer possuem a sua venda autorizada no país devido à alta toxicidade, acarretando mais risco ao meio ambiente e burlando o frágil sistema de venda- uso – fiscalização de agrotóxicos existente no Brasil.

O Brasil carece de leis mais rígidas, principalmente no que diz a respeito da falta de periodicidade em reavaliar os registros dos agrotóxicos. Instrumentos de controle e fiscalização que funcionam na prática, que abrangem desde a empresa fabricante do agrotóxico até o usuário final do produto é de extrema importância, pois qualquer falha no elo da cadeia pode trazer prejuízos ao meio ambiente e à saúde. Como consequência, verifica-se a

necessidade de atualização legislativa, principalmente, para que as leis brasileiras acompanhem o sistema de controle e restrição da comercialização e uso de agrotóxicos que vem sendo adotado por países como os da União Europeia.

Durante o trabalho, percebeu-se uma carência de informações a respeito dos efeitos do AMPA na saúde e no meio ambiente. Como consequência, sugere-se que estudos sejam realizados com o metabolito do Glifosato.

O estudo realizado no Estado do Espírito Santo focou principalmente nos herbicidas, mas as outras classes de agrotóxicos também apresentam deficiência de informações que precisam ser buscadas.

## 8 REFERÊNCIAS

AKTAR, W; SENGUPTA, D; CHOWDHURY, A. Impact of pesticides use in agriculture: their benefits and hazards. **Interdisciplinary toxicology**, v. 2, n. 1, p. 1-12, 2009.

ALI, U.; SYED, J. H.; MALIK, R. N.; KATSOYIANNIS, A., Li, J.; ZHANG, G., & JONES, K. C. Organochlorine pesticides (OCPs) in South Asian region: a review. **Science of the Total Environment**, v. 476, p. 705-717, 2014.

AMARANTE JUNIOR, O. P. de; SANTOS, T. C. R. dos; BRITO, N. M.; RIBEIRO, M. L. Glifosato: propriedades, toxicidade, usos e legislação. **Quim. Nova**, v. 25, n. 4, p. 589-593, 2002.

AMEL, N.; Wafa, T.; SAMIA, D.; YOUSRA, B.; ISSAM, C.; CHERAIF, I.; MOHAMED, H. Extra virgin olive oil modulates brain docosahexaenoic acid level and oxidative damage caused by 2, 4-Dichlorophenoxyacetic acid in rats. **Journal of food science and technology**, v. 53, n. 3, p. 1454-1464, 2016.

BENETTI, F. **Desenvolvimento e validação de metodologia para determinação multirresíduo de Glifosato e AMPA via CG-EM em amostras ambientais**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

BERENZEN, N.; LENTZEN-GODDING, A.; PROBST, M.; SCHULZ, H.; SCHULZ, R., & LIESS, M. A comparison of predicted and measured levels of runoff-related pesticide concentrations in small lowland streams on a landscape level. **Chemosphere**, v. 58, n. 5, p. 683-691, 2005.

BINIMELIS, R; MONTERROSO, I; RODRÍGUEZ-LABAJOS, B. Catalan agriculture and genetically modified organisms (GMOs) — An application of DPSIR model. **Ecological Economics**, v. 69, n. 1, p. 55-62, 2009.

BLAIR, A.; RITZ, B.; WESSELING, C.; & FREEMAN, L. B. **Pesticides and human health**. 2015.

BOCHNER, R. Óbito ocupacional por exposição a agrotóxicos utilizado como evento sentinela: quando pouco significa muito. **Vigilância Sanitária em Debate: Sociedade, Ciência & Tecnologia**. Rio de Janeiro, v. 3, n. 4, p. 1-11, 2015.

\_\_\_\_\_. **Agrotóxicos: a história por traz dos números**. 2015. Disponível em: <<http://confap.org.br/news/artigo-de-pesquisadora-da-fiocruz-relaciona-morte-de-trabalhadores-por-agrotoxicos-e-sua-subnotificacao/>>. Acesso em: 1 jun. 2017.

BOTTA, F.; LAVISON, G.; COUTURIER, G.; ALLIOT, F.; MOREAU-GUIGON, E.; FAUCHON, N.; BLANCHOU, H. Transfer of glyphosate and its degradate AMPA to surface waters through urban sewerage systems. **Chemosphere**, v. 77, n. 1, p. 133-139, 2009.

BOVEY, R. W.; RICHARDSON, C. W. Dissipation of clopyralid and picloram in soil and seep flow in the blacklands of Texas. **Journal of environmental quality**, v. 20, n. 3, p. 528-531, 1991.

BRASIL. CASA CIVIL DA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. (Org.). **Diário Oficial da União de 24 de fevereiro de 2017**. Diário Oficial da União. Brasília, 24 fev. 2017. p. 73-73. Disponível em:

<<http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=24/02/2017&jornal=1&pagina=73&totalArquivos=224>>. Acesso em: 06 out. 2017.

\_\_\_\_\_. Decreto nº **4.074, de 4 de janeiro de 2002**. Regulamenta a Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, que dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. Disponível em:<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/2002/d4074.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/d4074.htm)>. Acesso em: 09 jun. 2016.

\_\_\_\_\_. Decreto nº **6.913, de 23 de julho de 2009**. Acresce dispositivos ao Decreto no 4.074, de 4 de janeiro de 2002, que regulamenta a Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, que dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins. Disponível em:<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2009/decreto/d6913.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/decreto/d6913.htm)>. Acesso em 08 jun. 2016

\_\_\_\_\_. Lei nº **12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em:<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm)> Acesso em 08 jun. 2016

\_\_\_\_\_. Lei nº **7.802/1989, de 11/07/1989**. Dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. Disponível em <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l7802.html](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l7802.html)> Acesso em 01 jun. 2016

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (Org.). **Indicadores de Desenvolvimento Sustentável**. 2015. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv94254.pdf>>. Acesso em: 10 mai. 2017.

BRASIL. Instituto Nacional de Câncer. Ministério da Saúde (Org.). **Posicionamento do Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva Acerca dos Agrotóxicos**. 10. ed. [S.l.]: Ministério da Saúde, 2015. 5 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da União**, 2011.

BRASÍLIA. Câmara Interministerial de Agroecologia e Produção Orgânica. (Org.). **Plano Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica**. 2016. Disponível em:

<[http://www.mda.gov.br/sitemda/sites/sitemda/files/ceazinepdf/PLANAPO\\_2016\\_2019.pdf](http://www.mda.gov.br/sitemda/sites/sitemda/files/ceazinepdf/PLANAPO_2016_2019.pdf)>. Acesso em: 16 mai. 2017.

BRASÍLIA. Iara Guimarães Altafin. Agência Senado. **Audiência pública aponta avanço do contrabando e falsificação de agrotóxicos**. 2016. Disponível em:

<<https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2016/11/24/audiencia-publica-aponta-avanco-do-contrabando-e-falsificacao-de-agrotoxicos>>. Acesso em: 20 set. 2017.

BRITO, N. M.; JUNIOR, O. P. D. A., POLESE, L., RIBEIRO, M. L. Validação de métodos analíticos: estratégia e discussão. **Pesticidas: r. ecotoxicol. e meio ambiente, Curitiba**, v. 13, p. 129-146, 2003.

BURKE, M. **Battle continues over glyphosate use in Europe**. 2016. Disponível em: <<http://www.rsc.org/chemistryworld/2016/06/glyphosate-europe-herbicide-regulations>>. Acesso em: 09 jun. 2016.

CAPALBO, D. M. F. (Org.). **Risco e Impacto ambiental**. 2016. Disponível em: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agricultura\\_e\\_meio\\_ambiente/arvore/CONTA\\_G01\\_15\\_1211200710211.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agricultura_e_meio_ambiente/arvore/CONTA_G01_15_1211200710211.html)>. Acesso em: 10 jul. 2016.

CARMO, D. A. D.; CARMO, A. P. B. D.; PIRES, J. M. B.; OLIVEIRA, J. L. Environmental behavior and toxicity of herbicides atrazine and simazine. **Revista Ambiente & Água**, v. 8, n. 1, p. 133-143, 2013.

CARNEIRO, F. F.; AUGUSTO, L. G. D. S.; RIGOTTO, R. M.; FRIEDRICH, K.; BÚRIGO, A. C. **Dossiê ABRASCO: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde**. 2015.

CARVALHO, D. **Introdução a Hidrologia**. 2006. Disponível em: <<http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/HIDRO-Cap1-INTRO.pdf>>. Acesso: 05 out. 2017.

CASA, J. **Controle fitossanitário no cultivo do tomateiro nos sistemas orgânico e biodinâmico de produção**. 2008. 81 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, 2008. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/103212>>. Acesso em: 12 jul. 2017.

CASADO, A. M. de A. **Sistemas de Indicadores para a Caracterização da Qualidade de Águas Superficiais**. Um Caso de Estudo (Dissertação de Mestrado). Portugal. Universidade do Minho. Escola de Engenharia, 2007. 289p.

CASTRO, V. L. S. S. de. Uso de misturas de agrotóxicos na agricultura e suas implicações toxicológicas na saúde. **Embrapa Meio Ambiente-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2009.

CHEAH, U.; KIRKWOOD, R. C.; LUM, K. Y. Adsorption, desorption and mobility of four commonly used pesticides in Malaysian agricultural soils. **Pest Management Science**, v. 50, n. 1, p. 53-63, 1997.

COVELLO, V. T.; MUMPOWER, J. Risk analysis and risk management: an historical perspective. **Risk analysis**, v. 5, n. 2, p. 103-120, 1985.

CUHRA, M.; TRAAVIK, T.; BOHN, T. Clone-and age-dependent toxicity of a glyphosate commercial formulation and its active ingredient in *Daphnia magna*. **Ecotoxicology**, v. 22, n. 2, p. 251-262, 2013.

DAKHAKHNI, T. H.; RAOUF, G. A.; QUSTI, S. Y. Evaluation of the toxic effect of the herbicide 2, 4-D on rat hepatocytes: an FT-IR spectroscopic study. **European Biophysics Journal**, v. 45, n. 4, p. 311-320, 2016.

DE LLASERA, M. G.; GOMEZ-ALMARAZ, L.; VERA-AVILA, L. E.; PENA-ALVAREZ, A. Matrix solid-phase dispersion extraction and determination by high-performance liquid chromatography with fluorescence detection of residues of glyphosate and aminomethylphosphonic acid in tomato fruit. **Journal of chromatography A**, v. 1093, n. 1, p. 139-146, 2005.

DEPARTAMENTO DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE AMBIENTAL E SAÚDE DO TRABALHADOR. Ministério da Saúde. **Relatório Nacional de Vigilância em Saúde de Populações Expostas a Agrotóxicos**. Brasília: Ministério da Saúde, 2016. 141 p.

DICK, R. E.; QUINN, J. P. Glyphosate-degrading isolates from environmental samples: occurrence and pathways of degradation. **Applied microbiology and biotechnology**, v. 43, n. 3, p. 545-550, 1995.

DOLLINGER, J; DAGÈS, C; VOLTZ, M. Glyphosate sorption to soils and sediments predicted by pedotransfer functions. **Environmental chemistry letters**, v. 13, n. 3, p. 293-307, 2015.

DOMÍNGUEZ, A.; BROWN, G. G.; SAUTTER, K. D.; DE OLIVEIRA, C. M. R.; DE VASCONCELOS; E. C., NIVA; C. C.; BEDANO, J. C. Toxicity of AMPA to the earthworm *Eisenia andrei* Bouché, 1972 in tropical artificial soil. **Scientific reports**, v. 6, 2016.

EFFGEN, T. A. M. **Atributos do solo em função de tratos culturais em lavouras de cafeeiro conilon no sul do estado do Espírito Santo**. 2006. 104 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal - Universidade Federal do Espírito Santo, 2006.

EITH, C.; KOLB, M.; RUMI, A.; SEUBERT, A.; VIEHWEGER, K. 2. ed. [s.l]: **Metrohm Ltda**, 2006. 144 p.

ESPÍRITO SANTO. Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Jucu. **Elaboração de Projeto Executivo para Enquadramento dos Corpos de Água em Classes e Plano de Bacia para os Rios Santa Maria da Vitória e Jucu**. Espírito Santo: Agerh, 2015. 366 p. Disponível em: <  
[https://agerh.es.gov.br/Media/agerh/Documenta%C3%A7%C3%A3o%20CBHs/CBHs%20Jucu%20e%20Santa%20Maria%20-%20RT2\\_Diagn%C3%B3stico%20das%20Bacias\\_Vol-II.pdf](https://agerh.es.gov.br/Media/agerh/Documenta%C3%A7%C3%A3o%20CBHs/CBHs%20Jucu%20e%20Santa%20Maria%20-%20RT2_Diagn%C3%B3stico%20das%20Bacias_Vol-II.pdf)>. Acesso em: 16 jan. 2017.

ESPÍRITO SANTO. Instituto de Defesa Agropecuária do Estado do Espírito Santo. Secretaria do Estado de Agricultura Abastecimento Aquicultura e Pesca (Org.). **Agrotóxicos**. 2016. Disponível em: <<http://www.idaf.es.gov.br/Pages/wfProdutosAgrotoxicos.aspx>>. Acesso em: 04 jun. 2016.

ESPÍRITO SANTO. Instituto Capixaba de Pesquisa Assistência Técnica e Extensão Rural (Org.). **Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural Proater 2011 - 2013**. 2011. Disponível em:

<[http://www.incaper.es.gov.br/proater/municipios/Centro\\_cerrano/Marechal\\_Floriano.pdf](http://www.incaper.es.gov.br/proater/municipios/Centro_cerrano/Marechal_Floriano.pdf)>. Acesso em: 01 jun. 2016.

FAHEL, M.; CAMPOS, M.; ARAÚJO, C. A configuração (dilemas) dos riscos ambientais e de saúde: tendências e perspectivas no Brasil. **InterfacEHS-Revista de Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v. 1, n. 2, 2013.

FARENHORST, A.; MCQUEEN, D. A. R.; SAIYED, I.; HILDERBRAND, C.; Li, S.; LOBB, D. A.; LINDSTROM, M. J. Variations in soil properties and herbicide sorption coefficients with depth in relation to PRZM (pesticide root zone model) calculations. **Geoderma**, v. 150, n. 3, p. 267-277, 2009.

FARIA, N.; Müller X.; FASSA, A. G.; FACCHINI, L. A. Intoxicação por agrotóxicos no Brasil: os sistemas oficiais de informação e desafios para realização de estudos epidemiológicos. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 12, n. 1, p. 25-38, 2007.

FARIA, V. H. F. de. **Glifosato**: desenvolvimento de metodologia para determinação em soja e milho e avaliação de parâmetros laboratoriais em trabalhadores expostos a agrotóxicos. 2013. 130 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas - Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Farmácia, 2008. Disponível em: <[http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/EMCO-9BAJ3R/disserta\\_\\_o\\_vanessa\\_heloisa.pdf?sequence=1](http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/EMCO-9BAJ3R/disserta__o_vanessa_heloisa.pdf?sequence=1)>. Acesso em: 12 jul. 2017.

FERREIRA, L. R.; MACHADO, A. F. L.; FERREIRA, F. A.; SANTOS, L. D. **T. Manejo integrado de plantas daninhas na cultura do eucalipto**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2011. p. 15-37.

FORLANI, G.; MANGIAGALLI, A., NIELSEN, E.; SUARDI, C. M. Degradation of the phosphonate herbicide glyphosate in soil: evidence for a possible involvement of unculturable microorganisms. **Soil biology and Biochemistry**, v. 31, n. 7, p. 991-997, 1999.

FRANCO, C. da R. **A formulação da política de agrotóxicos no Brasil**. 2013. 212 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Políticas Públicas – Setor de Ciências Sociais Aplicadas – Universidade Federal do Paraná. 2014.

FRANQUEIRA, D.; CID, A.; TORRES, E.; OROSA, M.; HERRERO, C. A comparison of the relative sensitivity of structural and functional cellular responses in the alga *Chlamydomonas eugametos* exposed to the herbicide paraquat. **Archives of environmental contamination and toxicology**, v. 36, n. 3, p. 264-269, 1999.

FRIEDRICH, K. Desafios para a avaliação toxicológica de agrotóxicos no Brasil: desregulação endócrina e imunotoxicidade. **Vigilância Sanitária em Debate: Sociedade, Ciência & Tecnologia**, v. 1, n. 2, p. 2-15, 2013.

GAELE GOURMELON, W. Worldwatch Institute. **Chronic Hunger Falling, But One in Nine People Still Affected**. 2014. Disponível em: <<http://vitalsigns.worldwatch.org/vs-trend/chronic-hunger-falling-one-nine-people-still-affected>>. Acesso em: 10 ago. 2017.

GALLOPIN, G. C. Indicators and their use: information for decision-making. **Scope-Scientific Committee on Problems of the Environment International Council of Scientific Unions**, v. 56, p. 13-27, 1997.

GARCIA, E. G.; BUSSACOS, M. A.; FISCHER, F. M. Impacto da legislação no registro de agrotóxicos de maior toxicidade no Brasil. **Revista de Saúde Pública**, v. 39, n. 5, p. 832-839, 2005.

GAZETA ONLINE (Bahia). Gazeta Online (Org.). **Operação no oeste da Bahia apreende agrotóxico ilegal e 300 pássaros criados em cativeiro**. 2017. Disponível em: <<https://g1.globo.com/bahia/noticia/operacao-no-norte-da-bahia-apreende-agrotoxico-ilegal-e-300-passaros-criados-em-cativeiro.ghtml>>. Acesso em: 28 mai. 2017.

GAZETA ONLINE (Rio Grande do Sul). Gazeta Online (Org.). **Polícia apreende toneladas de agrotóxicos ilegais em Quaraí, no RS**. 2017. Disponível em: <Polícia apreende toneladas de agrotóxicos ilegais em Quaraí, no RS>. Acesso em: 15 maio 2017.

GHOSH, P. K.; PHILIP, L. I. G. Y. Environmental significance of atrazine in aqueous systems and its removal by biological processes: an overview. **Global Nest J**, v. 8, n. 2, p. 159-178, 2006.

GOSS, D. W. Screening procedure for soils and pesticides for potential water quality impacts. **Weed Technology**, p. 701-708, 1992.

GOULART, I. C. G. dos R.; SANTAROSA, E.; PORFIRIO-DA-SILVA, V. Herbicidas registrados para a cultura do eucalipto. **Embrapa Florestas - Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**. 2015. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/129373/1/CT-352.pdf>>. Acesso em: 15 set. 2017.

GRANDCOIN, A.; PIEL, S.; BAURES, E. Amino Methyl Phosphonic acid (AMPA) in natural waters: Its sources, behavior and environmental fate. **Water research**, v. 117, p. 187-197, 2017.

GREENPEACE (Org.). **El Glifosato y sus efectos**. 2016. Disponível em: <<http://www.greenpeace.org/espana/es/Trabajamos-en/Transgenicos/Glifosato/>>. Acesso em: 01 mai. 2016.

HANKE, I.; WITTMER, I.; BISCHOFBERGER, S.; STAMM, C.; & SINGER, H. Relevance of urban glyphosate use for surface water quality. **Chemosphere**, v. 81, n. 3, p. 422-429, 2010.

HEDBERG, D.; WALLIN, M. Effects of *Roundup* and glyphosate formulations on intracellular transport, microtubules and actin filaments in *Xenopus laevis* melanophores. **Toxicology in Vitro**, v. 24, n. 3, p. 795-802, 2010.

HOGENDOORN, E. A.; OSSENDRIJVER, F. M.; DIJKMAN, E.; BAUMANN, R. A. Rapid determination of glyphosate in cereal samples by means of pre-column derivatisation with 9-fluorenylmethyl chloroformate and coupled-column liquid chromatography with fluorescence detection. **Journal of Chromatography A**, v. 833, n. 1, p. 67-73, 1999.

HUTCHINSON, G. E. A Treatise on. **Limnology**, v. 1, 1993.

- INSTITUTO NACIONAL DE PROCESSAMENTO DE EMBALAGENS VAZIAS (Brasil). Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias (Org.). **Relatório de Sustentabilidade**. [s.l.], 2016. 84 p. Disponível em: <[http://inpev.org.br/Sistemas/Saiba-Mais/Relatorio/inpEV\\_RS2016.pdf](http://inpev.org.br/Sistemas/Saiba-Mais/Relatorio/inpEV_RS2016.pdf)>. Acesso em: 10 set. 2017.
- INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER (Org.). IARC Monographs Volume 112: evaluation of five organophosphate insecticides and herbicides. 2015. Disponível em: <<https://www.iarc.fr/en/media-centre/iarcnews/pdf/MonographVolume112.pdf>>. Acesso em: 02 mai. 2016.
- JAN, M. R.; SHAH, J.; MUHAMMAD, M.; ARA, B. Glyphosate herbicide residue determination in samples of environmental importance using spectrophotometric method. **Journal of hazardous materials**, v. 169, n. 1, p. 742-745, 2009.
- JAWORSKA, J.; VAN GENDEREN-TAKKEN, H.; HANSTVEIT, A.; VAN DE PLASSCHE, E.; FEIJTEL, T. Environmental risk assessment of phosphonates, used in domestic laundry and cleaning agents in the Netherlands. **Chemosphere**, v. 47, n. 6, p. 655-665, 2002.
- KANISSERY, R. G.; WELSH, A; SIMS, G. K. Effect of soil aeration and phosphate addition on the microbial bioavailability of carbon-14-glyphosate. **Journal of environmental quality**, v. 44, n. 1, p. 137-144, 2015.
- KELLY, D. W.; POULIN, R.; TOMPKINS, D. M.; TOWNSEND, C. R. Synergistic effects of glyphosate formulation and parasite infection on fish malformations and survival. **Journal of Applied Ecology**, v. 47, n. 2, p. 498-504, 2010.
- KEMERICH, P. D. da C.; RITTER, L. G.; DE BORBA, W. F. Indicadores de sustentabilidade ambiental: métodos e aplicações. **Revista Monografias Ambientais**, v. 13, n. 4, p. 3718-3722, 2014.
- KOLPIN, D. W.; THURMAN, E. M.; LEE, E. A.; MEYER, M. T.; FURLONG, E. T.; GLASSMEYER, S. T. Urban contributions of glyphosate and its degradate AMPA to streams in the United States. **Science of the Total Environment**, v. 354, n. 2, p. 191-197, 2006.
- KRISTENSEN, P. The DPSIR framework. **National Environmental Research Institute, Denmark**, v. 10, 2004.
- LANDIM NETO, F. O. **Aplicação de indicadores do modelo força motriz pressão, estado, impacto, resposta - DPSIR: subsídios para o planejamento e gestão da bacia hidrográfica do Rio São Gonçalo - CE**. 2016. 252 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016. Disponível em: <[http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/23531/3/2016\\_tese\\_folandimneto.pdf](http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/23531/3/2016_tese_folandimneto.pdf)>. Acesso em: 15 out. 2017.
- LEAPER, C.; HOLLOWAY, P. J. Adjuvants and glyphosate activity. **Pest management science**, v. 56, n. 4, p. 313-319, 2000.
- LI, Y. R.; STRUGER, J.; FISCHER, J. D.; LI, Y. F.; HUANG, G. H. Predicting runoff losses of atrazine from agricultural lands in the Kintore Creek watershed using two statistical models. In: **The 36th Central Canadian Symposium on Water Pollution, Research**, Canada Centre for Inland Waters, Burlington, ON. 2001.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. Campinas (SP): Átomo, 2005. 444p.

LIŠKA, I.; SLOBODNIK, J. Comparison of gas and liquid chromatography for analysing polar pesticides in water samples. **Journal of Chromatography A**, v. 733, n. 1-2, p. 235-258, 1996.

LONDRES, F. **Agrotóxicos no Brasil: um guia para ação em defesa da vida**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 2011.

MACHADO, L. C. P.; MACHADO FILHO, L. C. P. **A dialética da agroecologia: contribuição para um mundo com alimentos sem veneno**. São Paulo: Expressão Popular, 2014, 360 p.

MANAHAN, S. E. **Química ambiental**. Bookman Editora, 2016.

MARC, J.; LE BRETON, M.; CORMIER, P.; MORALES, J.; BELLÉ, R.; MULNER-LORILLON, O. A glyphosate-based pesticide impinges on transcription. **Toxicology and applied pharmacology**, v. 203, n. 1, p. 1-8, 2005.

MARCHI, G.; MARCHI, E. C. S.; GUIMARÃES, T. G. **Herbicidas: mecanismos de ação e uso**. Embrapa Cerrados, 2008.

MARQUES, M. N.; DANTAS, E. S. K.; PIRES, M. A. F. Cromatografia de íons aplicada na especiação de cromo hexavalente em amostras ambientais e efluentes industriais. **ICTR 2004 – Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável**. p. 3126-3135, 1999.

MARTINI, L. F. D; CALDAS, S. S.; BOLZAN, C. M.; DA CAS BUNDT, A.; PRIMEL, E. G.; DE AVILA, L. A. Risco de contaminação das águas de superfície e subterrâneas por agrotóxicos recomendados para a cultura do arroz irrigado. **Ciência Rural**, v. 42, n. 10, 2012.

MARTINI, G.; JUNIOR, P.; FERRARI, A. F.; DURIGAN, J. C. Eficácia do herbicida Glifosato-potássico submetido à chuva simulada após a aplicação. **Bragantia**, p. 39-45, 2003.

MENEZES, C.; RUIZ-JARABO, I., MARTOS-SITCHA, J. A.; TONI, C.; SALBEGO, J.; BECKER, A.; BALDISSEROTTO, B. The influence of stocking density and food deprivation in silver catfish (*Rhamdia quelen*): a metabolic and endocrine approach. **Aquaculture**, v. 435, p. 257-264, 2015.

MERCURIO, P.; FLORES, F.; MUELLER, J. F.; CARTER, S.; NEGRI, A. P. Glyphosate persistence in seawater. **Marine pollution bulletin**, v. 85, n. 2, p. 385-390, 2014.

MESNAGE, R.; DEFARGE, N.; DE VENDOMOIS, J. S.; SERALINI, G. E. Potential toxic effects of glyphosate and its commercial formulations below regulatory limits. **Food and Chemical Toxicology**, v. 84, p. 133-153, 2015.

MEYBECK, M. Global analysis of river systems: from Earth system controls to Anthropocene syndromes. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences**, v. 358, n. 1440, p. 1935-1955, 2003.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria MS nº 2914, de 12/12/2011**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. 2011.

MOLISANI, M. M.; MARINS, R. V.; MACHADO, W.; PARAQUETTI, H. H. M.; BIDONE, E. D.; LACERDA, L. D. Environmental changes in Sepetiba Bay, SE Brazil. **Regional Environmental Change**, v. 4, n. 1, p. 17-27, 2004.

MOLOZZI, J.; PINHEIRO, A.; SILVA, M. R. da. Qualidade da água em diferentes estádios de desenvolvimento do arroz irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 9, p. 1393-1398, 2006.

MONTEIRO, D. Fundação Oswaldo Cruz (Org.). **Brasil consome 14 agrotóxicos proibidos no mundo**. 2014. Disponível em: <<http://redesfita.far.fiocruz.br/index.php/noticias/58-brasil-consome-14-agrotoxicos-proibidos-no-mundo>>. Acesso em: 05 jun. 2016.

MONSANTO (Org.). **Segurança do Glifosato**. 2016. Disponível em: <<http://www.monsanto.com/global/br/produtos/pages/seguranca-Glifosato.aspx>>. Acesso em: 01 jun. 2016.

NGUYEN, D. B.; ROSE, M. T.; ROSE, T. J.; MORRIS, S. G.; VAN ZWIETEN, L. Impact of glyphosate on soil microbial biomass and respiration: A meta-analysis. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 92, p. 50-57, 2016.

OCTAVIANO, C. Muito além da tecnologia: os impactos da Revolução Verde. **ComCiência**, n. 120, p. 0-0, 2010.

OECD. **Annex 2: report of the OECD project pesticide aquatic risk indicators**. 1999. p. 28-32. Disponível em: <[www.oecd.org/dataoecd/31/36/2078678.pdf](http://www.oecd.org/dataoecd/31/36/2078678.pdf)>. Acesso em: 10 jun. 2016.

PAGANELLI, A.; GNAZZO, V.; ACOSTA, H.; LÓPEZ, S. L.; & CARRASCO, A. E. Glyphosate-based herbicides produce teratogenic effects on vertebrates by impairing retinoic acid signaling. **Chemical research in toxicology**, v. 23, n. 10, p. 1586-1595, 2010.

PARKER, R. D., NELSON, H. P., JONES, R. D., HEATWOLE, C. GENECC: a screening model for pesticide environmental exposure assessment. In: **Proceedings of the International Exposure Symposium on Water Quality Modeling**. 1995. p. 485-490.

PELAEZ, V.; TERRA, F. H. B.; SILVA, L. R. da. A regulamentação dos agrotóxicos no Brasil: entre o poder de mercado e a defesa da saúde e do meio ambiente. **Revista de Economia**, v. 36, n. 1, 2011.

PHUNG, D. T., CONNELL, D., MILLER, G., RUTHERFORD, S., CHU, C. Pesticide regulations and farm worker safety: the need to improve pesticide regulations in Viet Nam. **Bulletin of the World Health Organization**, v. 90, n. 6, p. 468-473, 2012.

POPOV, K.; RÖNNKÖMÄKI, H.; LAJUNEN, L. H. J. Critical evaluation of stability constants of phosphonic acids (IUPAC technical report). **Pure and applied chemistry**, v. 73, n. 10, p. 1641-1677, 2001

PORTO, M. F.; SOARES, W. L.. The authors reply. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v. 37, n. 125, p. 47-50, 2012.

- REIS, D. P. DOS. **Ultrafiltração aplicada à remoção do agrotóxico Glifosato e do seu principal metabólito (AMPA) em águas de abastecimento: avaliação em escala de bancada**. 2015. 121 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2015. Cap. 7. Disponível em: <[http://portais4.ufes.br/posgrad/teses/tese\\_9264\\_Dissertacao](http://portais4.ufes.br/posgrad/teses/tese_9264_Dissertacao) Dariene Patricia dos Reis.pdf>. Acesso em: 01 jun. 2016.
- REKOLAINEN, S.; KÄMÄRI, J.; HILTUNEN, M.; & SALORANTA, T. M. A conceptual framework for identifying the need and role of models in the implementation of the Water Framework Directive. **International Journal of River Basin Management**, v. 1, n. 4, p. 347-352, 2003.
- RIBEIRO, D. H. B.; VIEIRA, E. Avaliação do potencial de impacto dos agrotóxicos no meio ambiente. **São Paulo: Centro de P&D de Proteção Ambiental, Instituto Biológico**, 2010.
- RUBBO, J. P. **Remoção do herbicida 2, 4-D por adsorção em carvão ativado em pó**. 2015. 37 f. Monografia (Graduação). Curso de Engenharia Química. Escola de Engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2015.
- RUIZ, H. A.; FERREIRA, G. B.; PEREIRA, J. B. M. Estimativa da capacidade de campo de Latossolos e Neossolos Quartzarênicos pela determinação do equivalente de umidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 2, 2003.
- SACHS, I. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Editora Garamond, 2000.
- SANTANA, V. **Agrotóxicos contrabandeados eram misturados a veneno de rato, diz PF**. 2017. Disponível em: <<http://g1.globo.com/goias/noticia/2017/01/agrotoxicos-contrabandeados-eram-misturado-com-veneno-de-rato-diz-pf.html>>. Acesso em: 10 nov. 2017.
- SANTOS, M. S.; SCHAULE, G.; ALVES, A.; MADEIRA, L. M. Adsorption of paraquat herbicide on deposits from drinking water networks. **Chemical engineering journal**, v. 229, p. 324-333, 2013.
- SAXTON, M. A.; MORROW, E. A.; BOURBONNIERE, R. A.; WILHELM, S. W. Glyphosate influence on phytoplankton community structure in Lake Erie. **Journal of Great Lakes Research**, v. 37, n. 4, p. 683-690, 2011.
- SCHINASI, L.; LEON, M. E. Non-Hodgkin lymphoma and occupational exposure to agricultural pesticide chemical groups and active ingredients: a systematic review and meta-analysis. **International journal of environmental research and public health**, v. 11, n. 4, p. 4449-4527, 2014.
- SÉRALINI, G. E.; CLAIR, E.; MESNAGE, R.; GRESS, S.; DEFARGE, N.; Malatesta, M. Republished study: long-term toxicity of a *Roundup* herbicide and a *Roundup*-tolerant genetically modified maize. **Environmental Sciences Europe**, v. 26, n. 1, p. 14, 2014.
- SILVA, B. M. da. **Desenvolvimento de metodologia simples, rápida e sem etapa de clean-up para determinação de glifosfato em amostras ambientais de água e solo por**

**HPLC/UV-VIS**. 2009. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Química – Instituto de Química de São Carlos - Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009.

SILVA, V. R. da; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Densidade do solo, atributos químicos e sistema radicular do milho afetados pelo pastejo e manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 1, 2000.

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE PRODUTOS PARA A DEFESA VEGETAL (Brasil). RESULTADOS DA CAMPANHA CONTRA DEFENSIVOS AGRÍCOLAS ILEGAIS NO ANO DE 2013. 2014. Disponível em: <[http://www.sindiveg.org.br/docs/Balanco\\_2013\\_Campanha\\_contra\\_Defensivos\\_Agricolas\\_Ilegais\\_Jan14.pdf](http://www.sindiveg.org.br/docs/Balanco_2013_Campanha_contra_Defensivos_Agricolas_Ilegais_Jan14.pdf)>. Acesso em: 10 jul. 2016.

SIQUEIRA, R. de M. B.; HENRY-SILVA, G. G. A bacia hidrográfica como unidade de estudo e o funcionamento dos ecossistemas fluviais. **Boletim da Associação Brasileira de Limnologia**, v. 39, n. 2, p. 1-15, 2011.

SOARES, W. L. **Uso dos agrotóxicos e seus impactos à saúde e ao ambiente: uma avaliação integrada entre a economia, a saúde pública, a ecologia e a agricultura**. 2010. Tese (Doutorado) – Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca, Rio de Janeiro, 2010

SOPRANI, J.; NASCIMENTO, G.; MARTINS, F.; PINHEIRO, C.M.; VENTURIN, S. Navegando os rios capixabas: Rio Jucu e Rio Santa Maria da Vitória. A Tribuna. Espírito Santo, 26 de ago. 2007. **Suplemento Especial**. 12 p.

SPADOTTO, C. A. ARAquá: programa para avaliação de risco ambiental de agrotóxico. Campinas: **Embrapa**, 2010.

SPADOTTO, C. A.; AMORIM, R. S. S.; DORES, E. F. G. C. Modelagem do carreamento superficial de agrotóxicos e comparação com dados experimentais. In: **Embrapa Meio Ambiente-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água, 16., 2006, Aracajú, SE. Novos desafios do carbono no manejo conservacionista: resumos e palestras. Aracajú, SE:[sn], 2006. p. 1-4.

SPADOTTO, C.; MORAES, D. A. de; BALLARIN, A.; LAPERUTA FILHO, J.; COLENCI, R. ARAquá: *Software* para avaliação de risco ambiental de agrotóxico. **Embrapa Monitoramento por Satélite-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)**, 2009.

SPADOTTO, C. A. Classificação de impacto ambiental. **Comitê de Meio Ambiente, Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas**, 2002.

SPRANKLE, P.; MEGGITT, W. F.; PENNER, D. Adsorption, mobility, and microbial degradation of glyphosate in the soil. **Weed Science**, v. 23, n. 3, p. 229-234, 1975.

SUNTRES, Z. E. Role of antioxidants in paraquat toxicity. **Toxicology**, v. 180, n. 1, p. 65-77, 2002.

TEIXEIRA, E. C.; SENHORELO, A. P. Avaliação de correlação entre turbidez e concentração de sólidos suspensos em bacias hidrográficas com uso e ocupação diferenciada. In: **Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental**, 27. ABES, 2000. p. 1-5 [t. VII].

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: Editora da Universidade, 2012.

UNIÃO EUROPÉIA (União Européia). **Council Directive 98/83/EC of 3 November 1998 on the quality of water intended for human consumption**. 1998. Disponível em: <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:31998L0083>>. Acesso em: 30 maio 2017.

UNITED STATES. United States Environmental Protection Agency. **About Water Exposure Models Used in Pesticide Assessments**. 2017. Disponível em: <<https://www.epa.gov/pesticide-science-and-assessing-pesticide-risks/about-water-exposure-models-used-pesticide>>. Acesso em: 10 ago. 2017.

UNIVERSITY OF HERTFORDSHIRE (Hertfordshire). **Pesticide Properties Database**. Disponível em: <<https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/>>. Acesso em: 10 out. 2016.

VASCO, A. N. DO, NETTO, A. D. O. A., BRITTO, F. B., DA SILVA, T. M. M. Os pesticidas e a qualidade da água no Perímetro Irrigado Califórnia no baixo Rio São Francisco. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 7, n. 1, p. 186-200, 2016.

VAZ, V. **Agrotóxicos e transgênico podem ser barreira para exportação para Europa**. 2015. Disponível em: <<http://diplomatie.org.br/agrotoxicos-e-transgenico-podem-ser-barreira-para-exportacao-para-europa/>>. Acesso em: 08 out. 2017.

VEIGA, M. M.; SILVA, D. M.; VEIGA, L. B. E.; FARIA, M. V. D. C. Análise da contaminação dos sistemas hídricos por agrotóxicos numa pequena comunidade rural do Sudeste do Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 22, p. 2391-2399, 2006.

VENTURIM, E. V. C. **Uma contribuição aos programas de gestão ambiental aplicados à bacias hidrográficas: o caso de Santa Maria de Jetibá-ES**. 2000. 123 f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental – Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – Universidade Federal de Santa Catarina, 2000.

VERA, M. S.; LAGOMARSINO, L.; SYLVESTER, M.; PÉREZ, G. L.; RODRÍGUEZ, P.; MUGNI, H.; PIZARRO, H. New evidences of *Roundup*®(glyphosate formulation) impact on the periphyton community and the water quality of freshwater ecosystems. **Ecotoxicology**, v. 19, n. 4, p. 710-721, 2010.

VERGE, C.; MORENO, A.; BRAVO, J.; BERNA, J. L. Influence of water hardness on the bioavailability and toxicity of linear alkylbenzene sulphonate (LAS). **Chemosphere**, v. 44, n. 8, p. 1749-1757, 2001.

VEYRET, Y. **Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente**. São Paulo: Contexto, 2007.

SANTANA, V. (Goiás). Globo (Org.). **Agrotóxicos contrabandeados eram misturados a veneno de rato, diz PF**. 2017. Disponível em: <<http://g1.globo.com/goias/noticia/2017/01/agrotoxicos-contrabandeados-eram-misturado-com-veneno-de-rato-diz-pf.html>>. Acesso em: 03 abr. 2017.

WALSH, M. J.; POWLES, S. B. Management strategies for herbicide-resistant weed populations in Australian dryland crop production systems. **Weed Technology**, v. 21, n. 2, p. 332-338, 2007.

ZALLER, J. G., HEIGL, F., RUESS, L., GRABMAIER, A. Glyphosate herbicide affects belowground interactions between earthworms and symbiotic mycorrhizal fungi in a model ecosystem. **Scientific reports**, v. 4, 2014.

ZHU, Y.; ZHANG, F.; TONG, C.; LIU, W. Determination of glyphosate by ion chromatography. **Journal of chromatography A**, v. 850, n. 1, p. 297-301, 1999

**ANEXO A - Modelo de Ficha Sugerido Pelo IDAF aos Comerciantes de  
Agrotóxicos**

<b>FICHA SEMESTRAL DE COMERCIANTE DE PRODUTOS AGROTÓXICOS</b>				
NOME DO COMERCIANTE:				
RAZÃO SOCIAL:				
CADASTRO Nº				
ENDEREÇO:				
MUNICÍPIO:				
<b>PERÍODO</b>				
<b>CLASSE DE USO</b>		<b>HERBICIDA</b>		
<b>NOME COMERCIAL DO PRODUTO</b>	<b>PRINCIPIO ATIVO</b>	<b>CLASSE TOXICOLÓGICA</b>	<b>QUANTIDADE COMERCIALIZADA</b>	<b>ESTOQUE REMANESCENTE</b>

## ANEXO B - Exemplos de Bulas Comerciais Que Não Detalham Toda a Composição do Produto

Figura 12 - Bula do Herbicida Paraquat

### GRAMOCIL

#### Dados técnicos

- **Nome comum do ingrediente ativo:** PARAQUAT + DIURON
- **Registro no Ministério da Agricultura e do Abastecimento:** nº 01248498
- **Classe:** herbicida dessecante
- **Composição:**
  - ♦ 1,1'-dimetil-4,4'-bipiridílio dicloreto, íon (PARAQUAT): 200 g/l (20% m/v)
  - ♦ 3-(3,4-diclorofenil)- 1,1-dimetil uréia (DIURON): 100 g/l (10% m/v)
  - ♦ Ingredientes inertes: 810 g/l (81% m/v)
- **Formulação:** suspensão concentrada
- **Classe toxicológica:** II - Altamente Tóxico

Fonte: Adapar (2017).

Figura 13 - Bula do Herbicida Picloram.

### PICLORAM 240 VOLAGRO

**VERIFICAR RESTRIÇÕES DE USO CONSTANTES NA LISTA DE AGROTÓXICOS DO PARANÁ**

Registrado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA sob nº 05708.

#### **COMPOSIÇÃO:**

4-amino-3,5,6-trichloropyridine-2-carboxylic acid  
(PICLORAM).....240 g/L (24% m/v)  
Outros Ingredientes.....760 g/L (76% m/v)

**CONTEÚDO:** Garrafão plástico de polietileno de alta densidade para 5 e 20 litros.

**CLASSE:** Herbicida seletivo, sistêmico do grupo químico do Ácido Piridinocarboxílico.

**TIPO DE FORMULAÇÃO:** Concentrado Solúvel (SL)

Fonte: Volagro (2017)

Figura 14 - Bula do Herbicida (Glifosato)

BREU20/1309-00



MONSANTO



**Roundup  
Ready**®

*Herbicida* MONSANTO

REGISTRADO NO MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E  
ABASTECIMENTO - MAPA SOB N.º 07604

**COMPOSIÇÃO:**

Sal de Isopropilamina de GLIFOSATO .....	64,8% m/v (648 g/L)
Equivalente ácido de N-(fosfometil)glicina (GLIFOSATO) .....	48,0% m/v (480 g/L)
Ingredientes Inertes.....	59,4% m/v (594 g/L)

## ANEXO C - Informações Solicitadas pelo VIGIAGUA para Cadastro no SISAGUA das Formas de Abastecimento Público

### CADASTRO DE SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA- SAA

O Sistema de Abastecimento de Água é composto por pelo menos um ponto de captação (superficial ou subterrâneo), uma ou mais Estação (ou Unidade) de Tratamento de Água (ETA) e um único sistema de distribuição (composto por um ou mais reservatórios e uma única rede de distribuição, que pode abastecer a população de um ou mais municípios).

Dessa forma, os cadastros de SAA deverão obedecer à lógica descrita abaixo:

1. SAA com uma ETA e um Sistema de distribuição em um único Município: deve ser cadastrado com uma única ETA e um único Município abastecido, obrigatoriamente o mesmo da ETA.
2. SAA integrado com mais de uma ETA no mesmo Município: devem ser cadastradas as ETAs e a população do Município abastecido.
3. SAA integrado com uma ETA que abastece mais de um Município: deve ser cadastrada a ETA e as populações dos Municípios abastecidos.
4. SAA integrado com mais de uma ETA que abastece mais de um Município: devem ser cadastradas as ETAs e as populações dos Municípios abastecidos.

IDENTIFICAÇÃO DO SAA			
UF		Município	
Nome do SAA			
Instituição responsável			
Data de preenchimento do formulário	/ /	<b>Atenção:</b> Determina a data de cadastro do SAA (ano de referência inicial do cadastro da forma de abastecimento no Sisagua)	
Responsável pelas informações			

ESTAÇÕES OU UNIDADES DE TRATAMENTO DE ÁGUA QUE ABASTECEM O SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO		
UF	Município	Nome da ETA


MUNICÍPIOS ABASTECIDOS PELO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO	
UF	Município

IDENTIFICAÇÃO E ENDEREÇO DA ESTAÇÃO OU UNIDADE DE TRATAMENTO DE ÁGUA (ETA/UTA)					
UF		Município		Nome da ETA	
CEP		Zona		Endereço	
Nº/Lote/Apto/Casa		Categoria e Nome da Área/Bairro (Sisagua) <sup>(1)</sup>			
Telefone	( )	E-mail			
RESPONSÁVEL TÉCNICO PELA ESTAÇÃO OU UNIDADE DE TRATAMENTO DE ÁGUA (ETA/UTA)					
Nome do responsável				Formação profissional	
Nº de registro no conselho de classe				Nº de Anotação de Responsabilidade Técnica	
CAPTAÇÃO DE ÁGUA					
Tipo de captação		<input type="checkbox"/> Superficial <input type="checkbox"/> Subterrânea			
Pontos de captação superficial <sup>(2)</sup>					
Nome do Manancial	Categoria	Outorga	Latitude (decimais)	Longitude (decimais)	Vazão média captada (L/s)
		<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não			
		<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não			
Pontos de captação subterrânea <sup>(3)</sup>					
Nome do Ponto	Categoria	Outorga	Latitude (decimais)	Longitude (decimais)	Vazão média captada (L/s)
		<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não			

		<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não				
<b>TRATAMENTO DA ÁGUA</b>						
Existe tratamento de água?		<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Tempo médio de funcionamento diário (hh:mm)			
<b>Etapas de tratamento</b>						
Pré-oxidação	Mistura rápida / coagulação	Floculação	Flotação	Decantação	Filtração <sup>(4)</sup>	Nº de filtros
<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não					
Possui Desinfecção?	Agente Desinfetante					
	<input type="checkbox"/> Cloro gás ou hipoclorito	<input type="checkbox"/> Cloramina	<input type="checkbox"/> Dióxido de cloro	<input type="checkbox"/> Ozônio	<input type="checkbox"/> UV	<input type="checkbox"/> Outro processo <sup>(5)</sup>
	Residual Desinfetante					
<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> Cloro Residual Livre (CRL)	<input type="checkbox"/> Cloro Residual Combinado (CRC)	<input type="checkbox"/> Dióxido de Cloro (ClO <sub>2</sub> )			
Outra etapa			Fluoretação	Vazão média de tratamento (L/s)		
			<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não			

(1) Informar a área do Município a qual o SAA se encontra segundo as categorias Bairro (ou favela); Sede de distrito (ou vila); Área urbana isolada; Povoado/Lugarejo; Núcleo/Propriedade Rural; Projeto de assentamento; Aldeia indígena; Comunidade Quilombola; Comunidade Ribeirinha; Reserva Extrativista; (2) Informar os pontos de captação superficiais utilizados pelo SAA segundo as categorias Córrego, Riacho, Regato, Sanga, Ribeirão, Arroio, Igarapé, Rio, Canal, Lago, Lagoa, Açude, Barragem, Represa, Brejo e Vereda; (3) Informar os pontos de captação subterrânea utilizados pelo SAA, segundo as categorias Poço artesiano/profundo; Poço freático/raso; Mina/Nascente/Fonte; Desconhecido/não informado; (4) Informar o tipo de filtração segundo as opções rápida, lenta, em membranas ou sem filtração; (5) Caso haja outro processo de desinfecção.

**Nota:** Caso exista mais de uma ETA/UTA, preencher cada uma em uma página.

<b>MUNICÍPIO ABASTECIDO</b>			
UF		Município	
Número de economias residenciais (domicílios permanentes) <sup>(1)</sup>			Número de economias residenciais (domicílios de uso ocasional) <sup>(2)</sup>



Estabelecimento de ensino, Estabelecimento de saúde, Creche, Asilo/Casa de repouso, Orfanato, Templo religioso, Acampamento, Clube, Estádio/Ginásio, Parque, Praça, Condomínio, Conjunto habitacional, Linha, Edifício/Prédio, Grupo de casas, Casa, Cemitério, Cadeia/Presídio, Construção civil (obra), Outro.

**Nota 1:** Caso exista mais de um Município abastecido, preencher cada um em uma tabela.

**Nota 2:** Em geral o SAA abastece as Áreas de forma Integral ou Parcial, no entanto, em determinadas situações, pode abastecer apenas um Local pertencente a alguma área do município, por exemplo, um aeroporto ou um condomínio. Por isso, o campo abastecimento traz como padrão a opção 'Integral' e permite alterar para 'Parcial' ou 'Somente locais'.

**Nota 3:** Não é obrigatório o cadastramento de todos os Locais abastecidos pelo SAA, no entanto, sempre que selecionada a opção 'Somente Locais' no campo Abastecimento referente a uma determinada Área, é obrigatório incluir ao menos um Local da Área informada. Além disso, devem ser informados aqueles Locais que a Secretaria de Saúde entende como prioritário e pertinente identificar, por exemplo, terminais aeroportuários, áreas de grande circulação ou estabelecimentos de saúde.

## CADASTRO DE SOLUÇÃO ALTERNATIVA COLETIVA- SAC

IDENTIFICAÇÃO E ENDEREÇO DA SAC				
UF		Município		
Nome da SAC				
Instituição responsável				
Data de preenchimento do formulário	/	/	<b>Atenção:</b> Determina a data de cadastro da SAC (ano de referência inicial do cadastro da forma de abastecimento no Sisagua)	
Responsável pelas informações				
ENDEREÇO DA SAC				
CEP		Zona		Endereço
Nº/Lote/Apto/Casa		Categoria e Nome da Área/Bairro (Sisagua) <sup>(1)</sup>		
Telefone ( )		E-mail		
RESPONSÁVEL TÉCNICO				
Nome do responsável técnico		Formação profissional		
Nº de registro no conselho de classe		Nº de Anotação de Responsabilidade Técnica		

CAPTAÇÃO DE ÁGUA						
Tipo de captação		<input type="checkbox"/> Superficial <input type="checkbox"/> Subterrânea <input type="checkbox"/> Água de Chuva				
<b>Pontos de captação superficial</b> <sup>(2)</sup>						
Nome do Manancial	Categoria	Outorga	Latitude (decimais)	Longitude (decimais)	Vazão média captada (L/s)	
		<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não				
		<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não				
<b>Pontos de captação subterrânea</b> <sup>(3)</sup>						
Nome do Ponto	Categoria	Outorga	Latitude (decimais)	Longitude (decimais)	Vazão média captada (L/s)	
		<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não				
		<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não				
TRATAMENTO DA ÁGUA						
Possui tratamento de água?		<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não		Possui canalização?		<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Tempo médio de funcionamento diário (hh:mm)						
Etapas de tratamento						
Pré-oxidação	Mistura rápida / coagulação	Floculação	Flotação	Decantação	Filtração <sup>(4)</sup>	Nº de filtros
<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não		
Possui Desinfecção?	Agente Desinfetante					
	<input type="checkbox"/> Cloro gás ou hipoclorito	<input type="checkbox"/> Cloramina	<input type="checkbox"/> Dióxido de cloro	<input type="checkbox"/> Ozônio	<input type="checkbox"/> UV	<input type="checkbox"/> Outro processo <sup>(5)</sup>
<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Residual Desinfetante					
	<input type="checkbox"/> Cloro Residual Livre (CRL)	<input type="checkbox"/> Cloro Residual Combinado (CRC)		<input type="checkbox"/> Dióxido de Cloro (ClO <sub>2</sub> )		
Outra etapa			Fluoretação		Vazão média de tratamento (L/s)	
			<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não			
SUPRIMENTO DA ÁGUA						

Tipo de suprimento	<input type="checkbox"/> Carro Pipa	<input type="checkbox"/> Chafariz	<input type="checkbox"/> Canalização	<input type="checkbox"/> Cisterna	Outro:	
	<input type="checkbox"/> Fonte					

(1) Informar a área do Município a qual o SAA se encontra segundo as categorias Bairro (ou favela); Sede de distrito (ou vila); Área urbana isolada; Povoado/Lugarejo; Núcleo/Propriedade Rural; Projeto de assentamento; Aldeia indígena; Comunidade Quilombola; Comunidade Ribeirinha; Reserva Extrativista; (2) Informar os pontos de captação superficiais utilizados pela SAC segundo as categorias: córrego, riacho, regato, sanga, ribeirão, arroio, igarapé, rio, canal, lago, lagoa, açude, barragem, represa, brejo e vereda; (3) Informar os pontos de captação subterrânea utilizados pela SAC, segundo as categorias Poço artesiano/profundo; Poço freático/raso; Mina/Nascente/Fonte; Desconhecido/não informado; (4) Informar o tipo de filtração segundo as opções rápida, lenta, em membranas ou sem filtração; (5) Caso haja outro processo de desinfecção.

POPULAÇÃO ABASTECIDA			
A população abastecida pela SAC também recebe água de SAA?		<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	
Número de domicílios permanentes <sup>(1)</sup>		Número de domicílios de uso ocasional <sup>(2)</sup>	
LISTA DE LOCALIDADES ABASTECIDAS PELA SAC			
Áreas abastecidas pela SAC <sup>(3)</sup>			
Categoria	Nome da Área	Zona	Abastecimento <sup>(4)</sup>
Locais abastecidos pela SAC <sup>(5)</sup>			
Tipo do local	Nome do Local	Categoria da Área vinculada	Nome da Área vinculada

(1) Domicílio permanente é o domicílio que foi construído a fim de servir para moradia de uma ou mais pessoas; (2) Domicílio de uso ocasional é o domicílio que serve ocasionalmente de moradia, ou seja, são aqueles usados para descanso de fins de semana, férias ou outro fim; (3) Informar as áreas do Município abastecidas pela SAC segundo as categorias Bairro (ou favela); Sede de distrito (ou vila); Área urbana isolada; Povoado/Lugarejo; Núcleo/Propriedade

Rural; Projeto de assentamento; Aldeia indígena; Comunidade Quilombola; Comunidade Ribeirinha; Reserva Extrativista; (4) Abastecimento integral, parcial ou somente locais; (5) Informar os locais do Município abastecidos pela SAC segundo os tipos Aeroporto, Estação Ferroviária, Porto, Rodoviária, Indústria, Posto de combustível, Estabelecimento comercial, Estabelecimento de ensino, Estabelecimento de saúde, Creche, Asilo/Casa de repouso, Orfanato, Templo religioso, Acampamento, Clube, Estádio/Ginásio, Parque, Praça, Condomínio, Conjunto habitacional, Linha, Edifício/Prédio, Grupo de casas, Casa, Cemitério, Cadeia/Presídio, Construção civil (obra), Outro.

**Nota:** Em geral a SAC abastece um Local (pertencente a alguma área do município), no entanto pode abastecer uma determinada área de forma integral, por exemplo, um povoado ou uma aldeia. Por isso, o campo abastecimento traz como padrão a opção ‘Somente locais’ e permite alterar para ‘Integral’ ou ‘Parcial’, lembrando que sempre que selecionada a opção ‘Somente Locais’, é obrigatório incluir ao menos um Local da Área informada.

## CADASTRO DE SOLUÇÃO ALTERNATIVA INDIVIDUAL- SAI

IDENTIFICAÇÃO E ENDEREÇO DA SAI				
UF		Município		
CEP		Endereço		
Número		Zona	<input type="checkbox"/> Rural <input type="checkbox"/> Urbana	
Categoria da Área <sup>(1)</sup>				Nome da Área <sup>(1)</sup>
Tipo do Local <sup>(2)</sup>		<input type="checkbox"/> Casa <input type="checkbox"/> Grupo de casas		
Nome do Local (Nome da SAI)				
Data de preenchimento do Formulário		/ /	<b>Atenção:</b> Determina a data de cadastro da SAI (ano de referência inicial do cadastro da forma de abastecimento no Sisagua)	
Responsável pelo preenchimento				
CAPTAÇÃO DE ÁGUA				
Tipo de captação		<input type="checkbox"/> Superficial <input type="checkbox"/> Subterrânea <input type="checkbox"/> Água de Chuva		
Pontos de captação superficial <sup>(2)</sup>				
Nome do Manancial	Categoria	Outorga	Latitude (decimais)	Longitude (decimais)
		<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não		
		<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não		
Pontos de captação subterrânea <sup>(3)</sup>				
Nome do Ponto	Categoria	Outorga	Latitude (decimais)	Longitude (decimais)

		<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não		
		<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não		
<b>TRATAMENTO DA ÁGUA</b>				
A água é filtrada antes do consumo	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	A água é desinfetada antes do consumo	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	
<b>RESERVAÇÃO DE ÁGUA</b>				
Tipo de reservação	<input type="checkbox"/> Caixa d'água <input type="checkbox"/> Cisterna <input type="checkbox"/> Sem reservação	Outro:		
<b>POPULAÇÃO ABASTECIDA</b>				
A população abastecida pela SAI também recebe água de SAA ou SAC?	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não			
Número de domicílios abastecidos <sup>(4)</sup>				

(1) Informar a área do Município qual a SAI se encontra segundo as categorias Bairro (ou favela); Sede de distrito (ou vila); Área urbana isolada; Povoado/Lugarejo; Núcleo/Propriedade Rural; Projeto de assentamento; Aldeia indígena; Comunidade Quilombola; Comunidade Ribeirinha; Reserva Extrativista; (2) Informar os pontos de captação superficiais utilizados pela SAI para cada manancial, segundo as categorias: córrego, riacho, regato, sanga, ribeirão, arroio, igarapé, rio, canal, lago, lagoa, açude, barragem, represa, brejo e vereda; (3) Informar os pontos de captação subterrânea utilizados pela SAI, segundo as categorias Poço freático/raso; Poço artesiano/profundo; Mina/Nascente/Fonte; Desconhecido/não informado; (4) Somente quando selecionado “Grupo de Casas” no “Tipo de Local”.





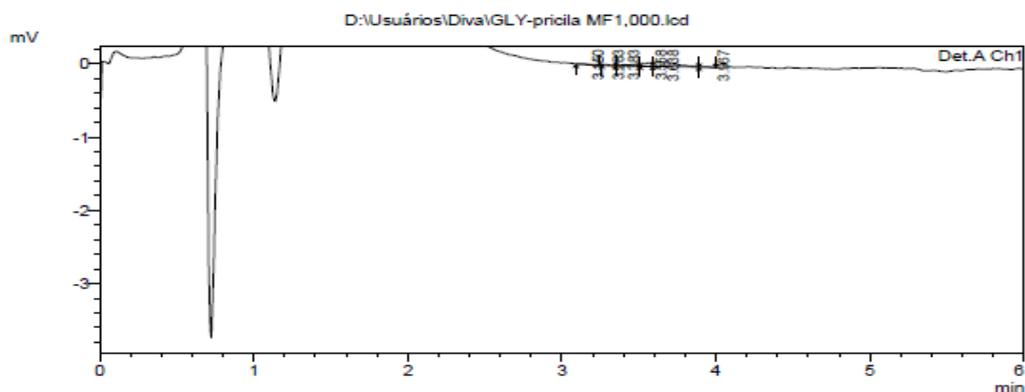
Linhares	24/11/2014	SAA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Linhares	24/11/2014	SAA	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Iconha	08/12/2014	SAA	.	<LD	.	.	.	<LD	<LD	.	<LD	.	<LD	.	<LD	.	.
Iconha	08/12/2014	SAA	.	<LD	.	<LD	<LD	.	.	<LD	.	.	.	<LD	<LD	.	.
Marataízes	24/11/2014	SAI	.	.	.	.	.	20,0	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Marataízes	24/11/2014	SAI	.	.	.	.	.	.	0,6	.	.	.	.	.	.	.	.
Anchieta	15/12/2014	SAA	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Anchieta	15/12/2014	SAI	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
São Mateus	01/12/2014	SAC	<LQ	>LQ	>LQ	.	>LQ	>LQ	>LQ	>LQ	>LQ	>LQ	>LQ	>LQ	.	>LQ	>LQ

Fonte: Sisagua (2016)

<LQ: Inferior ao Limite de Quantificação

## ANEXO E – Cromatogramas das Análises de Glifosato

<Chromatogram>

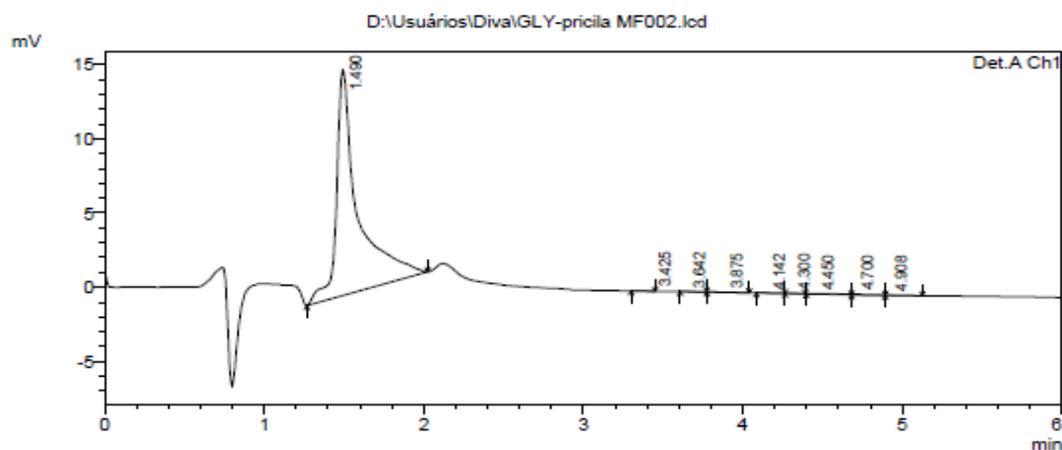


Detector A Ch1 190nm

PeakTable

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Area %	Height %
1	3.150	55	11	4.858	7.042
2	3.283	32	13	2.836	8.136
3	3.383	139	9	12.315	5.884
4	3.558	197	47	17.388	30.092
5	3.638	657	65	58.078	41.488
6	3.967	51	11	4.524	7.358
Total		1131	156	100.000	100.000

<Chromatogram>

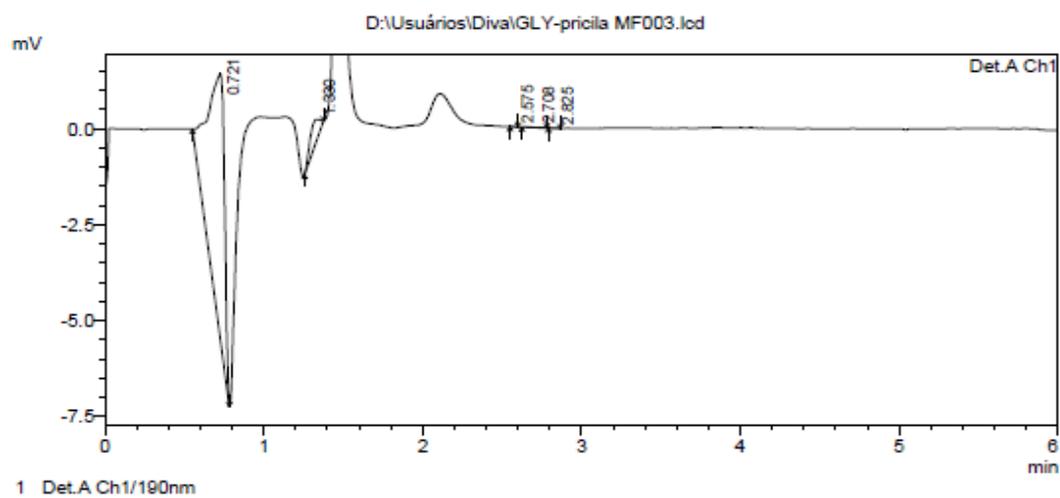


Detector A Ch1 190nm

PeakTable

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Area %	Height %
1	1.490	143688	15262	99.452	99.357
2	3.425	30	7	0.021	0.047
3	3.642	68	10	0.047	0.068
4	3.875	71	10	0.049	0.067
5	4.142	32	6	0.022	0.040
6	4.300	49	15	0.034	0.095
7	4.450	275	20	0.190	0.127
8	4.700	133	15	0.092	0.100
9	4.908	134	15	0.093	0.099
Total		144480	15361	100.000	100.000

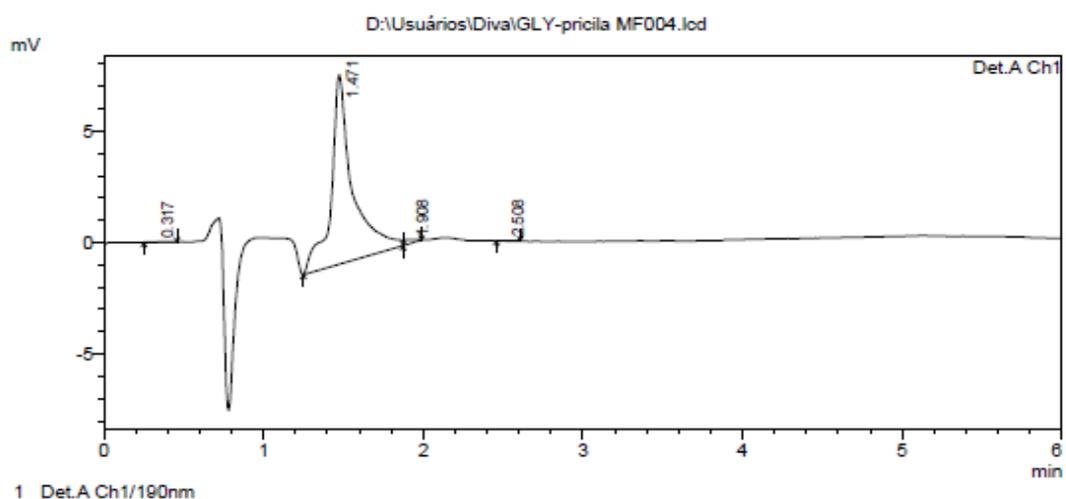
## &lt;Chromatogram&gt;



PeakTable

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Area %	Height %
1	0.721	45757	6765	93.570	91.711
2	1.330	3070	588	6.277	7.977
3	2.575	9	6	0.017	0.085
4	2.708	50	8	0.102	0.106
5	2.825	16	9	0.032	0.121
Total		48901	7377	100.000	100.000

## &lt;Chromatogram&gt;

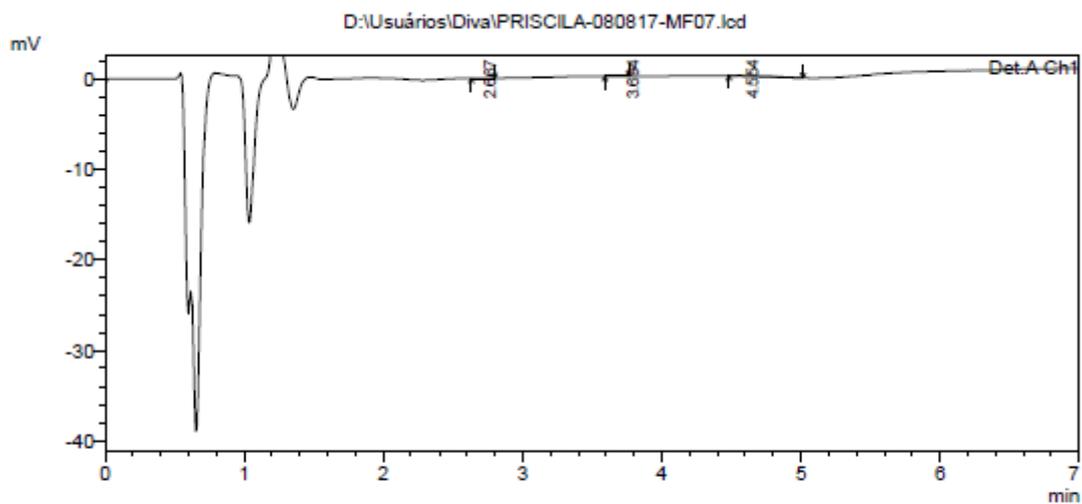


PeakTable

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Area %	Height %
1	0.317	82	12	0.102	0.136
2	1.471	79947	8503	98.796	97.699
3	1.908	855	176	1.056	2.026
4	2.508	37	12	0.046	0.140
Total		80922	8703	100.000	100.000



## &lt;Chromatogram&gt;

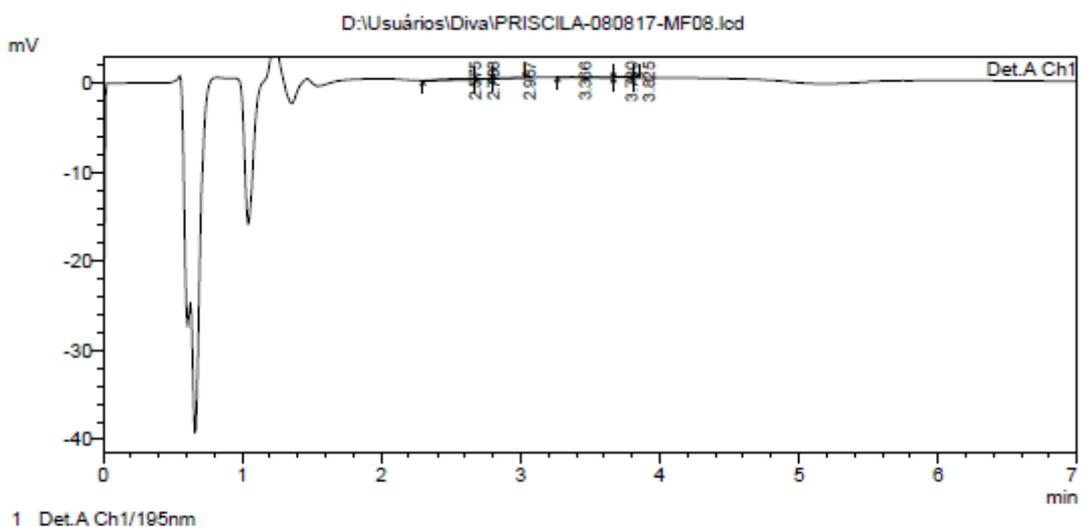


PeakTable

Detector A Ch1 195nm

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Area %	Height %
1	2.667	50	7	3.897	9.477
2	3.694	53	11	4.139	14.519
3	4.554	1184	60	91.964	76.003
Total		1288	79	100.000	100.000

## &lt;Chromatogram&gt;

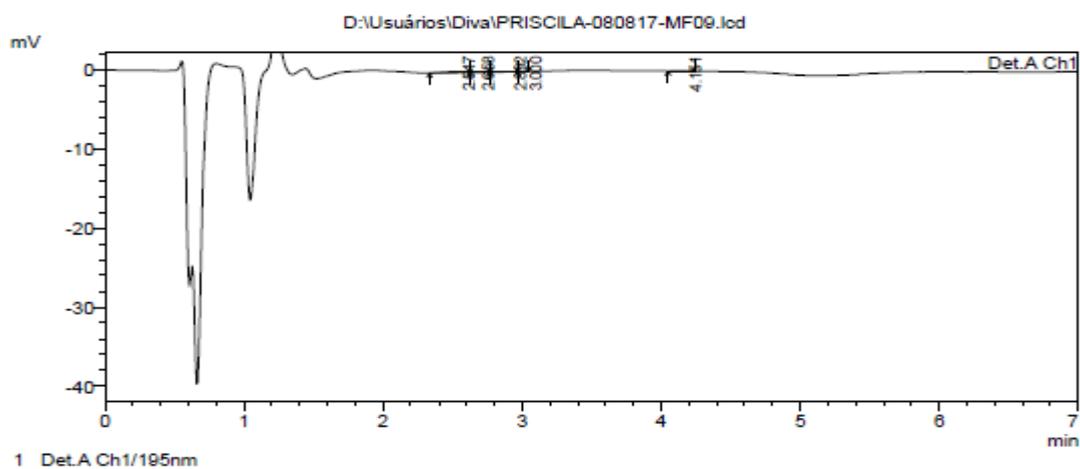


PeakTable

Detector A Ch1 195nm

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Area %	Height %
1	2.575	1856	118	56.853	41.034
2	2.708	351	65	10.769	22.601
3	2.967	326	34	9.980	11.771
4	3.366	618	44	18.934	15.153
5	3.700	100	17	3.069	6.056
6	3.825	13	10	0.396	3.387
Total		3264	288	100.000	100.000

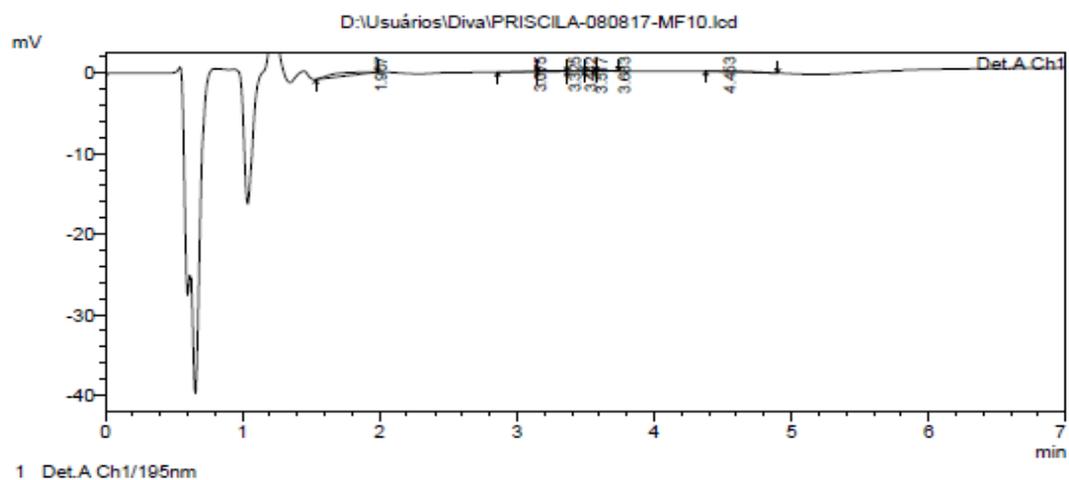
## &lt;Chromatogram&gt;



PeakTable

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Area %	Height %
1	2.517	1529	131	56.452	43.940
2	2.658	593	89	21.917	29.742
3	2.892	424	45	15.660	15.087
4	3.000	58	16	2.126	5.363
5	4.151	104	18	3.844	5.869
Total		2708	298	100.000	100.000

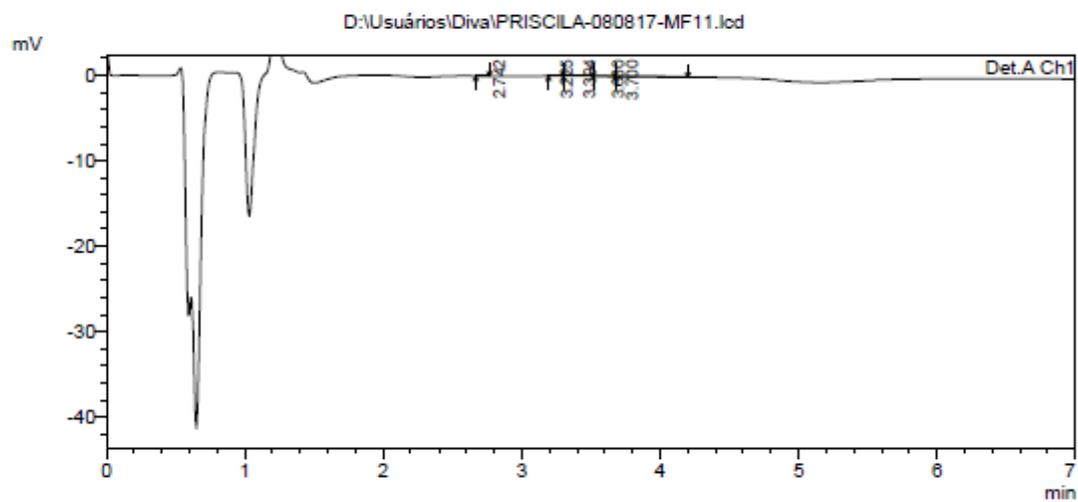
## &lt;Chromatogram&gt;



PeakTable

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Area %	Height %
1	1.907	6879	167	71.236	48.865
2	3.075	122	12	1.260	3.435
3	3.325	183	28	1.896	8.192
4	3.442	197	30	2.035	8.716
5	3.517	135	31	1.393	9.192
6	3.683	203	22	2.107	6.376
7	4.453	1938	52	20.072	15.224
Total		9657	342	100.000	100.000

## &lt;Chromatogram&gt;



PeakTable

Peak#	Ret. Time	Area	Height	Area %	Height %
1	2.742	22	6	0.726	2.579
2	3.225	131	19	4.246	7.931
3	3.394	800	69	26.026	28.435
4	3.600	687	77	22.332	31.756
5	3.700	1435	71	46.671	29.298
Total		3075	242	100.000	100.000

### ANEXO F - Portaria 2914 do Ministério da Saúde: Agrotóxicos

Agrotóxico	Limite máximo permitido na água ( $\mu\text{g. L}^{-1}$ )
2,4 D + 2,4,5 T	30
Alaclor	20
Aldicarbe + Aldicarbesulfona + Aldicarbesulfóxido	10
Aldrin + Dieldrin	0,03
Atrazina	2
Carbendazim + benomil	120
Carbofurano	7
Clordano	0,2
Clorpirifós + clorpirifós-oxon	30
DDT+DDD+DDE	1
Diuron	90
Endossulfan ( $\alpha$ $\beta$ e sais) (3)	20
Endrin	0,6
Glifosato + AMPA	500
Lindano (gama HCH) (4)	2
Mancozebe	180
Metamidofós	12
Metolacoloro	10
Molinato	6
Parationa Metílica	9
Pendimentalina	20
Permetrina	20
Profenofós	60
Simazina	2
Tebuconazol	180
Terbufós	1,2
Trifluralina	20

Fonte: BRASIL (2011)