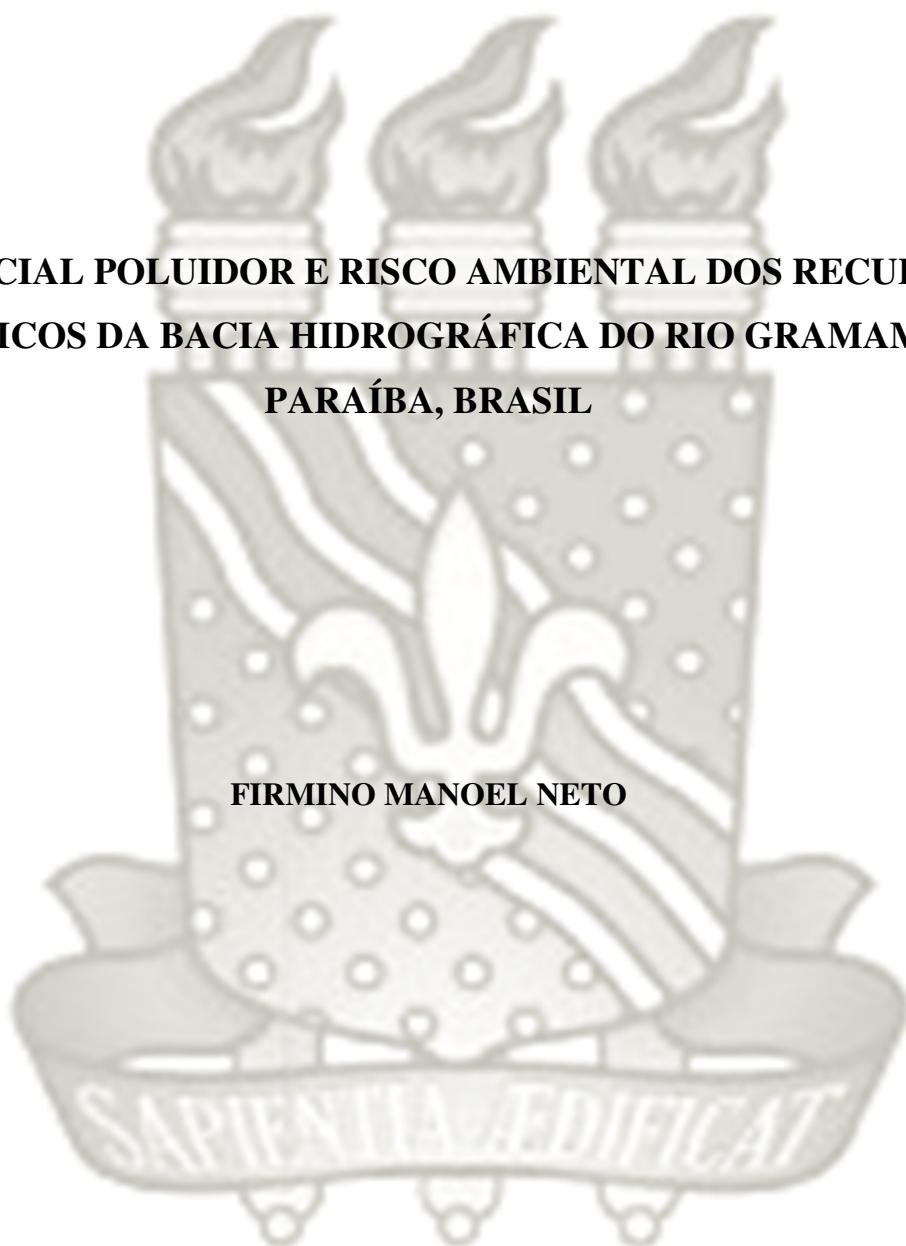




Universidade Federal da Paraíba  
Centro de Tecnologia  
**Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental**  
**-- Mestrado --**

**POTENCIAL POLUIDOR E RISCO AMBIENTAL DOS RECURSOS  
HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GRAMAME,  
PARAÍBA, BRASIL**

FIRMINO MANOEL NETO



**JOÃO PESSOA – PB**  
**MARÇO – 2014**



Universidade Federal da Paraíba  
Centro de Tecnologia  
**Program de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental**  
**-- Mestrado --**

**POTENCIAL POLUIDOR E RISCO AMBIENTAL DOS RECURSOS  
HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GRAMAME,  
PARAÍBA, BRASIL**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre.

**Firmino Manoel Neto**

**Orientadora:** Prof. Dra. Carmem Lúcia Moreira Gadelha

**Co-orientador:** Prof. Dr. Hamilcar José Almeida Filgueira

**JOÃO PESSOA – PB**

**MARÇO – 2014**

**FIRMINO MANOEL NETO**

**POTENCIAL POLUIDOR E RISCO AMBIENTAL DOS RECURSOS  
HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GRAMAME,  
PARAÍBA, BRASIL**

Dissertação aprovada em \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_ como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Urbana e Ambiental do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba.

**BANCA EXAMINADORA:**

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Carmem Lúcia Moreira Gadelha  
(Orientadora)

---

Prof. Dr. Hamilcar José Almeida Filgueira  
(Co-Orientador)

---

Prof. Dr. Lutiane Queiroz de Almeida  
(Examinador Externo)

---

Prof. Dr. Augusto Francisco da Silva Neto  
(Examinador Externo)

“Tudo o que um sonho precisa para ser realizado é alguém que acredite que ele possa ser realizado”.

Roberto Shinyashiki

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por minha existência, por me dar condições de lutar e alcançar os objetivos pretendidos, por tudo que ele tem feito em minha vida, como a alegria de viver, pelo ar que respiro, pelos dons que me deu e pelos relacionamentos que possibilitam que eu cresça a cada dia.

Agradeço também a minha família, porque ela sempre me apoiou nos momentos difíceis.

Agradeço aos meus amigos, pelo incentivo nessa nova etapa da minha vida.

Agradeço aqueles que entram na nossa história, ajudando-nos a crescer, a ser mais gente, acreditando no nosso sonho, dando - nos forças para vencer nesse caminho longo e tortuoso.

Agradeço a todos que contribuíram para a realização desta pesquisa, em especial a professora ***Carmem Lucia Moreira Gadelha*** e ao professor ***Hamilcar José Almeida Filgueira*** pela disponibilidade e cooperação.

Enfim, agradeço a todos que contribuíram direta ou indiretamente com meu trabalho e meu desempenho.

## RESUMO

Este trabalho aborda aspectos relacionados ao estudo do risco de poluição dos corpos hídricos da bacia hidrográfica do rio Gramame, Estado da Paraíba, nas porções situadas no alto e médio curso do rio Gramame, à montante do reservatório Gramame-Mamuaba. Neste estudo aplicou-se o método Delphi para avaliar o grau de risco de poluição da água superficial na bacia hidrográfica do rio Gramame, com base no mapa de vulnerabilidade da área em estudo elaborado por Pedrosa (2008) e nas fontes de poluição detectadas na opinião de especialistas. A pesquisa incluiu levantamento georeferenciado das fontes poluidoras, a partir de estudos já realizados na bacia hidrográfica, conversas específicas com especialistas e moradores da região e a confecção do mapa de risco de contaminação. A sequência de atividades da aplicação do método Delphi foi realizada em três etapas: na 1<sup>a</sup> etapa foram identificadas as fontes poluidoras relacionadas com risco de contaminação dos corpos hídricos da área de estudo, com base em estudos já realizados na bacia hidrográfica e por meio de conversas específicas com especialistas e moradores da região; na 2<sup>a</sup> etapa as fontes poluidoras identificadas foram submetidas à avaliação dos mesmos especialistas, do potencial poluidor, por fonte poluidora apresentada, identificada na área; na 3<sup>a</sup> etapa foi avaliado o grau de risco de contaminação de cada potencial poluidor relacionado com o mapa da vulnerabilidade da área onde a fonte poluidora está localizada. A partir dos resultados da aplicação do método Delphi, foi elaborado o mapa de risco de contaminação dos corpos hídricos da área de estudo. As fontes poluidoras identificadas e mapeadas na área da bacia que abastece o reservatório Gramame-Mamuaba apresentam potencial poluidor variando de moderado a muito alto. Esse potencial poluidor quando relacionado com a vulnerabilidade da área, indica o risco de poluição dos corpos hídricos, que aumenta de acordo com o grau dessa vulnerabilidade. Essas informações podem ser usadas de forma a fornecer subsídios, aos órgãos responsáveis pela gestão de recursos hídricos, nas ações de controle de problemas detectados por este estudo.

**Palavras-chave:** risco ambiental, bacias hidrográficas, abastecimento de água.

## **ABSTRACT**

This paper focuses on aspects related to the study of the risk of water bodies' pollution of the Gramame river basin, Paraíba State, around the upper and middle river Gramame's course, upstream of Gramame-Mamuaba reserve. This study applied the Delphi method to assess the degree of pollution's risk of superficial water in the Gramame river basin, it based on the vulnerability map of the study area prepared by Pedrosa (2008), and about the pollution sources detected from experts' opinions. The research included georeferenced survey of sources' pollution from previous studies in the basin, specific conversations with experts and local residents, and the making of the map's risk contamination. The sequence of activities from application of the Delphi method occurs in three steps: step 1, based on previous studies in the Gramame river basin and through specific conversations with experts and local residents, the pollutant sources related were identified at risk of contamination of water bodies the study area; step 2, the identified pollutant sources underwent assessment of these experts, the pollution potential for polluting source displayed, identified in the area; and, in step 3 we evaluated the contamination's risk of each potential pollutant associated with the map of the vulnerability from area, where the pollution source is located. The risk contamination map's risk was made from Delphi method results in the study area. The pollutant sources identified and mapped in the basin that supplies the Gramame-Mamuaba reserve presents pollution potential ranging from moderate to very high. This pollution potential when associated with the vulnerability of the area, indicating the risk of pollution of water bodies, which increases with the degree from this vulnerability. These results can be used in order to provide grant for departments responsible for water resources management and to control actions for problems identified through this study.

**Keywords:** environmental risk, hydrographic basins, water supply.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – A água e a sua posição central em relação a processos como biodiversidade, energia e clima.....	16
Figura 2 – Principais problemas globais afetando serviços dos ecossistemas aquáticos e disponibilidade de água e a qualidade das águas superficiais e subterrâneas .....	16
Figura 3 – Abordagens no gerenciamento de recursos hídricos e objetivos de longo prazo..	19
Figura 4 – Poluição da água por fontes pontuais e difusas.....	21
Figura 5 – Processo para a avaliação do risco..	27
Figura 6 – O processo do método Delphi.	30
Figura 7 – Localização da área de estudo, em destaque em hachura, em relação à bacia hidrográfica do rio Gramame.....	31
Figura 8 – Localização da área de estudo e dos municípios paraibanos que a integram.....	32
Figura 9 – Tipos climáticos do Estado da Paraíba.....	34
Figura 10 – Sub-bacias Miriri, Alhandra e Olinda, que compõem a “clássica” bacia Pernambuco-Paraíba .....	35
Figura 11 – Localização da bacia da Paraíba.....	36
Figura 12 – Estratigrafia da sub-bacia Alhandra.	37
Figura 13 – Perfil longitudinal do rio Gramame.....	41
Figura 14 – Imagem sombreada da área com drenagem.....	42
Figura 15 - Detalhamento da feição dômica encontrada na área de estudo.....	43
Figura 16 – Mapa de vulnerabilidade da área de estudo.....	44
Figura 17 – Roteiro realizado na aplicação da metodologia Delphi na área de estudo. ....	45
Figura 18 – Localização das fontes poluidoras.....	48
Figura 19 – Localização dos pontos de risco no mapa de risco de contaminação da área em estudo. ....	51
Figura 20 – Plantio de cana-de-açúcar.....	54
Figura 21 – Plantio de abacaxi.....	54
Figura 22 – Trecho do rio Gramame onde os pulverizadores utilizados na aplicação de agrotóxicos são lavados.....	56
Figura 23 – Efluentes industriais (usina sucroalcooleira) despejados no rio Gramame .....	58

Figura 24 – Lançamento de esgoto doméstico da zona urbana de Pedras de Fogo em afluente do rio Gramame.....	59
Figura 25 – Lagoa de vinhaça localizada a montante do reservatório Gramame-Mamuaba ..	60
Figura 26 – Fertirrigação com vinhaça a montante do reservatório Gramame-Mamuaba .....	62
Figura 27 – Lixão da zona urbana de Pedras de Fogo. ....	64
Figura 28 – Irrigação a montante do reservatório Gramame-Mamuaba. ....	65
Figura 29 – Assoreamento do rio Gramame. ....	66
Figura 30 – Criação de suíños na margem da represa do reservatório Gramame-Mamuaba .	68
Figura 31 – Estábulo localizado na margem da represa do reservatório. ....	69
Figura 32 – Instalação de avicultura na margem do reservatório Gramame-Mamuaba. ....	70
Figura 33 – Posto de combustível a montante do reservatório Gramame-Mamuaba. ....	71
Figura 34 – Rodovia PB 030 cortando a bacia hidrográfica do rio Gramame.....	72
Figura 35 - Mapa de risco de contaminação da área de estudo.....	76

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Áreas ocupadas pelos municípios que integram a área de estudo.....	33
Tabela 2– Georeferenciamento dos pontos de ameaças ambientais nas sub-bacias hidrográficas dos rios Gramame e Mamuaba.....	49
Tabela 3 – Principais fontes poluidoras da parcela das sub-bacias hidrográficas do rio Gramame estudadas.....	53
Tabela 4 – Efeitos da exposição aos agrotóxicos .....	55
Tabela 5 – Avaliação do potencial poluidor de cada fonte poluidora identificada na área objeto do estudo.....	73
Tabela 6 - Vulnerabilidade da bacia hidrográfica do rio Gramame. ....	74
Tabela 7 – Avaliação do risco de contaminação dos corpos hídricos da área de estudo.....	75
Tabela 8 – Áreas de risco de contaminação .....	75

## SUMÁRIO

<b>AGRADECIMENTOS .....</b>	<b>V</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>VI</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>VII</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>VIII</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>X</b>
<b>SUMÁRIO .....</b>	<b>XI</b>
<b>1.INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2.FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>15</b>
2.1PROBLEMAS AMBIENTAIS E GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS.....	15
2.2BACIA HIDROGRÁFICA: UNIDADE DE PLANEJAMENTO E GESTÃO .....	17
2.3 POLUIÇÃO E CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA.....	20
2.4 VULNERABILIDADE E RISCO AMBIENTAL .....	24
2.4.1 Avaliação de riscos.....	26
2.4.2 Método Delphi.....	29
<b>3.ÁREA DE ESTUDO .....</b>	<b>31</b>
3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL .....	31
3.1.1Aspectos climáticos .....	33
3.1.2Aspectos geológicos.....	34
3.1.3Aspectos geomorfológico e pedológico.....	37
3.1.4 Vegetação.....	38
3.1.5 Ocupação e uso do solo.....	39
3.1.6 Dados hidrológicos do rio do Gramame .....	39
<b>4.METODOLOGIA.....</b>	<b>44</b>
4.1 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DELPHI.....	45
4.2 IDENTIFICAÇÃO DAS FONTES POLUIDORAS NA ÁREA DE ESTUDO .....	46
4.3 MAPA DAS FONTES POLUIDORAS .....	47
<b>5.RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>52</b>
5.1 TIPOS DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GRAMAME, À MONTANTE DO RESERVATÓRIO GRAMAME-MAMUABA .....	52
5.2 FONTES POLUIDORAS IDENTIFICADAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GRAMAME .....	52
5.2.1Caracterização das fontes poluidoras detectadas .....	53
5.2.1.1Agricultura com uso de fertilizantes e agrotóxicos. ....	53
5.2.1.2Usina sucroalcooleira e efluentes industriais.....	56
5.2.1.3Esgoto doméstico urbano .....	59

5.2.1.4 Lagoa de vinhaça .....	59
5.2.1.5 Fertirrigação com vinhaça .....	61
5.2.1.6 Resíduos de aglomerado urbano e rural.....	62
5.2.1.7 Irrigação .....	64
5.2.1.8 Assoreamento do rio Gramame .....	65
5.2.1.9 Criação de suínos e bovinos .....	67
5.2.1.10 Avicultura .....	69
5.2.1.11 Posto de combustível .....	70
5.2.1.12 Rodovias .....	71
<b>5.3 POTENCIAL POLUIDOR POR FONTE POLUIDORA IDENTIFICADA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GRAMAME .....</b>	<b>72</b>
<b>5.4 POTENCIAL POLUIDOR, RELACIONADO À VULNERABILIDADE AMBIENTAL DA ÁREA DE ESTUDO .....</b>	<b>73</b>
<b>6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>77</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS.....</b>	<b>79</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>92</b>
ANEXO 1 - QUESTIONÁRIO DO MÉTODO DELPHI – 1 <sup>a</sup> RODADA .....	92
ANEXO 2 - QUESTIONÁRIO DO MÉTODO DELPHI – 2 <sup>a</sup> RODADA .....	93
ANEXO 3 - QUESTIONÁRIO DO MÉTODO DELPHI – 3 <sup>a</sup> RODADA .....	94
ANEXO 4 - CARTA DE APRESENTAÇÃO DO QUESTIONÁRIO DO MÉTODO DELPHI .....	95

## **1. INTRODUÇÃO**

No cenário contemporâneo, a questão ambiental tem sido motivo de atenção e estudos por parte da comunidade científica de muitos países, subsidiando a formação de políticas públicas que permitam conciliar a produção de bens e serviços com a satisfação de necessidades do homem e a conservação e uso racional dos recursos naturais.

Com a demanda e oferta dos recursos hídricos sendo cada vez mais comprometidas na medida em que, em muitos lugares do mundo, as águas superficiais e as subterrâneas estão contaminadas por efluentes. Esses efluentes geralmente são produtos líquidos e gasosos, produzidos por indústrias ou resultante dos esgotos domésticos urbanos e resíduos sólidos que são lançados no meio ambiente, como também, produtos resultantes das atividades agrícolas, entre outros.

No Brasil a busca por soluções para problemas relacionados aos recursos hídricos vem evoluindo, consideravelmente, passando então, de um enfoque estritamente técnico e econômico e incorporando um paradigma do uso, conservação e gestão desses recursos pautados em um conceito de sustentabilidade ambiental. Este novo modelo segue o preceito de desenvolvimento sustentável, ou seja, aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer as possibilidades das gerações futuras atenderem às suas próprias (CMMAD, 1988).

Desta forma, a legislação brasileira tem contribuído no planejamento ambiental estabelecendo diretrizes e medidas que buscam a preservação, conservação e proteção do meio ambiente. Dentre estes diplomas legais destacam-se, além do Código Florestal, Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012 (BRASIL, 2012), as Resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA 302/02 e 303/02 (BRASIL, 2002a, 2002b), que estabelecem critérios para ocupação adequada dos recursos naturais, evitando que o mau uso possa refletir sobre a qualidade dos recursos hídricos.

Na Paraíba, a bacia hidrográfica do rio Gramame, que conta com o reservatório Gramame-Mamuaba, o maior provedor de água para o abastecimento público da população da Grande João Pessoa, apresenta diversos problemas de poluição hídrica, notadamente devido a efluentes industriais, além dos inadequados serviços de coleta, transporte, tratamento e destino final de esgotos domésticos e dos resíduos sólidos.

Considerando-se a grande importância da bacia hidrográfica supracitada, tanto para o abastecimento público de água, quanto para as demais atividades nela desenvolvidas, ressalta-se a necessidade de um planejamento territorial adequado para essa área.

Este trabalho teve o objetivo de avaliar o risco ambiental de poluição de corpos hídricos<sup>1</sup> da bacia hidrográfica do rio Gramame, nas porções situadas nos altos e médios cursos dos rios Gramame e Mamuaba, à montante do reservatório Gramame-Mamuaba.

---

<sup>1</sup>Corpo hídrico - Denominação genérica para qualquer manancial hídrico; curso d'água, trecho de rio, reservatório artificial ou natural, lago, lagoa ou aquífero subterrâneo (SEMAP, 2008).

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 PROBLEMAS AMBIENTAIS E GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS**

A discussão sobre os recursos hídricos permeia as esferas econômica, social e ambiental. Para Mastella e Nishijima (2011) as variáveis ambientais do conjunto paisagístico estão sendo afetadas devido aos diferentes tipos de exploração dos recursos naturais e, consequentemente, à sua má administração.

Tundisi e Matsumura-Tundisi (2008) destacam que, no amplo contexto social, econômico e ambiental do século XXI, as principais causas da “crise da água” são os seguintes problemas e processos:

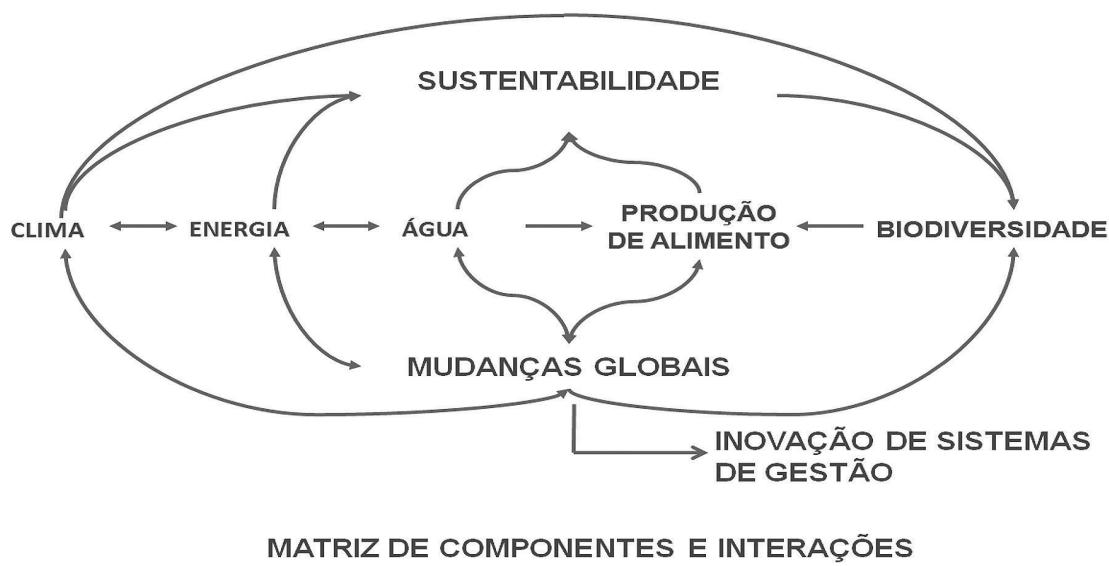
- Intensa urbanização, aumentando a demanda pela água, ampliando a descarga de recursos hídricos contaminados e com grandes demandas de água para abastecimento e desenvolvimento econômico e social (TUCCI, 2008);
- Estresse e escassez de água em muitas regiões do planeta em razão das alterações na disponibilidade e aumento de demanda;
- Infraestrutura pobre e em estado crítico, em muitas áreas urbanas com até 30% de perdas na rede após o tratamento das águas;
- Problemas de estresse e escassez em razão de mudanças globais com eventos hidrológicos extremos, aumentando a vulnerabilidade da população humana e comprometendo a segurança alimentar (chuvas intensas e períodos intensos de seca); e,
- Problemas na falta de articulação e falta de ações consistentes na governabilidade de recursos hídricos e na sustentabilidade ambiental.

Tundisi e Matsumura-Tundisi (2008) destacam ainda que o conjunto dos principais problemas que causam a “crise da água” apresenta dimensões em âmbito local, regional, continental e planetário. Segundo os autores esses problemas contribuem para:

- Aumento e exacerbação das fontes de contaminação;
- A alteração das fontes de recursos hídricos – mananciais, com escassez e diminuição da disponibilidade; e,
- Aumento da vulnerabilidade da população humana em razão de contaminação e dificuldade de acesso à água de boa qualidade (potável e tratada).

Esse conjunto de problemas está relacionado à qualidade e quantidade da água e, em respostas a essas causas, há interferências na saúde humana e saúde pública, com deterioração

da qualidade de vida e do desenvolvimento econômico e social. A posição central dos recursos hídricos quanto à geração de energia, produção de alimentos, sustentabilidade da biodiversidade e a mudanças globais é destacada nas Figuras 1 e 2 que apresentam as principais inter-relações dos processos que afetam qualidade e quantidade de água, a biota aquática e a população humana.



**MATRIZ DE COMPONENTES E INTERAÇÕES**

Figura 1 – A água e a sua posição central em relação a processos como biodiversidade, energia e clima. Fonte: Tundisi; Matsumura-Tandisi (2008).



Figura 2 – Principais problemas globais afetando serviços dos ecossistemas aquáticos e disponibilidade de água e a qualidade das águas superficiais e subterrâneas. Fonte: Tundisi; Matsumura-Tandisi (2008).

Mais da metade dos rios do mundo tem seu fluxo diminuído e estão contaminados, ameaçando a saúde das pessoas. Esses rios se encontram tanto em países pobres quanto em ricos. Os rios ainda considerados ‘sobreviventes’ são o Amazonas e o Congo, exatamente por dispor de uma extensa área preservada em suas nascentes. A bacia hidrográfica do rio Amazonas é o maior filão de água doce do planeta, correspondendo a 1/5 da água doce disponível.

A escassez de água se deve basicamente à má gestão dos recursos hídricos e não à falta de chuvas simplesmente. Uma das maiores agressões para a formação de água doce é a ocupação e o uso desordenado do solo. Para agravar ainda mais a situação são previstas as adições de mais de 3 bilhões de pessoas que nascerão neste século, sendo a maioria em países que já têm escassez de água, como: Índia, China e Paquistão.

Para Fracalanza (2009), o debate sobre a escassez da água deve ser considerado sob dois prismas distintos, porém interligados: o primeiro diz respeito à quantidade de água necessária para a execução das diferentes atividades humanas e o segundo relaciona-se à qualidade da água a ser utilizada nessas atividades.

Assim, enfrentar a escassez e garantir água de qualidade e em quantidade para a crescente população mundial é o grande desafio do século XXI. A principal dificuldade está em encontrar formas mais efetivas de conservar, utilizar e proteger os recursos hídricos da poluição em nível global. Além da escassez, os problemas da água de má qualidade acabam por gerar queda na produção de alimentos, intensificar as doenças e aumentar as tensões políticas e sociais.

## 2.2 BACIA HIDROGRÁFICA: UNIDADE DE PLANEJAMENTO E GESTÃO

A bacia hidrográfica corresponde a um sistema biofísico e socioeconômico, integrado e interdependente, contemplando atividades agrícolas, industriais, comunicações, serviços, facilidades recreacionais, formações vegetais, nascentes, córregos e riachos, lagoas e represas, enfim, todos os habitats e unidades da paisagem. Seus limites são estabelecidos topograficamente pela linha que une os pontos de maior altitude e que definem os divisores de área entre uma bacia e outra adjacente. (ROCHA *et al.*, 2000)

Segundo Guerra (1978), a bacia hidrográfica é um conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus afluentes.

Acrescentando ao conceito geomorfológico uma abordagem sistêmica, bacias hidrográficas são definidas como sistemas abertos que recebem energias por meio de agentes

climáticos e perdem energia através do deflúvio, podendo ser descritos em termos de variáveis interdependentes que oscilam em torno de um padrão e, desta forma, mesmo quando perturbadas por ações antrópicas, encontram-se em equilíbrio dinâmico. Assim, qualquer modificação no recebimento ou na liberação de energia, ou modificação na forma do sistema, acarretará em uma mudança compensatória que tende a minimizar o efeito da modificação e restaurar o estado de equilíbrio dinâmico (LIMA; ZAKIA, 2000).

A bacia hidrográfica é uma das principais unidades de planejamento e gestão ambiental, pois seus processos hidrológicos podem ser bem manejados. A delimitação das microbacias obedece a uma lógica da dinâmica em conformação com a rede fluvial na qual está ligada e, devido a facilidade de manejo integrado do solo com os recursos hídricos, atinge diferentes escalas geográficas e esferas administrativas (MOTA, 1995)

No planejamento e gerenciamento de uma bacia hidrográfica, deve-se considerar os seguintes processos:

- Conceituais - adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gerenciamento e a integração econômica e social;
- Tecnológicos – o uso adequado de tecnologia de proteção, conservação, recuperação e tratamento; e,
- Institucionais – a integração institucional em uma unidade fisiográfica, a bacia hidrográfica é fundamental (TUNDISI, 2003).

O gerenciamento de bacia hidrográfica deve ser planejado com objetivo duradouro, isto é, em longo prazo. Pode - se ver na Figura 3, abordagens no gerenciamento de recursos hídricos e os objetivos em longo prazo.

A prevenção de problemas na qualidade da água e horizontes de longa duração como, por exemplo, mistura epilimnética, uso de áreas alagadas e prevenção da poluição, são medidas duradouras que apresentam menos desperdício e sem efeitos indiretos. Enquanto as medidas curativas como, correção de problemas existentes na qualidade da água e horizontes de curta duração, tendo como exemplos, mistura hipolimnética, uso de algicidas, remoção de macrofitas e precipitação de fósforo, são medidas mais dispendiosas e apresentam efeitos indiretos.

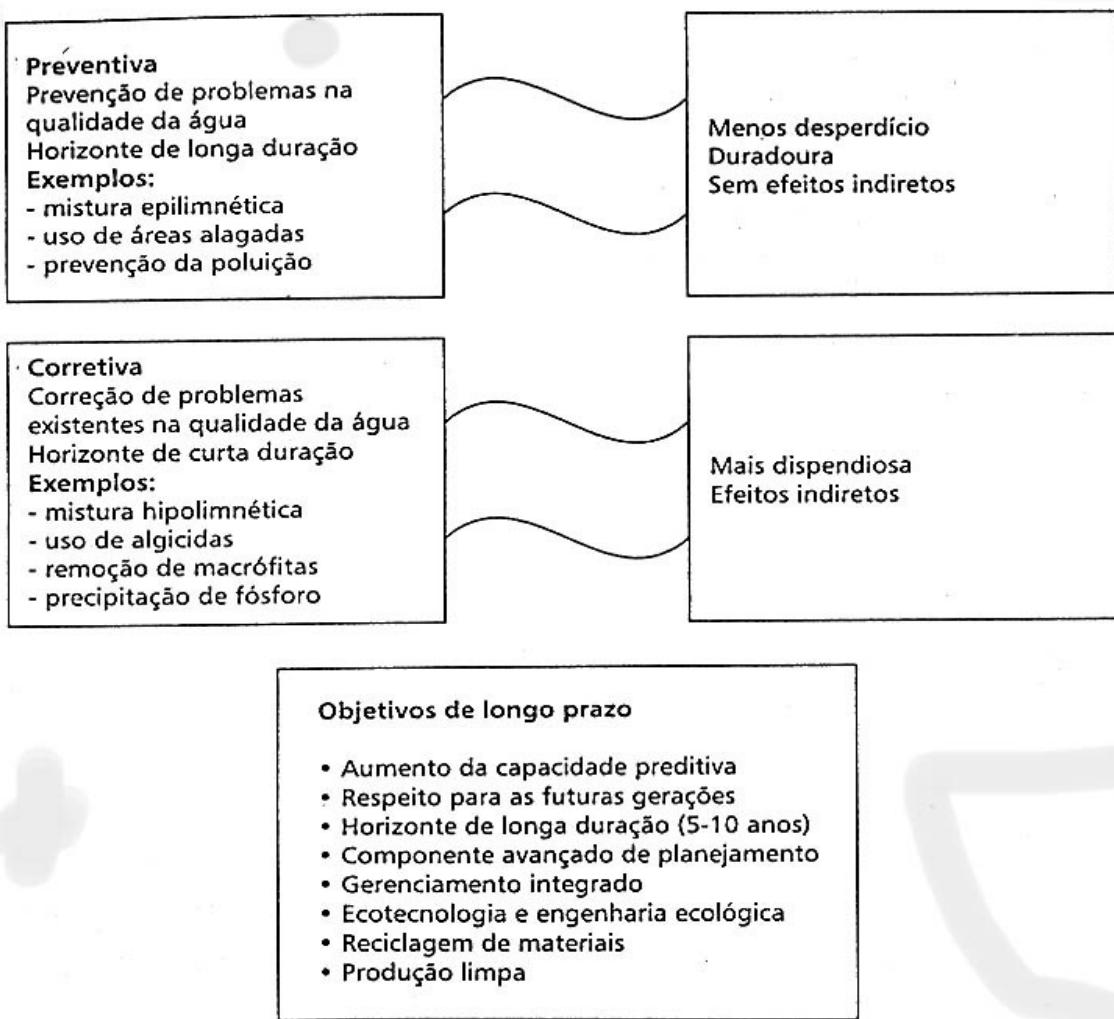


Figura 3 – Abordagens no gerenciamento de recursos hídricos e objetivos de longo prazo. Fonte: Tundisi (2003).

Segundo Nascimento e Villaça (2008), para o planejamento e gerenciamento de uma bacia hidrográfica é fundamental considerar a mudança de paradigma de um sistema setorial, local e de respostas à crise para um sistema integrado, preditivo e em nível de ecossistema. Isso deverá resultar em um diagnóstico mais abrangente dos problemas e deverá incorporar os aspectos sócio-econômicos para que se possa desenvolver um bom planejamento e gerenciamento.

Para Souza e Fernandes (2000), os recursos hídricos que integram os compartimentos naturais das bacias e sub-bacias hidrográficas são indicadores das condições da interação desses componentes.

No Brasil, o CONAMA, em sua Resolução n° 001/86 (artigo 5º, item III), determina que para iniciar qualquer estudo de impacto ambiental, deve-se primeiramente “definir os limites da área geográfica a ser direta ou indiretamente afetada pelos impactos, denominada

área de influência do projeto, considerando, em todos os casos, a bacia hidrográfica na qual se localiza”.

A Lei Federal nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997), também considera, em seus princípios básicos, a adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão dos recursos hídricos.

## 2.3 POLUIÇÃO E CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA.

A poluição/contaminação das águas de uma bacia hidrográfica pode ser influenciada ou agravada por diversos fatores, dentre os relacionados estão: a cobertura vegetal, a topografia, a geologia e o uso e manejo do solo. Isso ocorre porque esses fatores são responsáveis por disponibilizar e regular a quantidade de sedimento e nutrientes que são carreados para os cursos d’água e, consequentemente, modificar suas características físicas, químicas e biológicas. As principais consequências da poluição das águas são: eutrofização, acidificação e salinização, destruição e/ou extinção da fauna e flora aquática, contaminação do organismo humano por ingestão e proliferação de doenças relacionadas à água (CUNHA apud LUZ, 2009). Para Cirilo (2001), o impacto decorrente da alteração do uso do solo se reflete na qualidade da água. Também, como consequência da poluição segundo Diniz (2006), a água para atender aos usos prioritários tem sido captada em locais cada vez mais distantes, além de passar por processos de tratamento mais complexos e dispendiosos, encarecendo os serviços de saneamento e contribuindo para que o recurso se torne mais escasso.

Segundo Mota (2003), a poluição ambiental é definida como qualquer alteração das características do ambiente, na água, no ar ou no solo, de modo a torná-lo impróprio ao consumo humano, às formas de vida que normalmente abriga ou que prejudique os usos definidos para o mesmo. No caso da água, a poluição é definida como a alteração de sua qualidade natural pela ação do homem, que faz com que seja parcial ou totalmente imprópria para o uso a que se destina. Entende-se por qualidade natural da água o conjunto de características físicas, químicas e bacteriológicas que ela apresenta em seu estado natural nos rios, lagos, mananciais, no subsolo ou no mar (CONEZA apud ROCHA, 2011).

Boneto (2007), considerada, no sentido sanitário, que a água está contaminada quando seu consumo oferece risco à saúde humana ou quando sua utilização para a balneabilidade é anti-higiênica ou inadequada. Assim, a imensa quantidade de substâncias e microrganismos

patogênicos, introduzidas no ambiente por meio dos esgotos urbanos e industriais pode tornar a água dos mananciais de abastecimento público contaminada. Segundo Ongley (2002 apud RESENDE, 2002) vários tipos de detritos (embalagens vazias, lixo, sedimentos), compostos orgânicos (moléculas de defensivos agrícolas), elementos químicos tóxicos (metais pesados) ou nutrientes (nitrato, fósforo) e microrganismos indesejáveis (bactérias e vírus nocivos à saúde) têm sido frequentemente detectada em diferentes regiões do mundo. Ainda com relação à poluição da água Tucci (2005) afirma que, genericamente, ela decorre da adição de substâncias ou de formas de energia que, diretamente ou indiretamente, alteram as características físicas e químicas do corpo d'água de uma maneira tal que prejudique a utilização das suas águas para usos benéficos. Torna-se importante ressaltar a existência dos seguintes tipos de fontes de poluição atmosféricas: pontuais, difusas e mistas. Os efeitos resultantes da introdução de poluentes no meio aquático dependem da natureza do poluente, do caminho que esse poluente percorre no meio e do uso que se faz do corpo de água. Os poluentes podem ser inseridos no meio aquático de forma pontual ou difusa (Figura 4).

As cargas pontuais são introduzidas por lançamentos individualizados, como os que ocorrem no despejo de esgotos sanitários ou de efluentes industriais. As cargas pontuais são facilmente identificadas e, portanto, seu controle é mais eficiente e mais rápido.

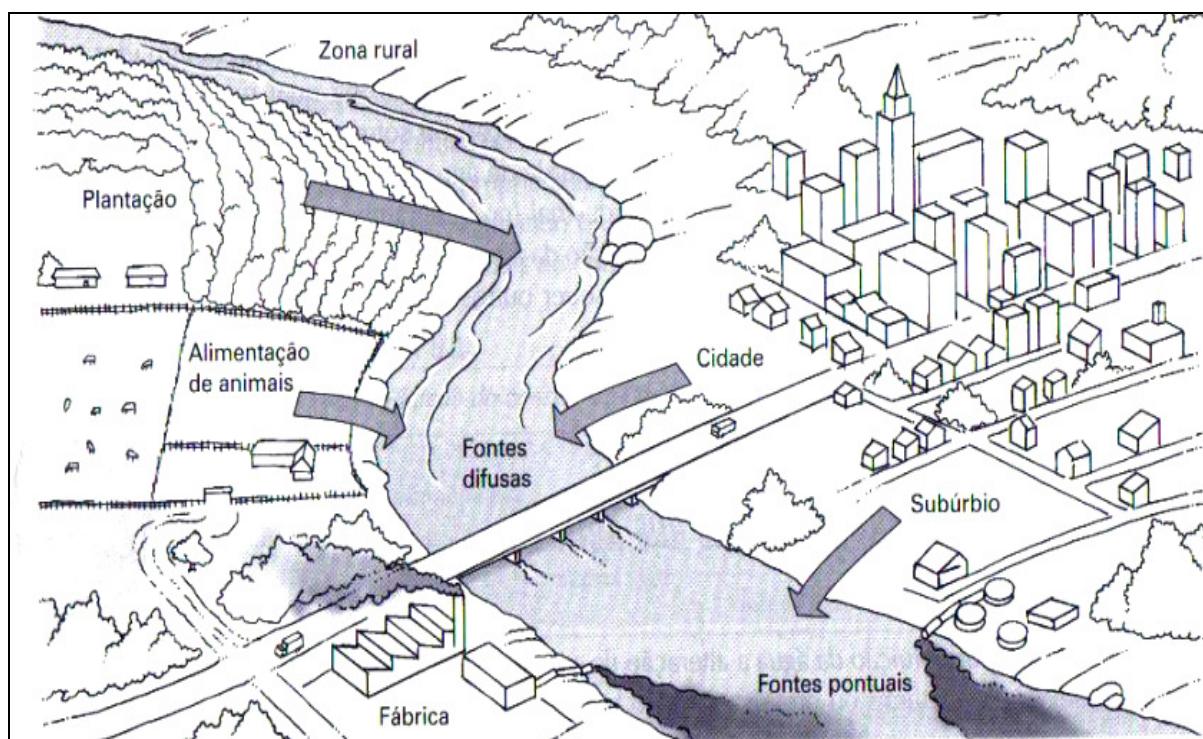


Figura 4 – Poluição da água por fontes pontuais e difusas. Fonte: Braga *et al.* (2000).

As chamadas cargas pontuais são os efluentes domésticos ou industriais lançados nos corpos hídricos de forma localizada e aproximadamente contínua. É dependente da população geradora, no caso dos efluentes domésticos, ou da atividade da indústria, no caso dos efluentes industriais. Sendo o uso e ocupação do solo um determinante do tipo e vazão do efluente lançado. Aqui se incluem os lançamentos de efluentes das Estações de Tratamento de Esgotos - ETE's (incluindo os das ETE's das indústrias), bem como os extravasamentos da rede de coleta de esgoto, isto é, os efluentes domésticos que não são levados para a estação de tratamento, e também os efluentes industriais lançados sem tratamento (TAQUEDA *et al.*, 2005).

As cargas difusas são assim chamadas, por não terem um ponto de lançamento específico e por ocorrerem ao longo da margem dos rios como, por exemplo, as substâncias provenientes de campos agrícolas, ou por não advirem de um ponto preciso de geração, como no caso de drenagem urbana. São provenientes da deposição de poluentes de forma esparsa, sobre a área de contribuição da bacia hidrográfica. Chegam aos corpos hídricos de forma intermitente, associadas à precipitação. São geradas a partir de extensas áreas de ocupação antrópica e arrastadas pelo escoamento superficial. O veículo de transporte são as águas pluviais. Dificilmente pode se verificar o ponto de origem, dificultando o controle, monitoramento e tratamento (PAGANINI, 2013).

Fertilizantes, asfalto, metais, deposição de poluentes nas ruas, óleos e graxas, borracha, defensivos agrícolas, poluentes do ar, fezes de animais, nutrientes de efluentes de ETE's, esgoto a céu aberto, áreas contaminadas, veículos, lixo, desgaste de pavimentos deposição atmosférica, material orgânico do solo e lançamentos clandestinos, representam as principais fontes de poluição difusa, resultantes das atividades humanas desenvolvidas no processo de ocupação e uso do solo na bacia hidrográfica urbana (PAGANINI, 2013).

A poluição difusa causa impactos sobre a qualidade dos recursos hídricos, como: mortandade de peixes; degradação da qualidade da água, tornando-a imprópria para consumo; poluição visual por corpos flutuantes e alterações estéticas; poluição bacteriana de praias e lagos urbanos; depósitos de sedimentos; depleção a concentração de oxigênio dissolvido; eutrofização; impactos à vida aquática decorrentes da presença de materiais tóxicos; contaminação por metais pesados; e enchentes (PAGANINI, 2013).

O ambiente afetado pela ação humana pode, em certa medida, ser recuperado mediante ações voltadas para esta finalidade. A recuperação de ambientes ou ecossistemas degradados envolve medidas de melhoria do meio físico, por exemplo, a condição de solo, cuja finalidade se possa restabelecer a vegetação ou a qualidade da água e as comunidades bióticas possam ser

restabelecidas, como também medidas de manejo dos elementos bióticos do ecossistema (SANCHEZ, 2008).

A poluição de corpos hídricos, causada pelas atividades de pecuária em sistemas de confinamento, como a suinocultura, a pecuária de leite e a avicultura, aumenta no Brasil, principalmente com a exploração para exportação de carne de aves e suínos. A suinocultura representa maior risco à contaminação das águas, devido à grande produção de efluentes altamente poluentes produzidos e lançados nos cursos de água sem tratamento prévio (EMBRAPA, 1998).

No sentido sanitário, a água é considerada poluída quando seu consumo oferece perigo à saúde humana ou quando sua utilização para a balneabilidade é anti-higiênica ou inadequada (BONETO, 2007).

As fontes hídricas apresentam vulnerabilidade quanto às fontes de contaminação e propensão a variações sazonais de qualidade da água. As águas superficiais represadas (lagos naturais ou barragens), de maneira geral, apresentam melhor qualidade que as águas superficiais correntes, em termos de partículas em suspensão e organismos patogênicos sedimentáveis (por exemplo, os protozoários). Contudo, estão mais sujeitas ao fenômeno da eutrofização, com acentuação da cor e possibilidade de proliferação de algas e cianobactérias.

A imensa quantidade de substâncias, introduzidas no ambiente por meio dos esgotos urbanos e industriais é indesejável para mananciais de abastecimento público. A reflexão sobre os riscos à saúde associados à proveniência de águas de mananciais em estado de conservação ruim e com grande interferência antrópica faz-se necessária para que a sociedade passe a conhecer e se preocupar com a origem e com a qualidade da água consumida (REIS, 2004). De acordo com Derílio (1992, apud VITO, 2007), são caracterizadas cinco tipos de fontes de poluição das águas superficiais:

- Poluição natural: não está associada à atividade humana, é causada por chuvas e escoamento superficial, salinização e decomposição de vegetais e animais. Por não ser possível seu controle direto, não se realizam levantamentos específicos;
- Poluição industrial: causada pelos resíduos líquidos (e também sólidos e gasosos) dos processos industriais;
- Poluição urbana: deriva dos esgotos domésticos (quanto à poluição oriunda das águas de drenagem). Dispõe-se de tecnologia de controle. O levantamento e controle deve ser executado cuidadosamente;

- Poluição agropastoril: decorrente da aplicação de defensivos agrícolas e fertilizantes, excrementos de animais e erosão. É de difícil controle. Necessita de um esquema de conscientização elevado;
- Poluição accidental: deriva de derramamento de substâncias prejudiciais. As ações de controle são de emergência. Entretanto, as ações devem ser previstas e o acidente prevenido.

Por outro lado, Sánchez (2008, p. 24), entende que a poluição é, basicamente, uma condição do entorno dos seres vivos (ar, água, solo) que lhes possa ser danosa. As causas da poluição são as atividades humanas que, no sentido etimológico, “sujam” o ambiente.

Assim, rios, lagos, represas e açudes podem receber grandes quantidades de nutrientes, principalmente em regiões de solos desprotegidos. Juntamente com as partículas arrastadas pela água durante o escorrimento superficial ou em outros processos erosivos. Os nutrientes, presentes na superfície do solo, perdidos das áreas agrícolas, atuam como contaminantes da água, podendo trazer diversas consequências negativas ao ambiente e à saúde dos animais e do homem. Para se ter uma ideia da extensão desse problema, basta lembrar que a maior parte do território brasileiro é cortada por cursos d’água que garantem o abastecimento das fazendas e comunidades desde os vilarejos até as metrópoles. Na maior parte do Brasil, por exemplo, as reservas de água superficiais constituem a principal fonte hídrica para o consumo humano direto e para a utilização nas mais diversas finalidades (RESENDE, 2002).

De acordo com Ayach (2001), os corpos d’água acabam de uma forma ou de outra, servindo como receptáculos temporários ou finais de uma grande variedade e quantidade de poluentes, principalmente a partir de fontes não naturais e de atividades humanas. Assim, o conceito de poluição/contaminação da água tem-se tornado cada vez mais amplo em função das maiores exigências com relação à conservação e ao uso racional dos recursos hídricos.

## 2.4 VULNERABILIDADE E RISCO AMBIENTAL

Segundo Luz (2009) os principais impactos ambientais observados em bacias hidrográficas, são aqueles relacionados ao meio físico como, alteração no ciclo hidrológico e na qualidade das águas, impermeabilização, movimentação de terra, erosão e manejo inadequado do solo. No meio biótico, destaca-se a retirada da vegetação, a pesca, a caça e a captura de animais, as interferências sobre os ecossistemas aquáticos e alteração nos habitats naturais. Quando há alterações no meio socioeconômico, provocado pela a geração de resíduos sólidos e efluentes domésticos e industriais e a disposição inadequada dos mesmos,

aumentam as ameaças para a saúde da população e alteração da paisagem local. Com a ocupação de áreas impróprias (fundos de vale, encostas, áreas alagáveis). Tudo isso deixa a população mais vulnerável e exposta a riscos de contrair doenças, afetando também sua qualidade de vida.

Para Nichiata (2008), vulnerabilidade é um termo frequentemente utilizado na literatura geral, aplicado no sentido de desastre<sup>2</sup> e perigo. Segundo Vargas (2002 apud FILGUEIRA, 2013), vulnerabilidade é a disposição interna a ser afetada por uma ameaça. Nesta perspectiva, a vulnerabilidade pode ser vista como a interação entre o risco existente em um determinado lugar e as características e o grau de exposição da população lá residente (CUTTER, 1994).

Segundo Tagliani (2003), a vulnerabilidade ambiental significa a maior ou menor propensão de um ambiente a um impacto potencial provocado por um uso antrópico qualquer. Vulnerabilidade pode ser compreendida como o potencial que um sistema possui em modular suas respostas frente a fatores estressores ao longo do tempo e do espaço, partindo das suas características ecossistêmicas, incluindo diferentes níveis de organização (WILLIAMS; KAPUTSKA, 2000).

A vulnerabilidade à contaminação é um termo utilizado para representar as características intrínsecas de um aquífero e que irão determinar sua propensão à contaminação (FOSTER; HIRATA; VENTURA, 1993).

De acordo com Amaro (2005, p. 7), “o risco é, pois, função da natureza do perigo, acessibilidade ou via de contacto (potencial de exposição), características da população exposta (receptores), probabilidade de ocorrência e magnitude das consequências”. Para Lima (2013), risco é o potencial avaliado das consequências prejudiciais que podem resultar de um perigo, expressa em termos de probabilidade e severidade, tomando como referência a pior condição possível.

Os riscos ambientais resultam da associação entre aqueles relacionados com fenômenos naturais e os decorrentes de processos naturais agravados pela atividade humana e pela ocupação do território (VEYRET; MESCHINET DE RICHEMOND, 2007).

De acordo com Marandola Jr. & Hogan (2004) são partes fundamentais nos estudos sobre risco ambiental: avaliação e gestão de risco a desastres e a percepção de risco, que está intimamente relacionada à abordagem cultural do risco.

---

<sup>2</sup> **Desastre** é o resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, sobre um ecossistema vulnerável, causando danos humanos, materiais e ambientais, e consequentemente prejuízos econômicos e sociais (CASTRO, 1999).

A noção de risco ambiental foi originalmente sistematizada por Page (1978), quando distinguiu claramente a visão tradicional de poluição do conceito de risco que está relacionado à incerteza e ao desconhecimento das verdadeiras dimensões do problema ambiental. Também, para Castro *et al.* (2005), risco pode ser tomado como uma categoria de análise associada às noções de incerteza, exposição ao perigo, perda e prejuízos materiais, econômicos e humanos em função de processos de ordem natural (tais como processos endógenos e exógenos da terra) e/ou daqueles associados ao trabalho e às relações humanas.

Dessa forma, são muitas as classificações possíveis de "riscos ambientais". Tecnológicos ou naturais, agudos ou crônicos são algumas das categorias utilizadas para descrever diferentes tipos de riscos. Seu reconhecimento necessita de uma definição prévia de qual tipo de risco se pretende identificar (SÁNCHEZ, 2008).

Na caracterização dos riscos de desastres chamados "naturais", deve-se sempre levar em consideração a ação do homem como agente deflagrador ou acelerador do processo. Por exemplo, a intensidade e a frequência das inundações são aumentadas devido às ações antrópicas como, o desmatamento e a impermeabilização do solo. Já os riscos tecnológicos são de origem ligada diretamente à ação do homem. Incluem os riscos à saúde (humana ou dos ecossistemas) causados por diferentes ações antrópicas como, a utilização ou liberação de substâncias químicas de radiações ionizantes ou de organismos geneticamente modificados (SÁNCHEZ, 2008).

Dentre as atividades de risco capazes de causar dano ambiental, incluem-se as industriais, o transporte e o armazenamento de produtos químicos, o lançamento de poluentes ou manipulação genética (SÁNCHEZ, 2008).

Diversos problemas nos ecossistemas aquáticos são causados por emissões de poluentes e nutrientes nos corpos d'água. O excesso de nutrientes, especificamente o nitrogênio e o fósforo, é o principal responsável pela proliferação de algas, que pode resultar no processo de eutrofização dos corpos d'água (BARROS, 2008).

#### **2.4.1 Avaliação de riscos**

Segundo a Estratégia Internacional para a Redução de Desastre (ISDR, na sigla em inglês) a avaliação do risco engloba o uso sistemático da informação disponível para determinação da probabilidade e da magnitude das suas consequências que obriga à:

identificação da natureza, localização, intensidade e probabilidade de uma ameaça<sup>3</sup>; determinação da existência e do grau de vulnerabilidade e a exposição a esse perigo; identificação das capacidades e recursos disponíveis para gerir a ameaça; determinação de níveis de risco aceitáveis (ISDR, 2004 apud PASCOAL, 2012). A Figura 5 apresenta o processo para a avaliação do risco. De acordo com o autor supracitado, ambos os aspectos perigo e vulnerabilidade/capacidades utilizam procedimentos formais na determinação, incluindo a recolha de dados primários, técnicas de monitorização, processamento de dados, mapeamento e pesquisas sociais, entre outros. Geralmente, a identificação do perigo é o ponto de partida para a avaliação do risco. O perigo, segundo Marandola Jr. & Hogan (2004), quando aparece, é em geral um substantivo que ameaça a integridade de um sistema (antrópico ou social) e que pode ser desde o próprio corpo (saúde, vida), passando por cidades, bacias hidrográficas, até grandes ecossistemas.

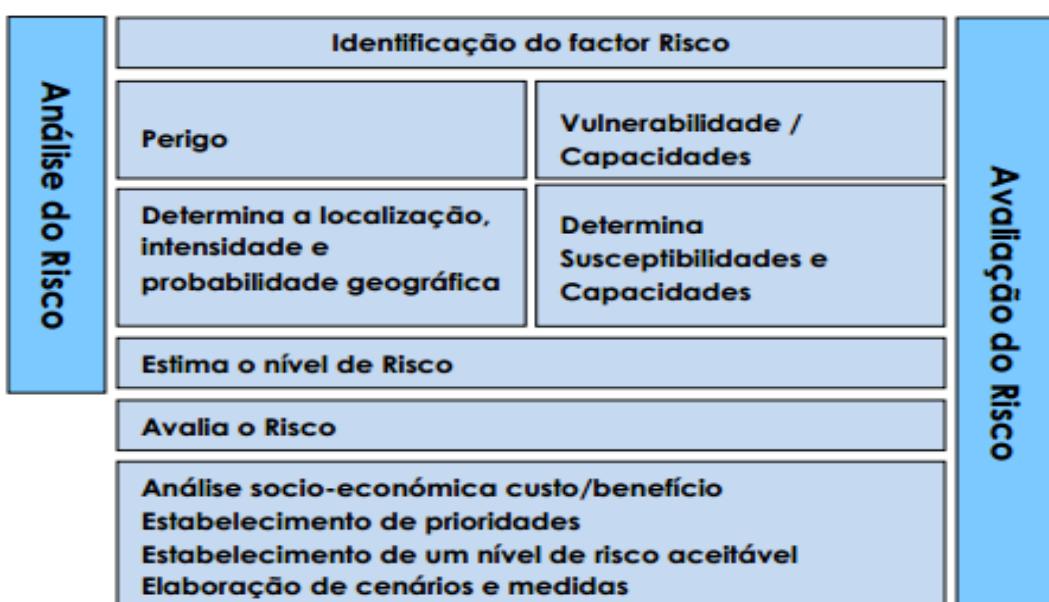


Figura 5 – Processo para a avaliação do risco. Fonte: ISDR (2004 apud PASCOAL, 2012).

Ainda de acordo com Marandola Jr. & Hogan (2004), o termo risco é entendido de diversas maneiras e seu estudo é orientado a partir de diferentes pressupostos ontológico, envolvendo diferentes posturas metodológicas e aplicações.

<sup>3</sup> Ameaça é definida como a probabilidade de ocorrência de um evento físico natural ou incitado por intervenção humana, potencialmente desastrosa durante certo período de tempo em uma dada região (CORDANA apud FILGUEIRA, 2013).

Diamantino *et al.* (2006) apresentam diversas metodologias que foram desenvolvidas para definir o risco de contaminação dos recursos hídricos superficiais, considerando dois aspectos: a vulnerabilidade do meio físico envolvente e as atividades humanas. Os exemplos de metodologias apresentados pelos autores supracitados são os seguintes:

- Metodologia do Projeto ECOMAN (HARUM *et al.*, 2004 apud DIAMANTINO *et al.*, 2006), que define um modelo de vulnerabilidade ambiental com base em cinco variáveis : cobertura do solo, declive, tipo de solo, rede de drenagem e ocupação urbana. Este modelo de vulnerabilidade é calculado por meio da combinação destas variáveis por adição aritmética dos seus valores ponderados. O mapa de vulnerabilidade das águas de superfície à poluição é combinado com o mapa do evento poluente (“pollutant hazard”) e o mapa das fontes de poluição; o resultado é um mapa que representa o risco potencial de poluição das águas de superfície;
- Metodologia utilizada pelo Californian Department of Health Services (CDHS), que considera para a avaliação das origens de água para abastecimento os seguintes tópicos: localização da origem de água para abastecimento, delinearção da área da fonte de água e as zonas de proteção em torno dos corpos de água superficiais, Eficiência da barreira física (EBF) da origem de água que a protege da contaminação; inventário das prováveis atividades poluentes (PAP) e o risco de poluição causado por estas atividades para as origens de água para abastecimento (CDHS, 2000 apud DIAMANTINO *et al.*, 2006). O processo de classificação da vulnerabilidade das origens de água superficiais inclui um controle de cada tipo de PAP identificado e a atribuição de uma pontuação, de acordo com os seguintes critérios: uma escala de risco do tipo de PAP, a zona onde ocorre e a EBF da origem de água para abastecimento respectiva. Esta pontuação é somada e as PAP com maior pontuação significam o tipo de PAP para a qual a fonte de abastecimento é mais vulnerável;
- Metodologia do United States Geological Survey - USGS (desenvolvida para o Estado da Carolina do Norte), que é um método indexado e de sobreposição de fatores para a classificação das características da bacia hidrográfica, determinando-se um valor que representa o risco de poluição de um dado sistema de abastecimento (EIMERS *et al.*, 2000 apud DIAMANTINO *et al.*, 2006);
- Índice DRASTIC que permite a avaliação da propensão da bacia hidrográfica à poluição para quaisquer condições hidrogeológicas, de acordo com as principais características e usos do solo da bacia (NMED/DWB, 2000 apud DIAMANTINO *et al.*,

*al.*, 2006). Este índice dá uma primeira aproximação de avaliação do risco ao considerar os impactos provocados pelo uso do solo na sua discretização.

A metodologia proposta por Crepani *et al.* (2001), para análise da vulnerabilidade ambiental de bacias hidrográficas, também considera a integração de cinco variáveis da paisagem: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso do solo e clima. Com base nessa metodologia, Pedrosa (2008) confeccionou o mapa de vulnerabilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Gramame, Paraíba, na região do alto e médio curso dos rios Gramame e Mamuabaa, visando obter subsídios para orientar um melhor planejamento de uso do solo à montante do reservatório Gramame-Mamuaba. A partir desse mapa a autora verificou que, na região estudada, as áreas mais vulneráveis da bacia hidrográfica do rio Gramame estão localizadas nos fundos dos vales e nas vertentes mais acentuadas situadas próximas as nascentes dos rios Gramame e Mamuaba.

Segundo a metodologia proposta por Crepani *et al.* (2001) e por Harum *et al.* (2004 apud DIAMANTINO *et al.*, 2006), da combinação dos mapas: de vulnerabilidade ambiental; do evento poluente (“pollutant hazard”) e das fontes de poluição obtém-se como resultado um mapa que representa o risco potencial de poluição das águas de superfície. Com base em Moreno (2005), pode-se definir o potencial poluidor como o risco que um estabelecimento ou atividade tem de, sem praticar qualquer controle ambiental, causar dano ambiental, independentemente do seu porte. Em outras palavras, o potencial poluidor é a capacidade da atividade de gerar despejos que venham a se tornar agentes provocadores, direta e indiretamente, de poluição.

Por outro lado, para se obter um mapa das fontes de poluição de uma bacia hidrográfica, sugere-se a ponderação das variáveis (fontes de poluição) por meio de modelo baseado no conhecimento de especialistas em análise ambiental e/ou recursos hídricos. Essa ponderação decorre pelo fato de haver variáveis que podem contribuir de forma diferente para a deterioração da qualidade da água. O modo como se pondera cada fonte de poluição individual para a contribuição de um mapa de risco condiciona o resultado final. A atribuição de pesos pode ser feita utilizando-se o método Delphi (SOUZA, 2008).

#### **2.4.2 Método Delphi**

O método Delphi consiste, em termos práticos, na coleta de opiniões de especialistas, de forma anônima, por meio do preenchimento de questionário e, posteriormente, por rondas.

Estas permitem a análise e exploração dos resultados das informações recebidas, de modo a ser reenviadas e modificadas, no sentido de se alcançarem um consenso (FERNADES, 2010). Portanto, a aplicação do método é feita estabelecendo-se três condições básicas: a troca de informações e opiniões entre os especialistas; o anonimato das respostas; a possibilidade da evolução das opiniões individuais dos especialistas (GIOVINAZZO, 2001).

Para Oliveira *et al.* (2009) o método de Delphi permite compilar opiniões de especialistas através da realização de uma série de questionários. Podem ser utilizadas várias metodologias de desenvolvimento, uma das quais, consiste em apresentar uma série de proposições específicas aos participantes, para que cada um individualmente as ordene mediante um dado critério estabelecido. Posteriormente, os resultados, depois de agregados são entregues novamente aos especialistas para que possam reformular as proposições apresentadas. O número de rondas necessárias varia de acordo com o grau de consenso atingido pelos especialistas. Em outras metodologias passam por serem os próprios especialistas a emitir opiniões sobre fatos incertos, numa primeira ronda, que em rondas subsequentes, as quais são apresentadas a todos, com o intuito de provocar discussão e obter consensos.

A Figura 6 ilustra o segmento do processo do método Delphi segundo Erpicum (2012, apud PASCOAL, 2012), de acordo com as características já mencionadas. Antes de todo este processo surgem dois aspectos essenciais: a definição do problema e a escolha dos peritos. Somente assim estará tudo pronto para se construir um questionário referente ao problema definido para uma determinada amostra (PASCOAL, 2012).

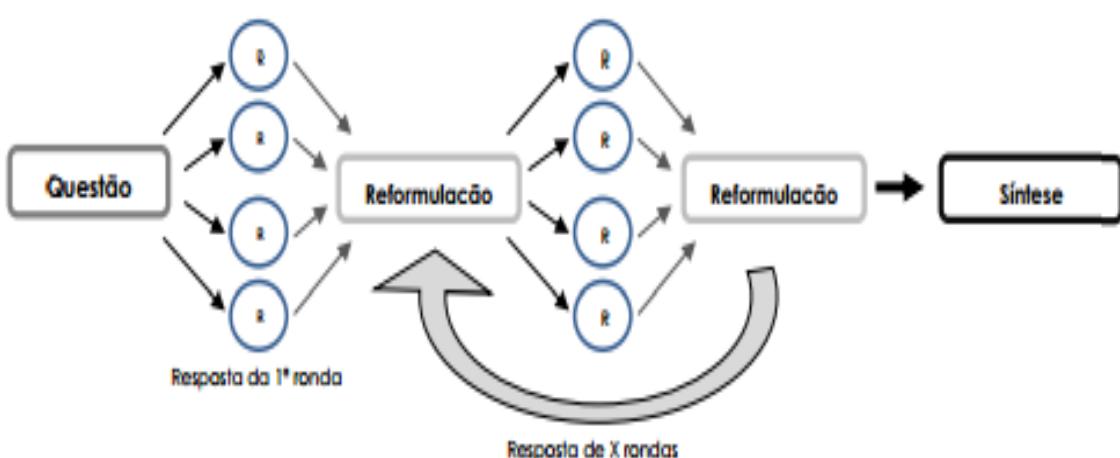


Figura 6 – O processo do método Delphi. Fonte: Erpicum (2012 apud PASCOAL, 2012).

### 3. ÁREA DE ESTUDO

#### 3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL

A bacia hidrográfica do rio Gramame possui, aproximadamente, uma área de 589 km<sup>2</sup> e perímetro de 123 km. O comprimento do corpo hídrico principal, o rio Gramame, é de 54,3 km, que compreende desde a sua nascente na região do Oratório, município de Pedras de Fogo, até a foz na praia de Barra de Gramame, a qual se limita os municípios de João Pessoa e Conde.

A área objeto de estudo comprehende a porção da bacia hidrográfica do rio Gramame localizada a montante do reservatório Gramame-Mamuaba. É formada pelas sub-bacias hidrográficas dos altos e médios cursos dos rios Gramame e Mamuaba, o seu principal afluente. Essa área de estudo está localizada entre as latitudes 7° 11' e 7° 23' Sul e as longitudes 34° 48' e 35° 10' Oeste, na região litorânea sul do Estado da Paraíba, no Nordeste do Brasil. Abrange uma área, aproximada, de 254,45 km<sup>2</sup> (Figura 7). Dos municípios que integram a bacia hidrográfica do rio Gramame, apenas Pedras de Fogo, Santa Rita e Alhandra inserem-se parcialmente na área de estudo como pode ser observado na Figura 8.

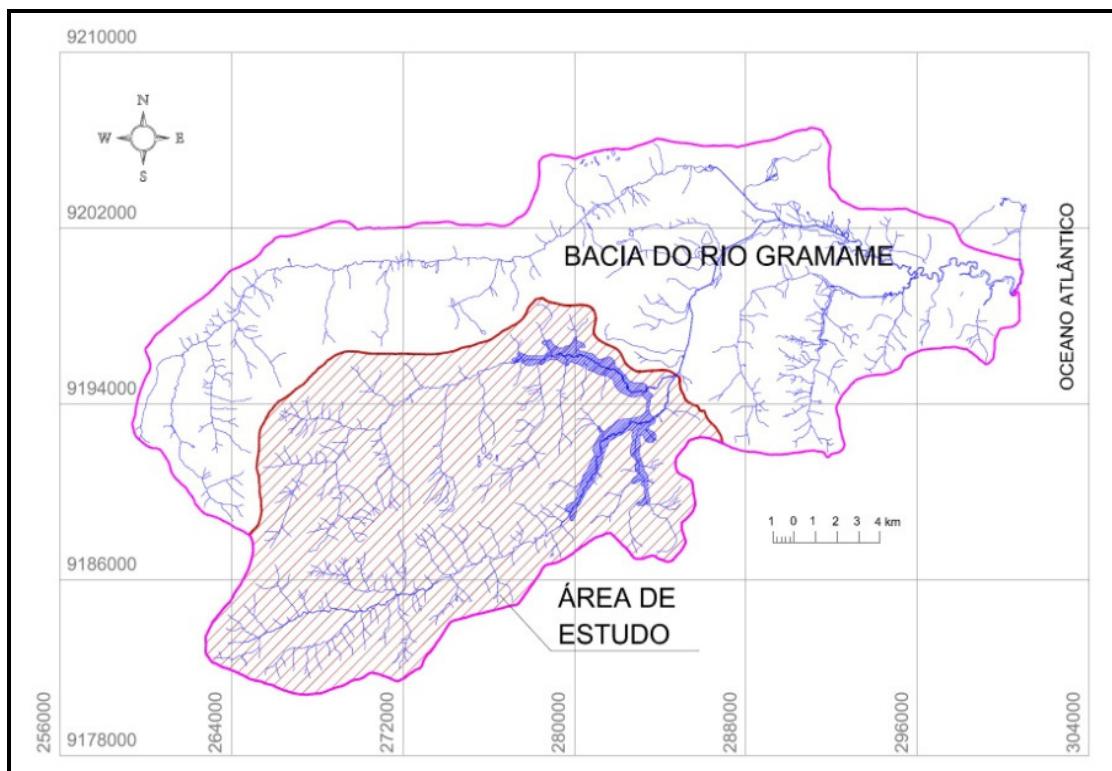


Figura 7 – Localização da área de estudo, em destaque em hachura, em relação à bacia hidrográfica do rio Gramame.

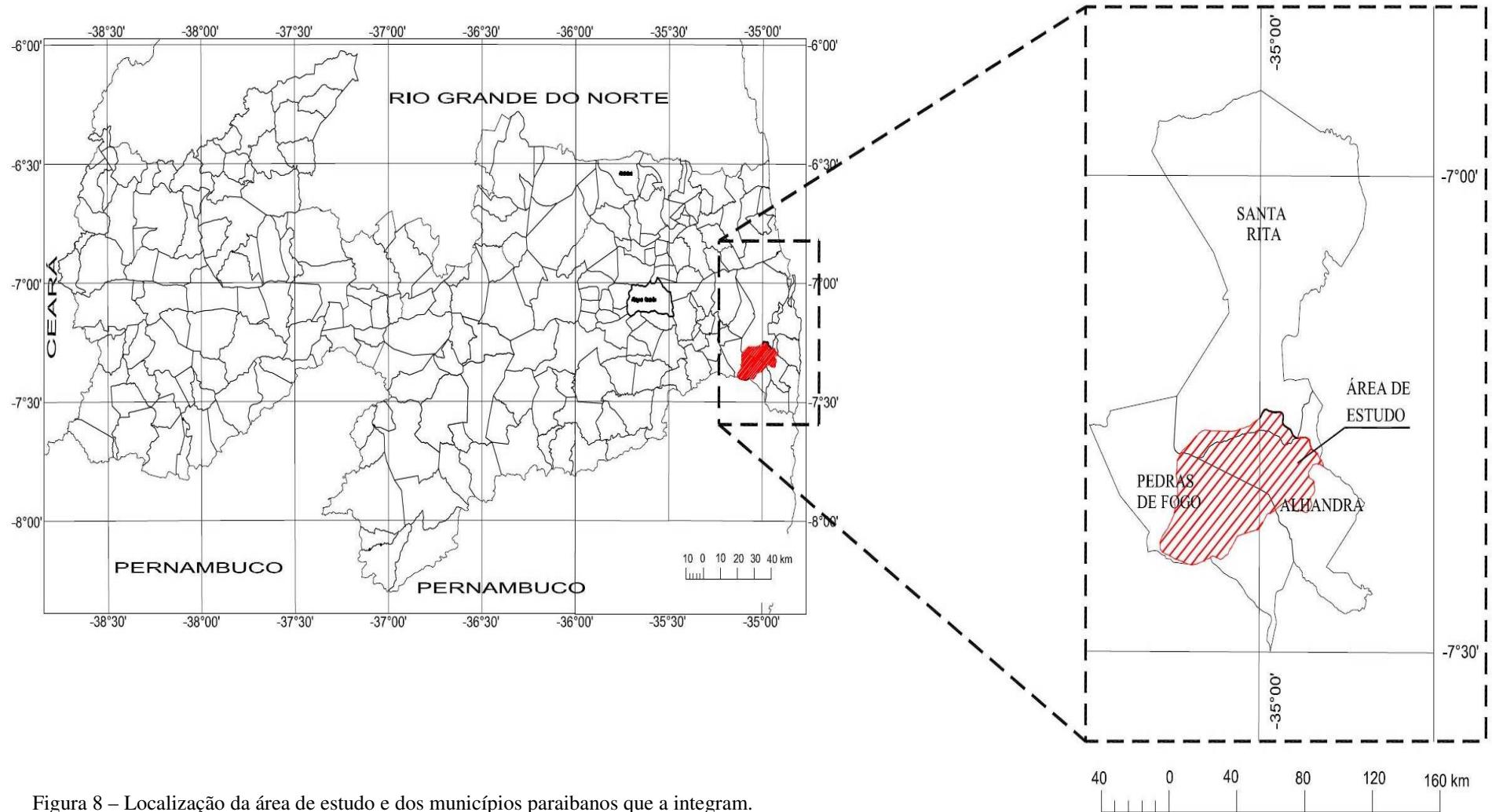


Figura 8 – Localização da área de estudo e dos municípios paraibanos que a integram.

O quantitativo de área de cada município que integram a área de estudo pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1 - Áreas ocupadas pelos municípios que integram a área de estudo

Município	Área ocupada (km <sup>2</sup> )	Participação na área de estudo (%)
Alhandra	53,80	21,14
Santa Rita	17,94	7,05
Pedras de Fogo	182,71	71,81
Total	254,45	100

A bacia hidrográfica do rio Gramame é considerada de grande importância para parte da região metropolitana de João Pessoa, capital da Paraíba, devido a sua contribuição para o abastecimento de água de cerca de 1/4 da população do Estado, inseridas, além da capital, nos municípios de Cabedelo, Santa Rita, Bayeux e Conde. O abastecimento é realizado por meio do reservatório Gramame-Mamuaba, com capacidade de armazenamento na ordem de 56 milhões de m<sup>3</sup> de água (PARAÍBA, 2000 apud LINHARES, 2012).

### 3.1.1 Aspectos climáticos

A área em estudo encontra-se inserida no clima do tipo As' (Figura 9) com média térmica anual mínima de 23,5 °C e máxima de 26,5 °C. De acordo com a classificação climática Köeppen (adaptada por Varejão e Silva, 1987), o clima predominante na bacia hidrográfica do rio Gramame é o tropical úmido, com variação de temperatura mensal do ar ao longo do ano praticamente desprezível, com médias de 25,6 °C em janeiro e 23,0 °C em julho. Os principais sistemas circulatórios que influenciam esta região, são as Massas Equatoriais Atlânticas (mEa) e a Massa Tropical Atlântica (mTa), fortemente influenciados pelos ventos alíseos de Sudeste, que trazem umidade do oceano (PEDROSA, 2008).

De acordo com Abrahão (2006) a bacia hidrográfica do rio Gramame também apresenta uma sazonalidade marcada por dois períodos distintos: período de chuvas, que compreende os meses de março a agosto, com máxima pluviométrica entre junho e julho (precipitação média de 221,1 mm/mês), e período seco, entre setembro e fevereiro, com mínima pluviométrica entre outubro de novembro (44,9 mm/mês).

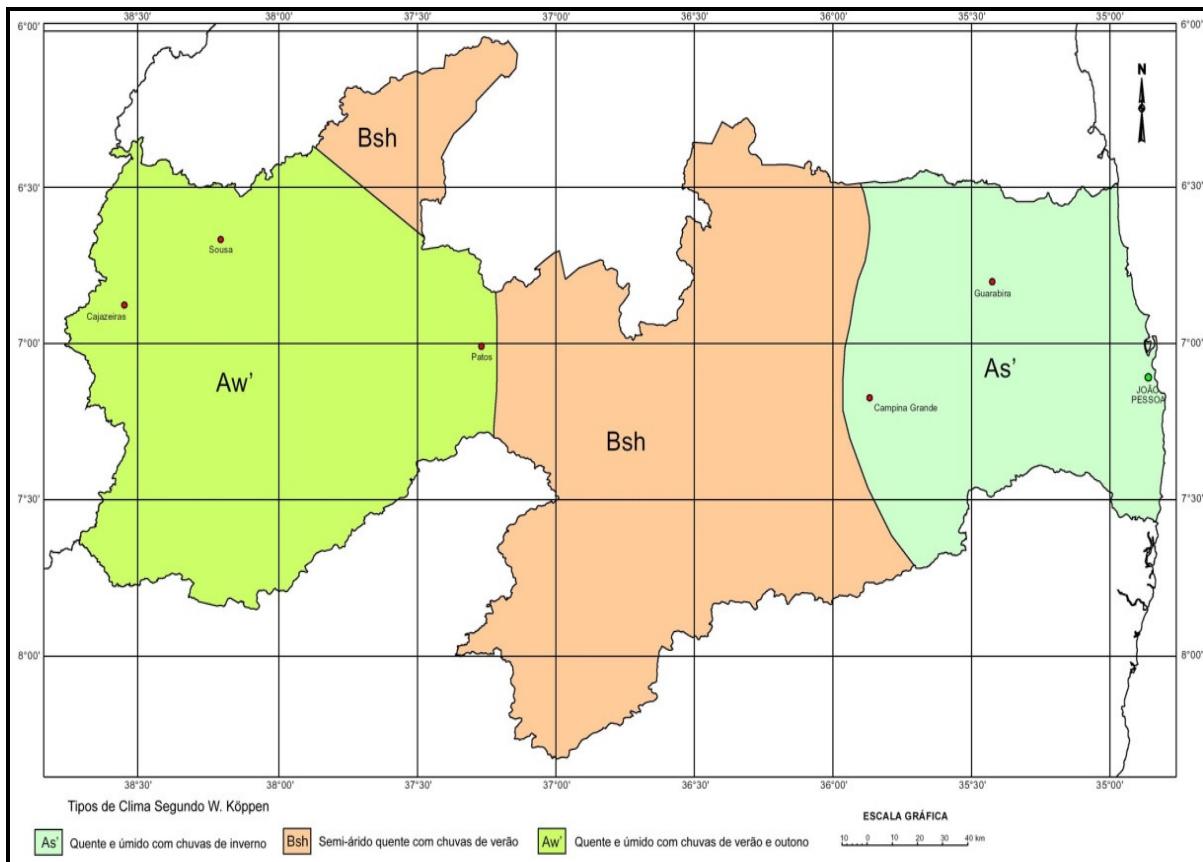


Figura 9 – Tipos climáticos do Estado da Paraíba. Fonte: Egler (1985).

### 3.1.2 Aspectos geológicos

A bacia hidrográfica do rio Gramame insere-se quase que totalmente nos terrenos sedimentares da bacia Pernambuco - Paraíba, compreendida entre a cidade do Recife/PE até o vale do rio Camaratuba, a norte do município de João Pessoa/PB (FEIJÓ, 1994). A bacia Pernambuco - Paraíba é subdividida por falhas transversais, formando três sub-bacias: Olinda, Alhandra e Miriri (Figura 10).

Na bacia hidrográfica do rio Gramame ocorrem corpos graníticos e granitóides, alongados e laminados, que aparecem em alguns pontos esparsos a oeste, em particular, na região próxima a cidade de Pedras de Fogo/PB, onde se localizam as nascentes dos rios Gramame e Mamuaba. Tais rochas apresentam contato geológico discordante em relação às rochas do cristalino plano (SEMARCH, 2000).

Encontram-se na área evidências de um sistema de fraturas transversais seguindo a direção das rochas, de caráter tectônico distencional, sendo resultante dos movimentos epirogenéticos que ocorreram na região, no Cretáceo Superior. Tal sistema é o provável responsável pela instalação da rede hidrográfica da região, subordinando-a a direção das

fendas e fraturas reabertas e/ou formadas. Supõe-se, assim, que o alinhamento dos rios da bacia em estudo tenha como determinante as direções definidas por tal sistema de falhas e fraturas (SEMARCH, 2000).

Os terrenos sedimentares da área correspondem às Formações do Grupo Paraíba, juntamente com as extensas exposições terciárias da Formação Barreiras e os Depósitos Quaternários.

Os Sedimentos Quaternários são dispostos de forma a preencher os vales e a formar as planícies costeiras e fluviais (SUDENE, 1978 apud SEMARCH, 2000). São sedimentos inconsolidados, de constituição areno-argilosa e de granulação predominantemente fina, com intercalações de fácies grosseiras e até conglomeráticas, de origem flúvio-marinha.

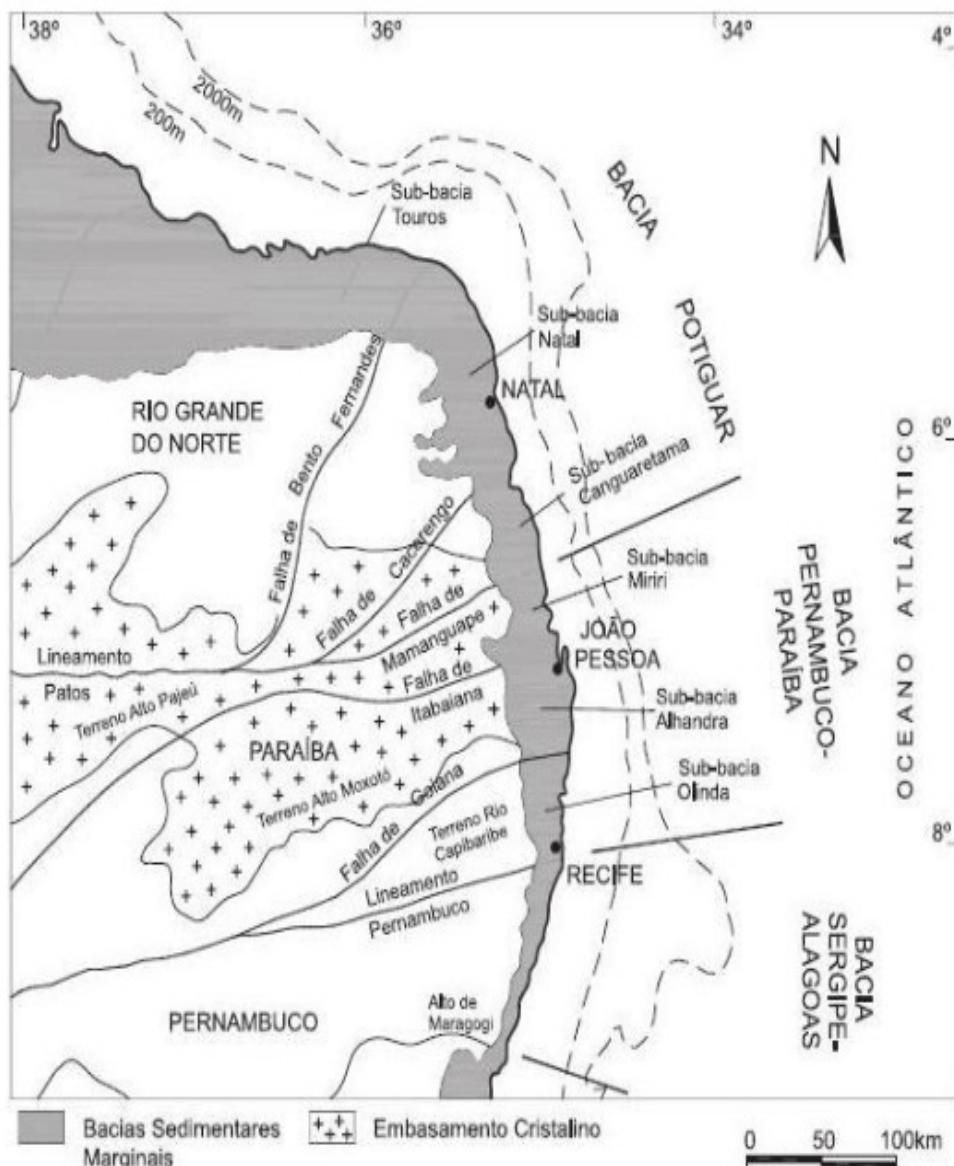


Figura 10 – Sub-bacias Miriri, Alhandra e Olinda, que compõem a “clássica” bacia Pernambuco-Paraíba. Fonte: Barbosa *et al.* (2004).

Na figura 11, localização da bacia da Paraíba, a linha L1 mostra que a bacia da Paraíba foi depositada sobre uma rampa, e que só recebeu sedimentação marinha a partir do Santoniano - Campaniano (BARBOSA, 2004), enquanto que a bacia de Pernambuco começou a ser preenchida no Barremiano (LIMA FILHO, 1998).

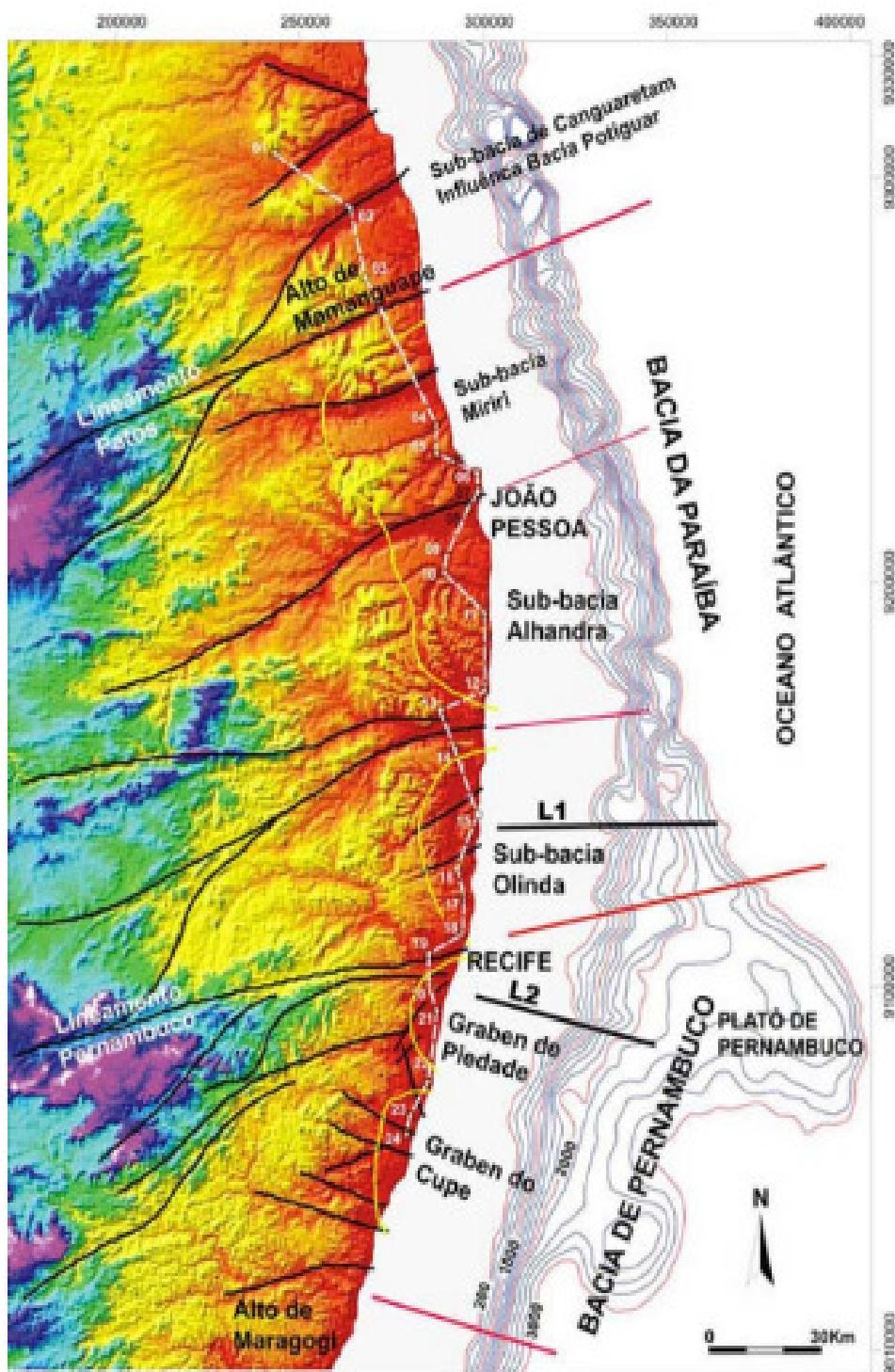


Figura 11 – Localização da bacia da Paraíba. Fonte: Barbosa (2004).

### 3.1.3 Aspectos geomorfológico e pedológico

São identificados na área de estudo dois principais grupos de feições geomorfológicas: as Planícies Fluviais e os Tabuleiros Litorâneos, regionalmente denominados de Baixos Planaltos Costeiros.

As Formações Beberibe - Itamaracá e Gramame podem ser capeadas ou não por depósitos Terciários, conhecidos por Formação Barreiras, ou por depósitos Quaternários (PETRI, 1983), representados pelas aluviões fluviais, sedimentos costeiros, recifes de arenitos, dunas, com ênfase para os depósitos flúvio-marinhos das planícies costeiras (SUDENE, 1978 apud SEMARH, 2000).

A bacia hidrográfica do rio Gramame situa-se no domínio dos Baixos Planaltos Costeiros, que são sustentados pela Formação Barreiras. Sua superfície é aplainada e suavemente inclinada na direção oeste-leste. Alcança cerca de 60 km de leste para oeste, com altitudes que vão aumentando, na mesma direção, variando de 30 – 40 m até 200 m (Figura 12).

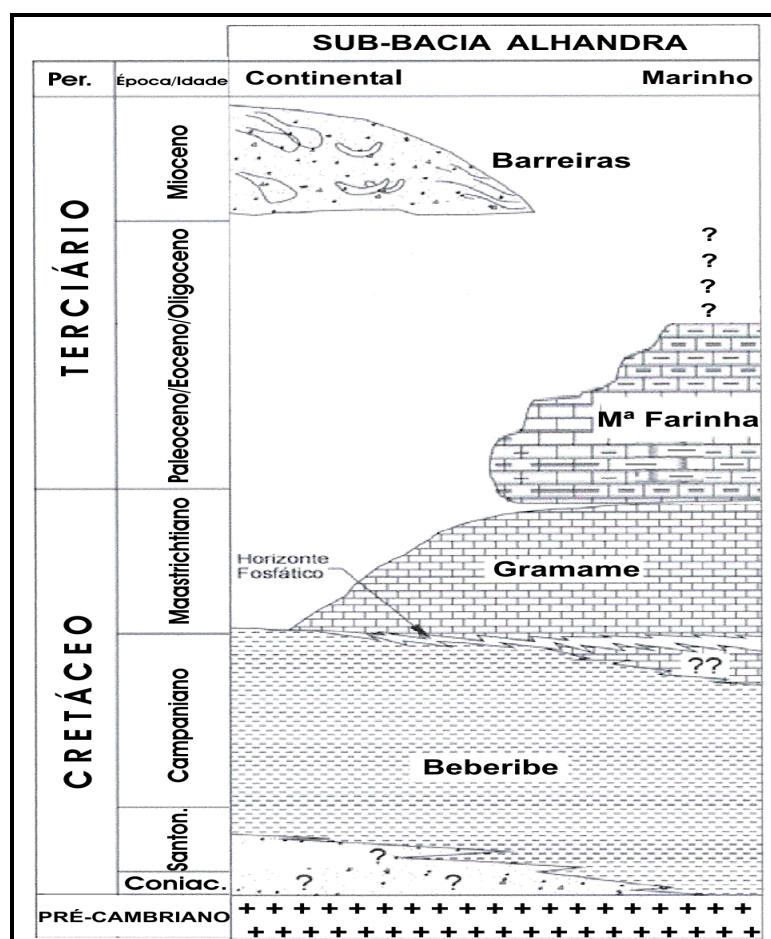


Figura 12 – Estratigrafia da sub-bacia Alhandra. Fonte: Barbosa *et al.* ( 2004).

As vertentes desse compartimento apresentam um modelado diferenciado: são alongadas, côncavas e predominantemente convexas bastante dissecadas, podendo apresentar sulcos, ravinas e voçorocas, que aumentam de acordo com o sentido e ação do escoamento superficial das águas agravado pelo desmatamento.

Os vales apresentam-se amplos em alguns trechos, com fundo chato, e desenvolvimento de terraços. Entre os rios Gramame e Mamuaba ocorrem áreas de intensa dissecação, com elevado grau de retalhamento advindo dos processos acentuados de erosão, cuja interferência é cada vez mais evidente no modelado (SEMARH, 2000). Nesta região os vales são mais próximos e as nascentes dos rios são mais encaixadas gerando formas do tipo “V”.

Os solos predominantes na bacia do rio Gramame são: Latossolos, Neossolos Distróficos/Aluviais, Gleissolos Hidromórficos/Distróficos, Luvissolos Vermelho Amarelo Eutrófico, Argissolos Vermelho Amarelo e os Organossolos Turfosos (EMBRAPA, 2006).

### **3.1.4 Vegetação**

A vegetação tem a função de proteger o solo contra os efeitos dos impactos das gotas de chuva no solo. A energia das gotas é quebrada quando interceptada pelas folhas e galhos da vegetação e quando atinge o solo ocorre uma menor disponibilidade de energia potencial para o deslocamento superficial (*runoff*), favorecendo a infiltração das águas da chuva no terreno. As raízes das plantas deixam o solo mais poroso, suas folhas ao caírem se transformam em um manto formado por matéria orgânica proveniente da decomposição, facilitando a retenção de água e a estruturação do solo.

Na caracterização da vegetação que compõe a área estudada foi tomada como referência a classificação utilizada em Paraíba (2004) em que se consideram dois tipos principais de vegetação: a campestre e a florestal.

A vegetação campestre que cobre boa parte dos solos mais arenosos dos Tabuleiros Litorâneos é formada por um manto herbáceo de gramíneas e um estrato arbustivo de indivíduos esparsos, de porte baixo e tortuoso denominado de cerrado. Ocorrem em áreas de solos mais pobres e mal drenados, sendo uma formação semelhante aos campos cerrados do Brasil Central.

Em áreas de reserva legal de algumas propriedades foram encontradas remanescentes de vegetação florestal com árvores de porte médio, em estágio avançado de recuperação. As áreas de Reserva legal são exigidas através da Lei 7.803, de 18 de julho de 1989, em que a

averbação ou registro da reserva legal deve ser realizado à margem da inscrição da matrícula do imóvel, sendo vedada a alteração de sua destinação, nos casos de transmissão a qualquer título, ou desmembramento da área (BRASIL, 1989).

### **3.1.5 Ocupação e uso do solo**

Até a metade da década de 70 os solos dos Tabuleiros eram pouco explorados para a agricultura. Na verdade, eram recobertos ainda por vegetação florestal e campestre e, em alguns trechos, eram cultivadas algumas frutas como mangueiras, coqueiros e abacaxi mais adaptadas ao ambiente. Em menor escala ainda eram cultivadas mandioca, milho e cana-de-açúcar. O cultivo da cana-de-açúcar para fins comerciais se restringia aos fundos de vales que cortam os tabuleiros. A organização do espaço agrário na época obedecia às condições ambientais impostas pelo meio natural (LIMA; MOREIRA, 2002).

Com a criação do Programa Nacional do Álcool (PROALCOOL) em 1975, envolvendo incentivos fiscais e financiamentos para o cultivo da cana-de-açúcar, os agricultores que antes viam os tabuleiros como uma barreira natural para a cana, devido as suas condições edáficas desfavoráveis (solos distróficos e arenosos), passaram a investir em técnicas de correção de solo, modernização dos equipamentos, ampliação do emprego de fertilizantes, herbicidas e aquisição de novas terras, que não compensavam antes pelos baixos preços do açúcar (LIMA; MOREIRA, 2002).

### **3.1.6 Dados hidrológicos do rio do Gramame**

A rede hidrográfica da bacia em estudo é formada pelo rio Gramame (rio principal), tendo como principais afluentes: na margem direita os rios Utinga, Pau Brasil e Água Boa e os riachos<sup>4</sup> Pitanga, Ibura e Piabuçu; e na margem esquerda os rios Mamuaba, Camaço e Mumbaba e os riachos Santa Cruz, Quizada, Bezerra, Angelim e Botamonte.

O rio Gramame nasce no município de Pedras de Fogo, ao norte de sua sede, no Estado da Paraíba, limite com o estado de Pernambuco. Banha algumas cidades e propriedades particulares e deságua no Oceano Atlântico, ao sul de Barreiras de Igarapé, na praia de Barra de Gramame.

---

<sup>4</sup> Riacho é um rio pequeno (MICHAELIS, 2000)

Apresenta-se na Figura 13 o perfil longitudinal do rio Gramame. Nota-se que o alto curso tem comprimento de 6,0 km com declividade média de 11,6 m/km. O médio curso tem comprimento de 25,0 km, com declividade média de 2,4 m/km. O baixo curso tem comprimento de 23,0 km, com declividade média de 0,9 m/km.

Analizando os afluentes dos rios Gramame e Mamuaba, observa-se que, no geral, a drenagem obedece a um padrão do tipo dendrítico, ou seja, o arranjo da drenagem assemelha-se a galhos de uma árvore (Figura 14). Observou-se ainda nas cartas topográficas que as drenagens da margem direita dos dois rios, próximas aos divisores de água onde fica localizado o ponto mais elevado da área apresenta um padrão de drenagem diferente das demais. Neste trecho a drenagem ocorre como do tipo radial, ou seja, distribuindo-se em diversas direções a partir de um ponto central, proporcionando ao local uma feição dômica (Figura 15).

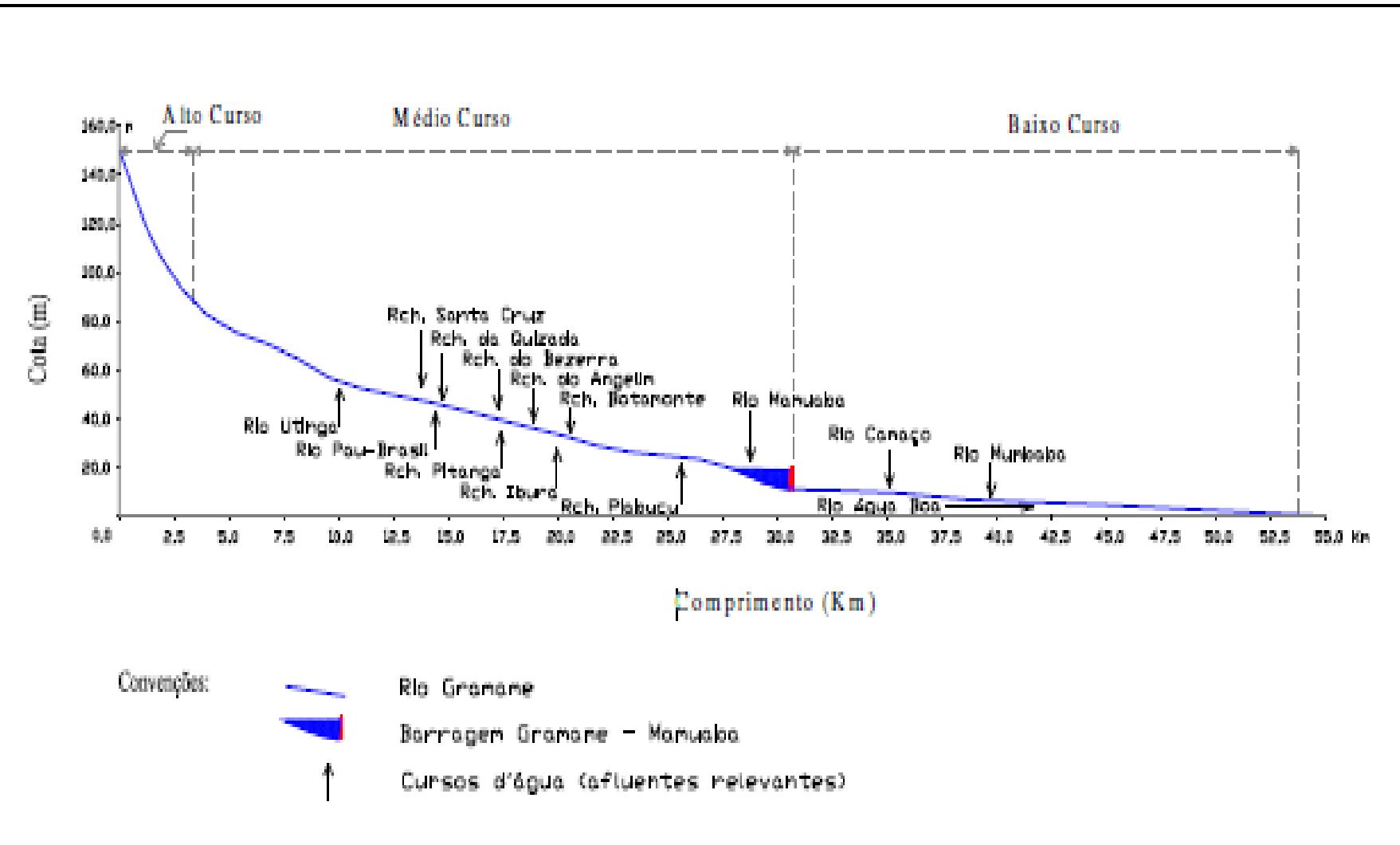


Figura 13 – Perfil longitudinal do rio Gramame. Fonte: Paraíba (2000).

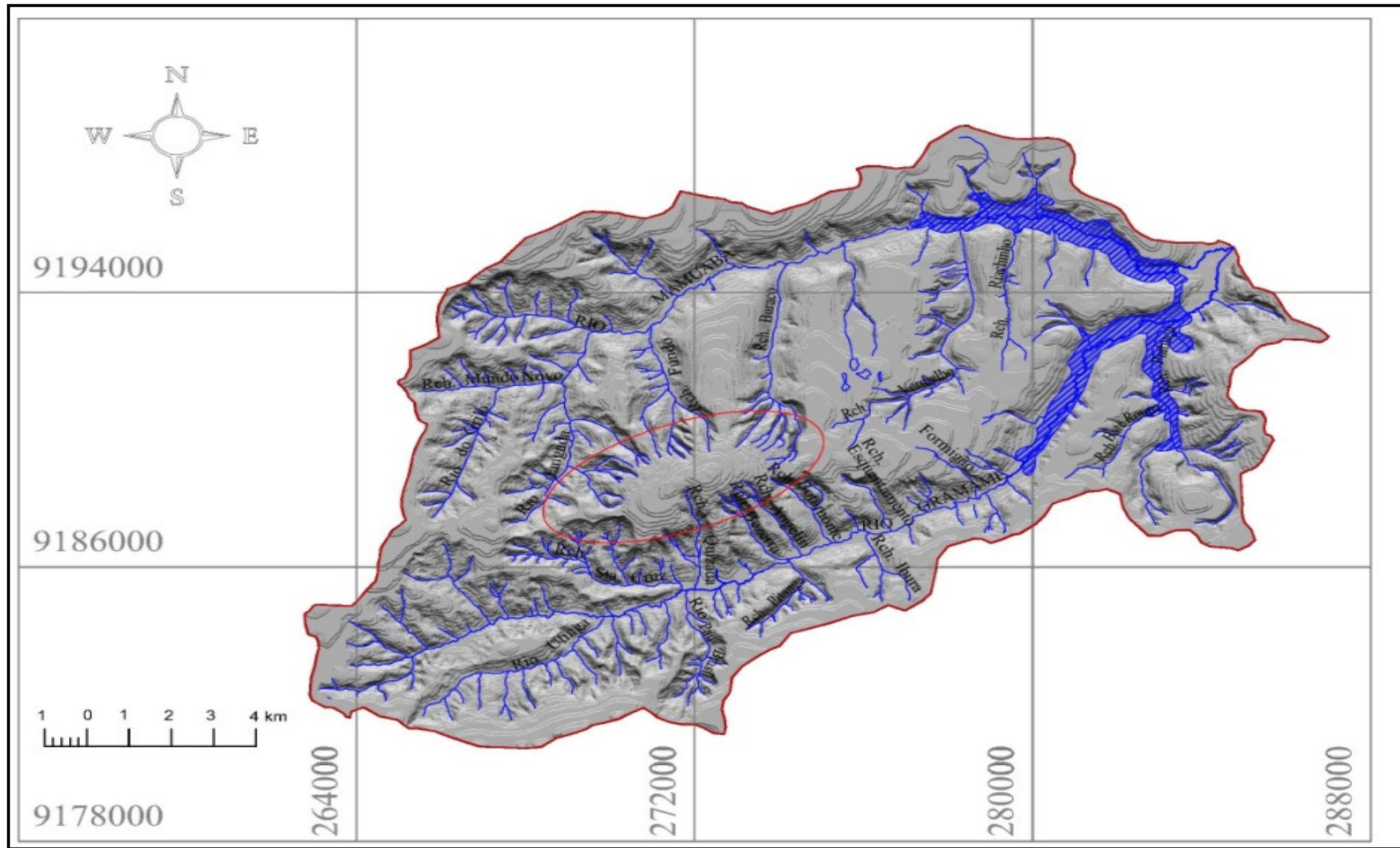


Figura 14 – Imagem sombreada da área com drenagem. Fonte: Pedrosa (2008).

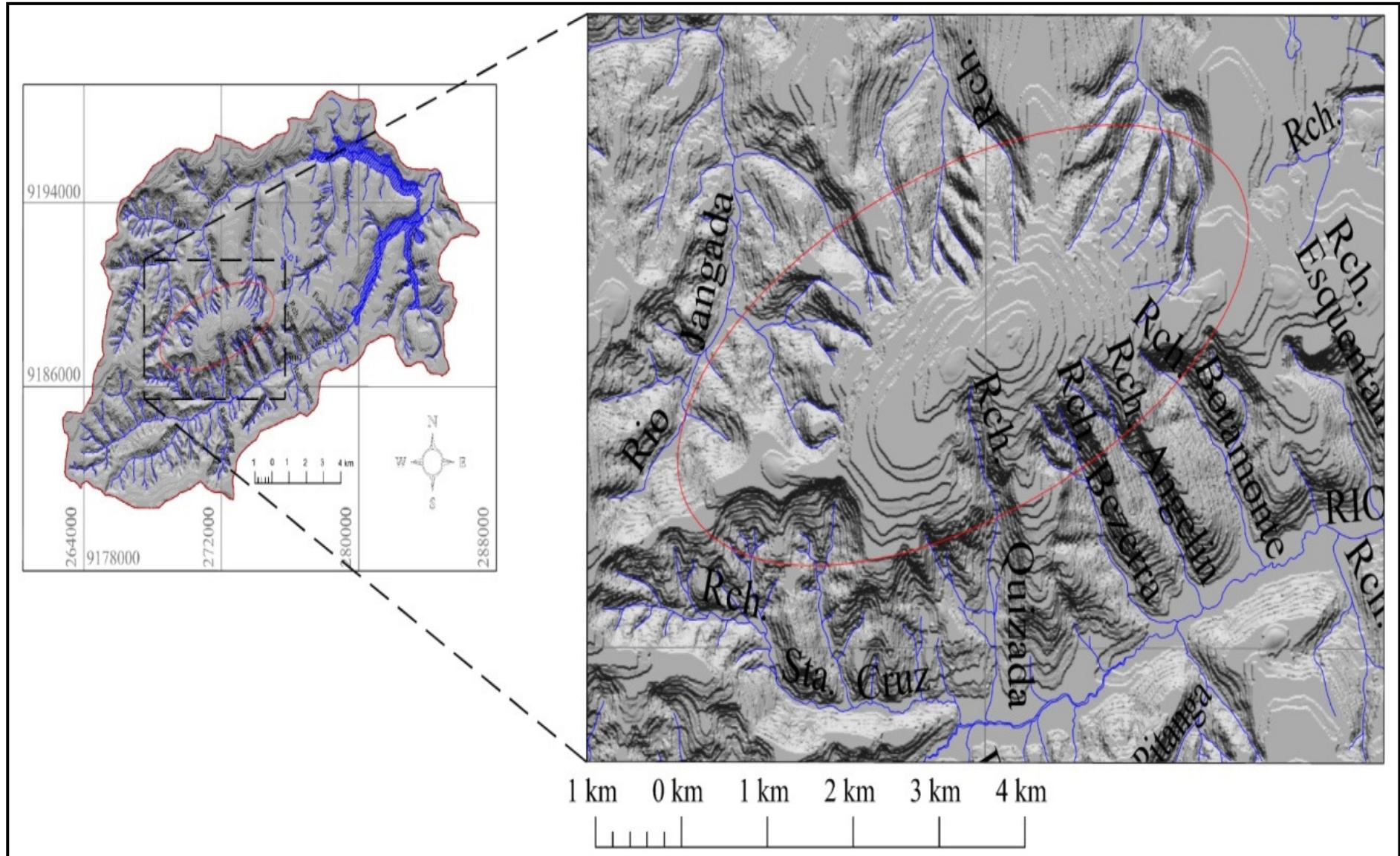


Figura 15 - Detalhamento da feição dômica encontrada na área de estudo. Fonte: Pedrosa (2008).

#### 4. METODOLOGIA

Pedrosa (2008) elaborou o mapa da vulnerabilidade ambiental para a área em estudo (Figura 16), visando obter subsídios para orientar um melhor planejamento de uso do solo à montante do reservatório Gramame-Mamuaba. A partir desse estudo, se propôs neste trabalho de avaliar o risco ambiental da poluição das águas superficiais de corpos hídricos inseridos na bacia hidrográfica do rio Gramame.

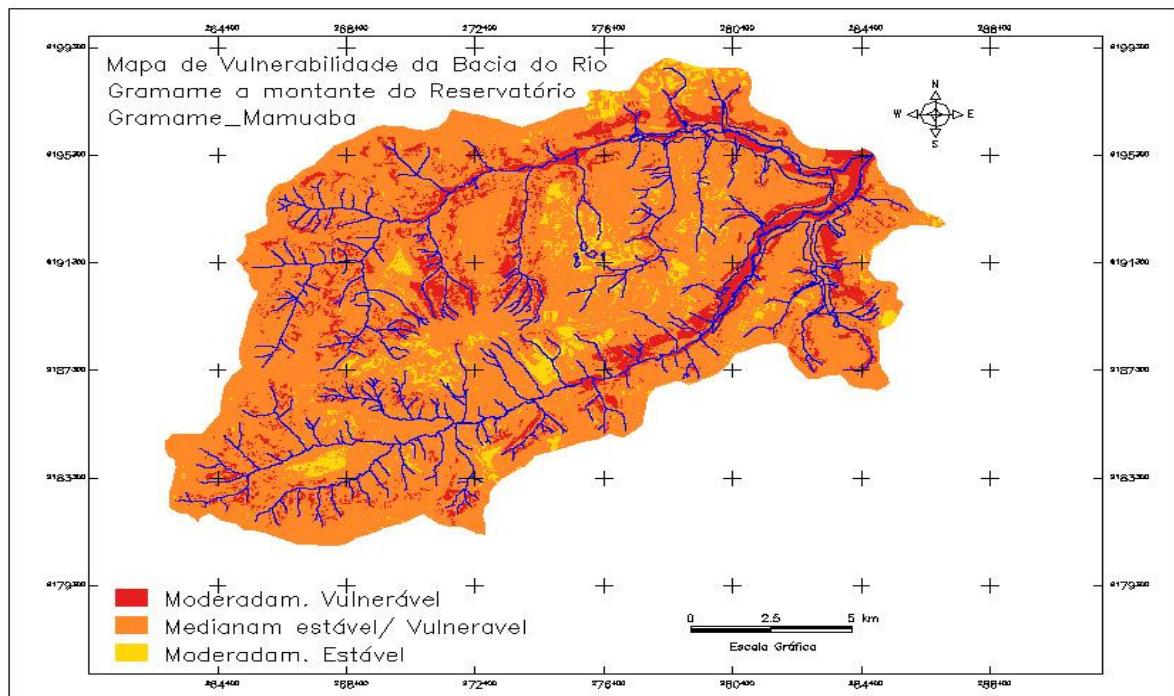


Figura 16 – Mapa de vulnerabilidade da área de estudo. Fonte: Pedrosa (2008).

Para alcançar este propósito, foi realizada inicialmente a coleta de opiniões junto a especialistas e moradores da região, a cerca dos tipos de uso e ocupação do solo e as principais fontes de poluição na bacia hidrográfica do rio Gramame, bem como, os pontos de lançamento de cargas poluidoras. Utilizou-se o método de Delphi como ferramenta e a ponderação do potencial poluidor, por fonte poluidora identificada na área. Concluídas as atividades descritas, realizaram-se visitas ao campo para identificar “in loco” dessas fontes de poluição, bem como, os lançamentos de cargas poluidoras nos corpos hídricos e no solo. Esses pontos foram georeferenciados fazendo uso de um GPS (Global Position System) portátil de marca Garmin. De posse desses pontos georreferenciados, fez-se a espacialização no mapa base da bacia hidrográfica do rio Gramame, constituindo-se no mapa de fontes de

poluição. Finalmente, a partir do cruzamento dos dados das fontes de poluição com os da vulnerabilidade ambiental dessa mesma área foi elaborado o mapa que representa o risco potencial de poluição das águas de superfície das sub-bacias hidrográficas dos rios Gramame e Mamuaba, à montante do reservatório Gramame-Mamuaba.

#### 4.1 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DELPHI

Para a aplicação da metodologia Delphi foi realizado o seguinte roteiro, conforme apresentado na Figura 17:

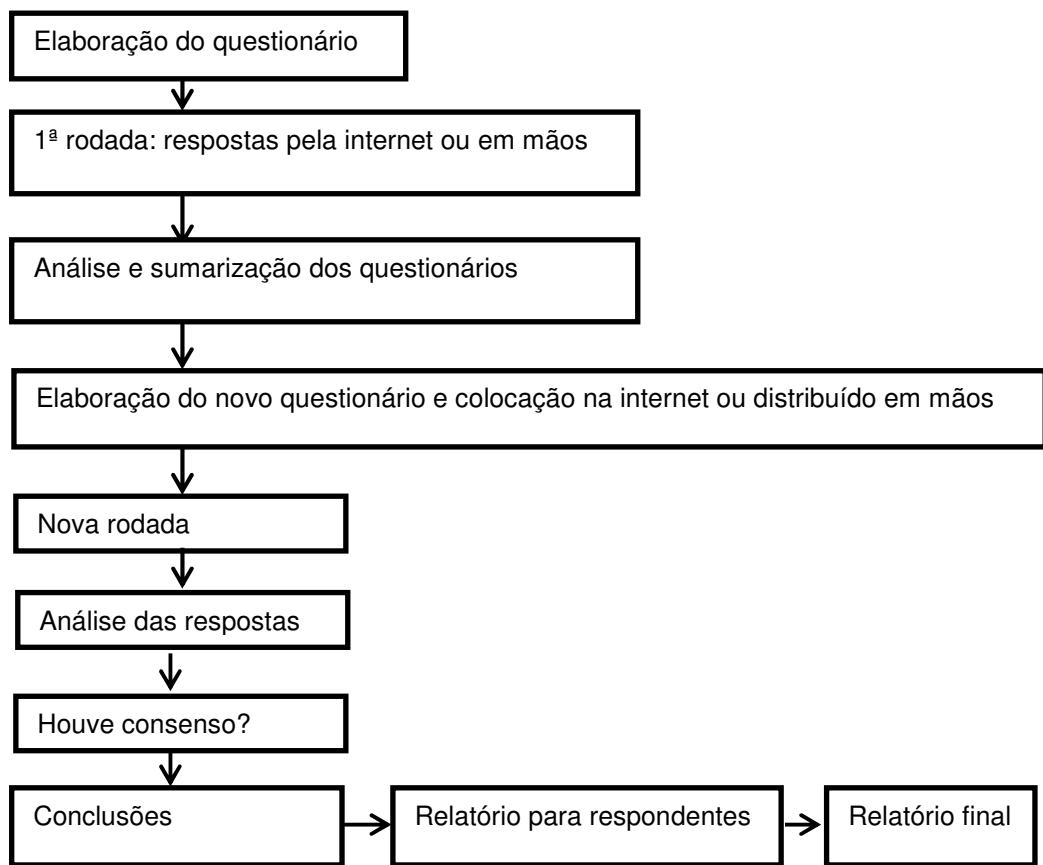


Figura 17 – Roteiro realizado na aplicação da metodologia Delphi na área de estudo. Fonte: Giovinazzo (2000).

A aplicação dos questionários com os especialistas foi dividida em três rodadas, apresentadas a seguir:

-1ª rodada: envio do questionário nº 1 e recebimento das respostas pela rede mundial de computadores (Internet) e em mãos, sobre as fontes poluidoras da bacia hidrográfica do rio

Gramame que apresentam risco de contaminação; análise e sumarização desses questionários; além da elaboração do questionário nº 2 da 2<sup>a</sup> rodada;

-2<sup>a</sup> rodada: envio do questionário nº 2 e recebimento das respostas, pela Internet e em mãos, sobre as fontes de poluição identificadas no questionário 1; análise das respostas do questionário 2; elaboração do questionário nº 3 da 3<sup>a</sup> rodada;

-3<sup>a</sup> rodada: envio do questionário nº 3 e recebimento das respostas, pela Internet e em mãos; análise das respostas do questionário 3; conclusões e relatório final.

Na 1<sup>a</sup> rodada, com base em estudos já realizados na bacia e por meio de conversas específicas com especialistas e moradores da região foi formulada uma relação preliminar de fontes poluidoras relacionadas com risco de poluição para corpos hídricos da área de estudo. Essa relação foi apresentada no questionário nº 1. A ideia foi de subsidiar o raciocínio com pensamentos que já ocorrem ou são aplicados sobre a questão.

Na 2<sup>a</sup> rodada, as fontes poluidoras identificadas na 1<sup>a</sup> rodada da pesquisa, como o risco de poluição para a bacia hidrográfica em estudo, foram submetidas à avaliação dos mesmos especialistas, para que atribuissem um valor 0 a 5 para o potencial poluidor, por fonte poluidora apresentada, identificada na área. A equivalência do potencial poluidor, com o respectivo valor, apresentado para avaliação foi: Insignificante (0), Muito Baixo (1), Baixo (2), Moderado (3), Alto (4) e Muito Alto (5).

Na 3<sup>a</sup> rodada foi identificado o grau de risco de cada potencial poluidor relacionado com o mapa da vulnerabilidade da área (PEDROSA, 2008), em que a fonte poluidora está localizada. A vulnerabilidade foi subdividida em: Moderadamente estável; Medianamente estável/vulnerável; e, Moderadamente vulnerável.

#### 4.2 IDENTIFICAÇÃO DAS FONTES POLUIDORAS NA ÁREA DE ESTUDO

De posse dos resultados obtidos com a aplicação do método de Delphi, foram realizadas várias visitas a área de estudo, foram feitos a identificação da localização e o levantamento de dados mais detalhados a cerca das principais fontes de poluição e os usos do solo na bacia hidrográfica. Ainda nessa etapa do trabalho foram feitos registros fotográficos e realizadas conversas informais com especialistas e moradores da região. Além disso, foi realizada uma pesquisa em estudos já desenvolvidos na área para complementação de informações.

#### 4.3 MAPA DAS FONTES POLUIDORAS

Concluído a etapa de aplicação dos questionários, passou-se para a etapa de campo, para localização e georeferenciamento das fontes poluidoras, com o objetivo de construção do mapa de risco de contaminação (Figura18). A área foi percorrida seguindo as vias de acesso principal (rodovias), secundárias e trilhas, de forma a cobrir o maior trecho possível da área em estudo. Em todo o processo foram marcados pontos no GPS e fotografadas as áreas de maiores interesses no estudo. Estes pontos levantados estão apresentados na Tabela 2.

Observando a Figura 18, produto de constatação em loco, pode-se ver diversas intervenções antrópicas na bacia hidrográfica do rio Gramame, causando impactos decorrentes do uso e ocupação do solo, da aplicação de agroquímicos, do despejo de esgotos domésticos e industriais, dentre outros fatores.

## Fontes poluidoras identificadas

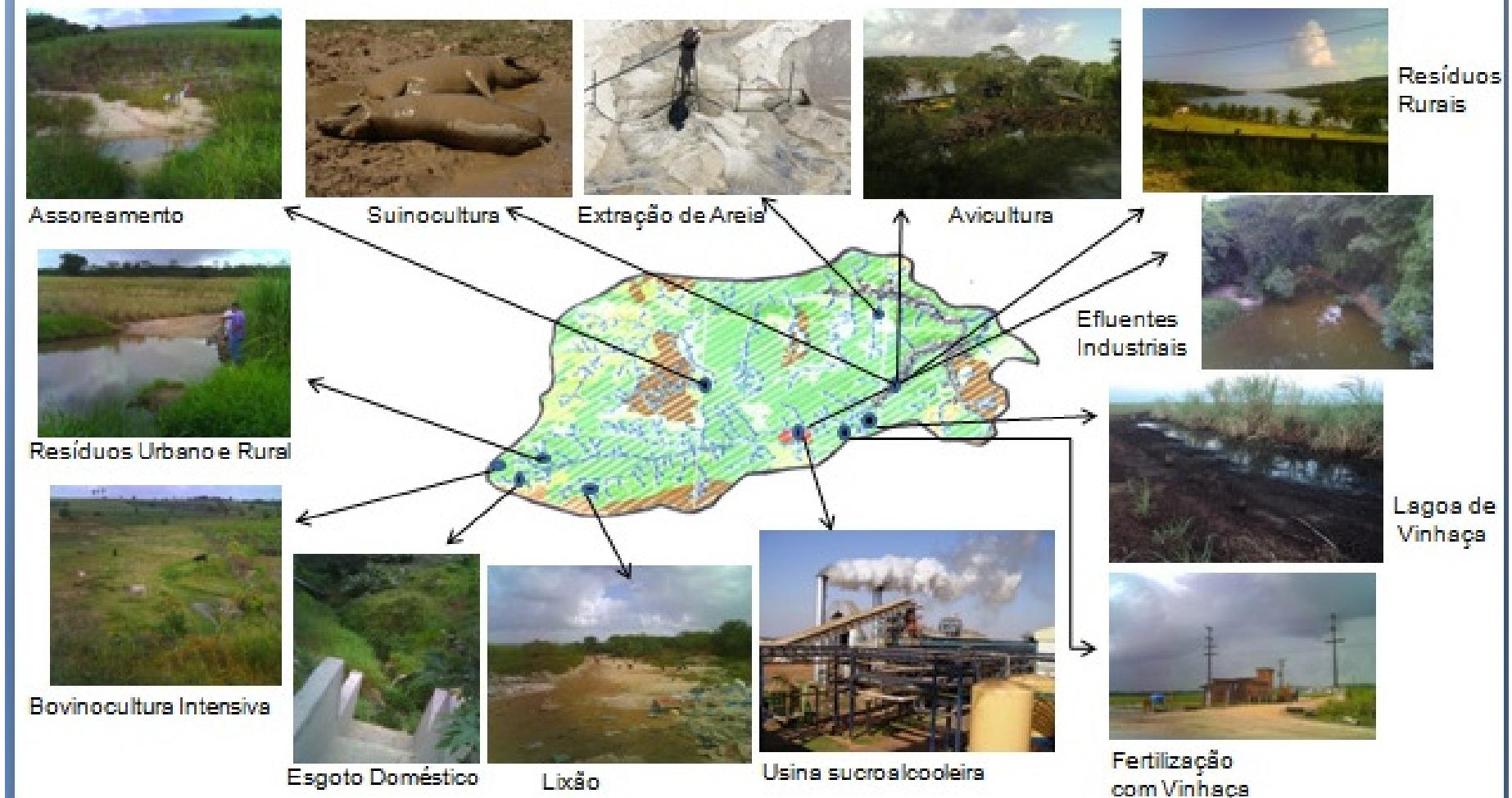


Figura 18 – Localização das fontes poluidoras.

Tabela 2– Georeferenciamento dos pontos de ameaças ambientais nas sub-bacias hidrográficas dos rios Gramame e Mamuaba

<b>Ponto</b>	<b>Coordenadas (UTM)</b>	<b>Localização</b>	<b>Descrição das ameaças</b>
01	02843902/9188994	Sítio Riacho, Alhandra – PB	Estábulo localizado na margem da represa do reservatório Gramame-Mamuaba
02	0283758/9189646	Sítio das Águas, Alhandra – PB	Represamento eutrofizado escoando para a represa do reservatório
03	0283758/9189973	Sítio São Mateus, Alhandra – PB	Casa e instalações rurais na margem da represa, onde os resíduos são carreados para o reservatório
04	0283536/9190164	Chácara Sta. Terezinha, Alhandra – PB	Aglomerado urbano na margem da represa, onde os resíduos são lançados para o reservatório
05	0283594/91900672	Sítio Riacho, Alhandra – PB	Aviário na margem da represa
06	0283720/91891995	Alhandra – PB	Exploração de cana-de-açúcar a montante do represamento, onde são utilizados fertilizantes químicos, vinhaça e agrotóxicos
07	0283037/9188529	Alhandra – PB	Exploração de abacaxi a montante do represamento, onde é utilizados fertilizantes químicos e defensivos agrícolas
08	0283190/9187770	Alhandra – PB	Olho d’água localizado dentro da área de cana-de-açúcar irrigada, desaguando na represa do reservatório
09	0282814/9187144	Faz. Santo Antonio, Pedras de Fogo – PB	Área de pastagem com pastejo intensivo de bovinos a montante de afluentes do rio Gramame
10	0278078/9186557	Cruzamento da Gema, Pedras de Fogo – PB	Reservatório de vinhaça a montante do rio Gramame
11	0276491/9187014	Usina Giasa, Pedras de Fogo – PB	Usina localizada as margens do rio Gramame, onde a água apresenta bastantes resíduos em suspensão
12	0273813/9183314	Comunidade próxima ao Posto Fiscal	Plantação de abacaxi onde são utilizados fertilizantes químicos e agrotóxicos
13	0270026/91811738	Entrada de Pedra de Fogo – PB	Lixão a montante de afluente do rio Gramame
14	0266857/91817000	Área urbana de Pedras de Fogo – PB	Nascente do riacho Cabelão, afluente do rio Gramame.
15	0266523/9181898	Zona urbana de Pedras de Fogo – PB	Criação de bovinos em área de nascente de curso d’água
16	0266269/9181758	Nascente Santa Emilia, Pedras de Fogo – PB	Lançamento de esgoto da zona urbana de Pedras de Fogo
17	0265640/9181586	Nascente Cacimba de Rosa, Pedras de Fogo – PB	Despejo do esgoto urbano direto no afluente do rio Gramame
18	0265390/9181518	Periferia de Pedras de Fogo – PB	Efluentes de fazendas a montante de afluentes do rio Gramame
19	0266710/9183147	Fazendas em Pedras de Fogo – PB	Plantação de cana-de-açúcar onde é utilizada a fertirrigação com vinhaça
20	0268308/9187681	Afluente do rio Mamuaba, Pedras de Fogo – PB	Exploração agrícola a montante de afluente do rio Mamuaba
21	0269070/9188967	Riacho Jangada, Pedras de Fogo – PB	Área urbana e plantio de cana-de-açúcar a montante de afluente do rio Mamuaba
22	0272768/9194075	Comunidade Riacho do Salto, Pedras de Fogo – PB	Localizada próxima do rio Mamuaba
23	0273567/9194205	Riacho do Salto, Peras de Fogo – PB	Cemitério próximo do rio Mamuaba

Ponto	Coordenadas (UTM)	Localização	Descrição das ameaças
24	0274043/9194376	Comunidade Riacho do Salto, Pedras de Fogo – PB	Lavagem de pulverizadores no rio Mamuaba
25	0274394/919440	Comunidade Riacho do Salto, Pedras de Fogo – PB	Exploração de avicultura
26	0277239/9197834	Margem do reservatório em Santa Rita – PB	Plantação de abacaxi onde são utilizados fertilizantes químicos e agrotóxicos
27	0277870/9198824	Margem do reservatório em Santa Rita – PB	Despejo de resíduos no reservatório Gramame-Mamuaba
28	90279633/9197880	Cicerolandia (área urbana), Santa Rita – PB	Banho no reservatório no município de Santa Rita

Localizadas as fontes poluidoras, identificadas pelos especialistas entrevistados, georeferenciou-se, os principais pontos de risco de contaminação, como mostra a Figura 19.

Dentre as fontes poluidoras identificadas na área de estudo, os especialistas elegeram as 14 fontes poluidoras com maior grau de risco de contaminação dos corpos hídricos da bacia hidrográfica: 1) Usina sucroalcoleira; 2) Lagoa de vinhaça; 3) Lixão; 4) Efluentes industriais; 5) Esgoto doméstico; 6) Agricultura com uso de fertilizantes e defensivos; 7) Resíduos de aglomerados (urbano e rural; 8) Avicultura intensiva (Aviário); 9) Bovinocultura intensiva (estábulo); 10) Suinocultura; 11) Assoreamento; 12) Rodovias; 13) Fertilização com vinhaça; 14) Irrigação; 15) Posto de combustível e 16) Minério (extração de areia).

Ao retorno do campo, os dados armazenados no computador foram importados para um Sistema de Informação Geográfica (SIG). No caso deste trabalho, o SIG adotado foi o Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas (SPRING), versão 4.3.2, *software* gratuito e nacional, desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), e que dispõe de ferramentas para o tratamento de dados vetoriais e matriciais, principais tipos de dados utilizados para representação de fenômenos espaciais (CÂMARA *et al.*, 1996). Foram importados os dados relativos às demais variáveis necessárias à elaboração do mapa de risco de contaminação.

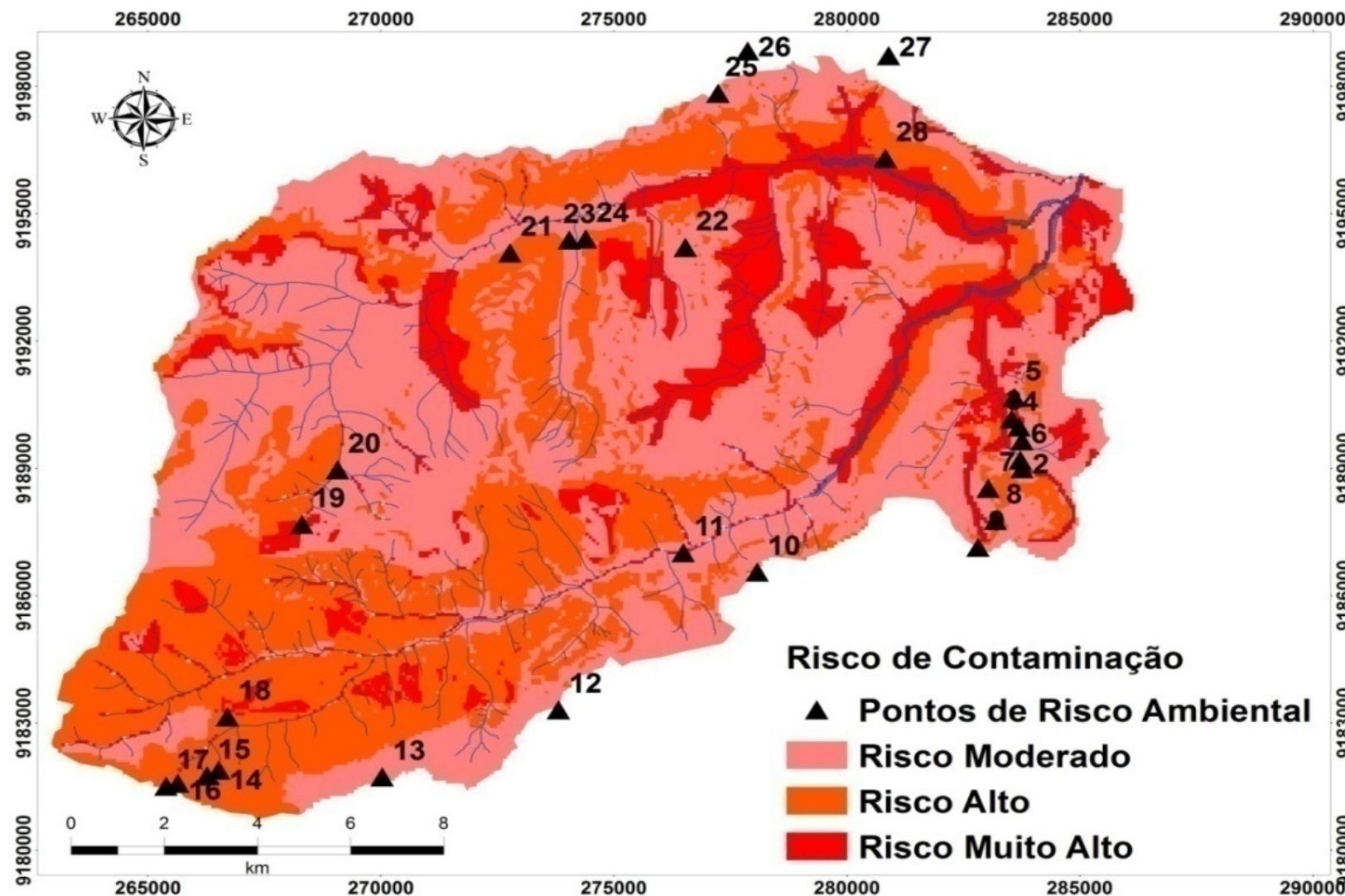


Figura 19 – Localização dos pontos de risco no mapa de risco de contaminação da área em estudo.

## **5. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **5.1 TIPOS DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GRAMAME, À MONTANTE DO RESERVATÓRIO GRAMAME-MAMUABA**

A pesquisa de campo revelou que o uso e ocupação do solo das sub-bacias hidrográficas em estudo se dão em função do(s) ou da(s): desenvolvimento da agricultura em que predominam as culturas da cana-de-açúcar e do abacaxi e que são exploradas com uso de fertilizantes e defensivos químicos; prática da pecuária intensiva e assentamentos de conglomerados urbanos, presença de áreas parcialmente desprovidas de cobertura vegetal; instalação de indústrias; extração mineral (areia) e construção de rodovias; além da ocorrência de lixão; de posto de combustível e de despejo de esgoto doméstico.

### **5.2 FONTES POLUIDORAS IDENTIFICADAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GRAMAME**

Ações metodológicas necessárias na identificação das fontes poluidoras foram desenvolvidas conforme descrito: foram identificadas várias fontes poluidoras relacionadas ao risco de poluição dos corpos hídricos da área em estudo. Dentre as fontes poluidoras identificadas, os especialistas e conhecedores da área estudada elegeram como principais (listadas por ordem de importância) as seguintes: agricultura com uso de fertilizante e de agrotóxicos, usina sucroalcooleira e efluentes industriais, esgoto doméstico, lagoa de vinhaça, fertilização com vinhaça, resíduos de conglomerados urbano e rural, lixão, irrigação, assoreamento, suinocultura, extração de minério (areia), posto de combustível, avicultura intensiva, bovinocultura intensiva (estábulo), rodovias. A Tabela 3 apresenta estas principais fontes poluidoras, por ordem de importância, e sua localização na área estudada da bacia hidrográfica do rio Gramame. Cada atividade emite poluentes característicos e cada um destes pode causar diferentes graus de poluição da água (PEREIRA, 2004).

Tabela 3 – Principais fontes poluidoras da parcela das sub-bacias hidrográficas do rio Gramame estudadas

<b>Ordem</b>	<b>Fontes poluidoras</b>	<b>Localização</b>
1º	Agricultura com uso de fertilizantes e agrotóxicos	Alhandra - PB/ Pedras de Fogo – PB
2º	Usina sucroalcooleira e efluentes industriais	Pedras de Fogo – PB
3º	Esgoto doméstico	Pedras de Fogo – PB
4º	Lagoa de vinhaça	Pedras de Fogo – PB
5º	Fertilização com vinhaça	Pedras de Fogo – PB
6º	Resíduos de aglomerado urbano e rural	Alhandra - PB/ Pedras de Fogo – PB
7º	Lixão	Pedras de Fogo – PB
8º	Irrigação	Alhandra - PB/ Pedras de Fogo – PB
9º	Assoreamento	Alhandra - PB/ Pedras de Fogo – PB
10º	Suinocultura	Alhandra – PB
11º	Posto de combustível	Pedras de Fogo – PB
12º	Avicultura intensiva	Alhandra – PB
13º	Bovinocultura intensiva (estábulo)	Alhandra – PB
14º	Rodovias	Pedras de Fogo – PB

### **5.2.1 Caracterização das fontes poluidoras detectadas**

#### **5.2.1.1 Agricultura com uso de fertilizantes e agrotóxicos.**

A atividade agrícola apresenta caráter difuso, sendo responsável pela poluição a partir da superfície de extensas áreas. Os contaminantes potencialmente mais significativos são os fertilizantes, os pesticidas e, indiretamente, a irrigação, pois, a reciclagem e reutilização da água para irrigação provoca um aumento progressivo da concentração de sais.

As áreas ocupadas com exploração de cana-de-açúcar ocupam os topo dos tabuleiros, além das vertentes e fundos de vales, principalmente na região do alto curso do rio Gramame. A utilização de vinhaça, de fertilizantes químicos e de agrotóxicos nessas áreas e também no cultivo do abacaxi, tem aumentando o risco de poluição da água do reservatório Gramame-Mamuaba, e de outros corpos hídricos da bacia hidrográfica em estudo. As Figuras 20 e 21 apresentam, respectivamente, áreas de exploração de cana-de-açúcar e de abacaxi.



Figura 20 – Plantio de cana-de-açúcar - Coordenadas UTM: 283.720m E/9.189.199m N, Zona 25, Hemisfério Sul. (Foto: Firmino Manuel Neto, maio, 2013).



Figura 21 – Plantio de abacaxi - Coordenadas UTN: 283.037m E/9.188.529m N, Zona 25, Hemisfério Sul. (Foto: Firmino Manuel Neto, maio, 2013).

Os agrotóxicos empregados no controle de pragas são pouco específicos, destruindo indiferentemente espécies nocivas e úteis. Um dos problemas do uso desses produtos é o acúmulo ao longo das cadeias alimentares. Os inseticidas quando usados de forma indevida, acumulam-se no solo. Os animais se alimentam da vegetação prosseguindo o ciclo de contaminação. Também, com as chuvas, os produtos químicos usados na composição dos pesticidas infiltram no solo, contaminam o lençol freático e acabam escorrendo para os rios, continuando a contaminação (PEREIRA, 2004).

Os agrotóxicos podem causar diversos efeitos crônicos, como: alterações cromossômicas; más formações congênitas; infertilidade masculina; câncer; neurotoxicidade; interferentes endócrinos; doenças hepáticas, respiratórias, renais e dermatológicas. Segundo Ribas e Matsumura (2009) os efeitos sobre a saúde podem ser de dois tipos: 1) agudos, ou aqueles que resultam da exposição a concentrações de um ou mais agentes tóxicos, capazes de causar dano efetivo aparente em um período de 24 horas; 2) crônicos, ou aqueles que resultam de uma exposição continuada a doses relativamente baixas de um ou mais produtos. A Tabela 4 apresenta os efeitos causados ao homem quando da exposição aos agrotóxicos.

Tabela 4 – Efeitos da exposição aos agrotóxicos

<b>Classificação</b>	<b>Grupo químico</b>	<b>Intoxicações agudas</b>	<b>Intoxicações crônica</b>
Inseticidas	Organofosforado e carbamatos	Fraqueza Cólica abdominal Vômito Espasmo musculares Convulsão	Efeitos neurológicos retardados Alterações cromossomais Dermatites de contato
	Orgonoclorados	Nausea Vômito Contrações musculares involuntárias	Arritmias cardíacas Lesões renais Neuropatias Perifericas
	Piretroides sintéticos	Irritação das conjuntivas Espirros Excitação Convulsão	Alergias Asma brônquica Irritação das mucosas Hipersensibilidade
Fungicidas	Ditiocarbamatos	Tonteira Vômito Tremores Musculares Dor de cabeça	Alergias respiratórias Dermatites Doença de parkinson Cânceres
	Fentalanidas	-	Teratogenese
	Dinitrofenóis e pentaclorofenol	Dificuldade respiratória Hipertemia Convulsão	Cânceres Clotoacnes
Herbicidas	Fenoxiacéticos	Perda de Apetite Enjoo Fasciculação muscular	Indução da produção de enzimas hepáticas Cânceres Teratogenese
	Dipiridilos	Sangramento nasal Fraqueza Desmaio Conjuntivites	Lesões hepáticas Dermatites de contato Fibrose pulmonar

Fonte: Peres (1999, apud RIBAS; MATSUMURA, 2009).

No Brasil, no período de 1989 a 2004, foram notificados 1.055.897 casos de intoxicações humanas por agrotóxicos e 6.632 óbitos pelo mesmo motivo (SINITOX, 2004). A Organização Mundial da Saúde indica que, para cada caso notificado de intoxicação por agrotóxicos, existem 50 casos não notificados (MARINHO, 2010).

A Figura 22 mostra um trecho do rio Gramame onde é utilizado para lavagem de pulverizadores utilizados na aplicação de agrotóxicos.



Figura 22 – Trecho do rio Gramame onde os pulverizadores utilizados na aplicação de agrotóxicos são lavados – Coordenadas UTM: 274.043m E/9.194.376m N, Zona 25, Hemisfério Sul. (Foto: Firmino Manuel Neto, maio, 2013).

### 5.2.1.2 Usina sucroalcooleira e efluentes industriais

A poluição industrial apresenta um caráter tipicamente pontual e está relacionada com a eliminação de resíduos de produção na atmosfera, no solo, nas águas superficiais e subterrâneas e também com o seu derrame durante o armazenamento e transporte.

Os efluentes referidos são aqueles gerados nos processos industriais e nas atividades domésticas. Quando são lançadas diretamente nos rios e lagos, devido as suas características físicas, químicas e biológicas, esses efluentes podem contaminar os corpos hídricos (ALMEIDA, 2009).

Para Pereira (2004) as águas residuárias industriais apresentam uma grande variação, tanto na sua composição como na sua vazão, refletindo seus processos de produção. Originam-se em três pontos:

- a) Águas sanitárias: efluentes de banheiro e cozinhas;
- b) Águas de refrigeração: utilizada para resfriamento;
- c) Águas de processos: que têm contato direto com a matéria-prima do produto processado.

As características das águas sanitárias são as mesmas dos esgotos domésticos. Já as águas de resfriamento possuem dois impactos importantes que devem ser destacados (Pereira, 2003b):

- 1) A poluição térmica, que para os seres vivos os efeitos da temperatura dizem respeito à aceleração do metabolismo, ou seja, das atividades químicas que ocorrem nas células;
- 2) A aceleração do metabolismo provoca aumento da necessidade de oxigênio e, por conseguinte, na aceleração do ritmo respiratório.

Uma usina sucroalcooleira está localizada a margem do rio Gramame e seus efluentes são despejados diretamente no seu leito. Nesse ponto do rio a água apresenta grande quantidade de resíduos em suspensão, como pode se observar na Figura 23.



Figura 23 – Efluentes industriais (usina sucroalcooleira) despejados no rio Gramame - Coordenadas UTM: 276.491m E/9.187.014m N, Zona 25, Hemisfério Sul. (Foto: Firmino Manuel Neto, maio, 2013).

### 5.2.1.3 Esgoto doméstico urbano

O esgoto doméstico urbano do município de Pedras de Fogo é lançado diretamente em um afluente do rio Gramame (Figura 24). Composto pelas águas utilizadas para higiene pessoal, cocção e lavagem de alimentos e utensílios, como também água usada em banheiros e vasos sanitários, os esgotos domésticos apresentam grande concentração de matéria orgânica biodegradável, microorganismos (bactérias, vírus, etc.), nutrientes (nitrogênio e fósforo), óleos e graxas, detergentes e metais (BENETTI; BIDONE, 1995).



Figura 24 – Lançamento de esgoto doméstico da zona urbana de Pedras de Fogo em afluente do rio Gramame – Coordenadas UTM: 266.269m E/9.181.758 m N, Zona 25, Hemisfério Sul. (Foto: Firmino Manuel Neto, maio, 2013).

### 5.2.1.4 Lagoa de vinhaça

No processo de produção do etanol, destilando-se o vinho originado dos mostos<sup>5</sup>, que são líquidos fermentescíveis, recupera-se o álcool produzido pela fermentação alcoólica

---

<sup>5</sup> Denomina-se mosto todo líquido açucarado apto a fermentar. O seu preparo e correções compreendem diversas operações que visam transformar e corrigir a matéria prima, tornando-a um líquido açucarado propenso de sofrer fermentação (QUEIROZ, 1994).

denominada flegma, restando um resíduo que é a vinhaça (GRETSCHMANN apud LIMA, 2012).

Então, a vinhaça é caracterizada como efluente de destilarias com alto poder poluente e alto valor fertilizante. O poder poluente, cerca de cem vezes maior que o do esgoto doméstico, decorre da sua riqueza em matéria orgânica, baixo pH, elevada corrosividade e altos índices de demanda bioquímica de oxigênio (DBO), além de elevada temperatura na saída dos destiladores. Assim, essa vinhaça é considerada altamente nociva à fauna, flora, microfauna e microflora das águas doces, além de afugentar a fauna marinha que vem a costa brasileira para procriação (FREIRE e CORTEZ apud NETO, 2008)

A disposição inadequada da vinhaça em lagoas, conhecidas como lagoa de vinhaça, pode causar sérios danos por poluição aos corpos hídricos, principalmente no caso de transbordamento no período chuvoso (FREIRE *et al.*, 2000). A Figura 25 mostra uma lagoa de vinhaça localizada a montante do reservatório Gramame-Mamuaba.



Figura 25 – Lagoa de vinhaça localizada a montante do reservatório Gramame-Mamuaba – Coordenadas UTM: 278.078m E/9.186.557m N, Zona 25, Hemisfério Sul. (Foto: Firmino Manuel Neto, maio, 2013).

### 5.2.1.5 Fertirrigação com vinhaça

A prática de fertirrigação com vinhaça<sup>6</sup> em cana-de-açúcar, na área em estudo é constante. Grandes doses de vinhaça podem ter impactos severos nas águas superficiais e subterrâneas (CRUZ *et al.*, 2008). Assim, o risco de poluição dos corpos hídricos da bacia do rio Gramame que alimentam o reservatório Gramame-Mamuaba é bastante elevado, pois essa atividade ocorre a montante do referido reservatório.

De maneira geral, a vinhaça apresenta elevadas concentrações de nitrato, potássio e matéria orgânica; sua utilização pode alterar as características do solo promovendo modificações em suas propriedades químicas, favorecendo o aumento da disponibilidade de alguns elementos para as plantas. Por outro lado, a vinhaça também pode promover modificações das propriedades físicas do solo, de duas formas distintas: essas alterações podem melhorar a agregação, ocasionando a elevação da capacidade de infiltração da água no solo e, consequentemente, aumentar a probabilidade de lixiviação de íons, de forma a contaminar as águas subterrâneas quando em concentrações elevadas, além de promover a dispersão de partículas do solo, com redução da sua taxa de infiltração de água e elevação do escoamento superficial, com possível contaminação de águas superficiais (SILVA *et al.*, 2007).

O estudo de Stevenson (1986) mostrou que os impactos causados pelo nitrato não se restringe apenas à saúde humana e animal. O seu excesso em plantas causa enfezamento, ou seja, a planta para de se desenvolver. Além do problema com nitratos, deve ser salientado que a poluição de cursos d'água pode ocorrer também pela presença do fosfato, que é mineral praticamente imóvel.

De acordo com a Norma Técnica P4. 231 - Vinhaça – Critérios e procedimentos para aplicação no solo agrícola da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB, 2006), vinhaça é um líquido derivado da destilação do vinho, que é resultante da fermentação do caldo da cana-de-açúcar ou melaço (PIRES; FERREIRA, 2008).

A prática de fertirrigação em cana-de-açúcar, na área de estudo, é bastante comum, como pode ser observado na figura 26.

---

<sup>6</sup> A vinhaça possui um alto poder poluente, sendo 100 vezes maior que o do esgoto doméstico (SILVA, *et al.*, 2007).



Figura 26 – Fertirrigação com vinhaça a montante do reservatório Gramame-Mamuaba – Coordenadas UTM: 266.710m E/9.183.147m N, Zona 25, Hemisfério Sul. (Foto: Firmino Manuel Neto, maio, 2013).

#### 5.2.1.6 Resíduos de aglomerado urbano e rural

Resíduos de aglomerados urbanos e rurais situados na bacia do rio Gramame são lançados em afluentes dos rios Gramame e Mamuaba. E em seguida chegam ao reservatório.

A União Européia define os resíduos como sendo todos aqueles materiais gerados nas atividades de produção, transformação ou consumo, que não alcançaram nenhum valor econômico e social imediato (BRAGA, 2000a).

SEBRAE (2009) define resíduos como sendo partes que sobram de processos derivados das atividades humanas e animal e de processos produtivos, como matéria orgânica, o lixo doméstico, entulhos, materiais recicláveis, etc.

Os resíduos urbanos/rurais são os formados pelos resíduos sólidos produzidos pelas atividades residenciais e se compõem por, aproximadamente, 60% de matéria orgânica, tais como: plástico, vidro, metal, orgânico, entulho, lâmpadas, pilhas, baterias, eletrônicos, pneus, borrachas, rejeitos, móveis reutilizáveis e resíduos do serviço da saúde.

Os resíduos da área objeto do estudo são gerados por atividades domiciliar e produtivas e as atividades domiciliares são aquelas geradas nas residências. Nesse tipo de resíduo, podem ser encontrados restos de alimentos, resíduos sanitários (papel higiênico, por

exemplo), papel, plástico, vidro, pilhas e baterias, cloro, água sanitária, desentupidor de pia, limpadores de vidro, fogão e removedor de manchas, aerossóis, etc. Nas atividades produtivas são gerados resíduos agrícolas e animais.

Os resíduos sólidos urbanos lançados a céu aberto, formando os lixões (Figura 27) possibilita uma série de transtornos como a contaminação das águas superficiais e subterrâneas, bem como, propicia a criação de focos de proliferação de vetores transmissores de uma série de doenças e de microrganismos patogênicos, causando riscos à saúde pública.

Segundo Bérrios (2003), lixo pode ser considerado o produto na saída de um sistema (output), ou seja, aquilo que foi rejeitado no processo de fabricação ou que não pode mais ser reutilizado em função das tecnologias disponíveis. Assim, na língua portuguesa, o termo resíduo sólido tem substituído à palavra lixo numa tentativa de desmistificar o produto do metabolismo social e urbano (BÈRRIOS, 2003).

O acúmulo de lixo em galerias e dutos impedem o escoamento das águas pluviais. A decomposição do lixo produz um líquido altamente poluído e contaminado denominado chorume, que dependendo da forma de disposição dos rejeitos pode atingir os mananciais superficiais e subterrâneos. O chorume contém concentração de material orgânico equivalente a uma escala de 30 a 100 vezes o esgoto sanitário, além de microorganismos patogênicos e metais pesados (BENETTI; BIDONE, 1995).

A presença dos resíduos sólidos em corpos hídricos apresenta como principais efeitos, a elevação da demanda de oxigênio (DBO), a redução dos níveis de oxigênio dissolvidos, a formação de correntes ácidas, uma maior carga de sedimentos, elevada presença de coliformes, o aumento da turbidez, a intoxicação de organismos presentes naquele ecossistema, incluindo o homem. Os resíduos acarretam danos à saúde pública, como a proliferação de vetores de doenças (moscas, mosquitos, baratas, ratos, entre outros), geração de odores desagradáveis e, principalmente, poluição das águas superficiais e subterrâneas pelo chorume, produzido a partir da decomposição da matéria orgânica contida nos resíduos (MARQUES, 2011)



Figura 27 – Lixão da zona urbana de Pedras de Fogo – Coordenadas UTM: 270.026m E/9.181.173m N, Zona 25, Hemisfério Sul. (Foto: Firmino Manuel Neto, maio, 2013).

#### 5.2.1.7 Irrigação

As explorações agrícolas inseridas na bacia do rio Gramame tem ocasionado grande consumo de fertilizantes e agrotóxicos, da classe dos mais perigosos (Classe I e II). A cultura de cana-de-açúcar irrigada e a cultura do abacaxi ocupam a maior parte da área na bacia hidrográfica, principalmente nas sub-bacias dos rios Gramame e Mamuaba, onde são aplicados agrotóxicos dos mais perigosos (Classe I e II).

Assim, as águas da bacia, principais receptores desses produtos, podem ter sua contaminação relacionada com a aplicação direta ou próxima delas nas superfícies inclinadas para os rios ou lagos. Os resíduos das aplicações de agrotóxicos escorrem para os canais fluviais alimentadores do reservatório Gramame-Mamuaba que é utilizado para abastecimento (GADELHA et. al., 2001). A Figura 28 mostra irrigação na montante do reservatório.

O excesso de água aplicada na irrigação retorna aos corpos hídricos, por meio do escoamento superficial e subsuperficial ou vai para os depósitos subterrâneos, por percolação profunda, arrastando consigo resíduos de fertilizantes, de defensivos, de herbicidas e de outros elementos tóxicos, denominados de sais solúveis. A contaminação das águas superficiais acontece imediatamente após a irrigação (SOUZA, 2005).



Figura 28 – Irrigação a montante do reservatório Gramame-Mamuaba – Coordenadas UTM: 283.190m E/9.187.770m N, Zona 25, Hemisfério Sul. (Foto: Firmino Manuel Neto, maio, 2013).

#### 5.2.1.8 Assoreamento do rio Gramame

O assoreamento consiste na obstrução por sedimentos, terra, areia ou outro detrito, no rio Gramame é causado pela ausência de mata ciliar. (MELHORAR A FRASE)

O assoreamento dos corpos hídricos é um fenômeno antigo, tal processo depositou milhões de metros cúbicos de sedimentos no fundo dos oceanos e, quando acelerado, este acarreta prejuízos a todo ecossistema (MASSAD, 2003).

A ação antrópica vem acelerando o processo de assoreamento por meio dos desmatamentos, que expõe áreas à erosão, como a construção em encostas que, além de desmatar, geram a erosão acelerada devido à declividade do terreno e às técnicas agrícolas inadequadas. Os desmatamentos extensivos promovidos para dar lugar a áreas plantadas e a ocupação do solo, impedem grandes áreas de terrenos de cumprirem seu papel de absorvedor de águas e aumentam a potencialidade do transporte de materiais, devido ao escoamento superficial (BRANCO, 2000).

A mata ciliar é uma proteção natural contra o assoreamento. Sem ela, a erosão das margens leva terra para dentro do rio. A mata ciliar possui grande importância na manutenção de boa qualidade da água, pois reduz a erosão das margens e consequentemente o

assoreamento dos rios, que geram sólidos em suspensão e prejudicam a vida aquática e a qualidade da água para uso e consumo humano (Santos 2008).

Os materiais escoados das bacias hidrográficas antropizadas chegam de forma mais brutal nos corpos d'água das áreas desmatadas, arrastando maiores fragmentos de solo e causando assoreamento mais intenso.

A ausência de mata ciliar nas margens dos corpos hídricos na bacia hidrográfica do rio Gramame tem favorecido a erosão que consequentemente resulta em assoreamento, a exemplo do rio Gramame que, se encontra com um grau de assoreamento bastante elevado, como pode se observar na Figura 29.

O assoreamento tem reduzido à capacidade de armazenamento de água do rio Gramame e, consequentemente, do reservatório Gramame-Mamuaba, além de causar turbidez nas águas, comprometendo a sua qualidade.



Figura 29 – Assoreamento do rio Gramame – Coordenadas UTM: 268.308m E/9.187.810m N, Zona 25, Hemisfério Sul. (Foto: Firmino Manuel Neto, maio, 2013).

### 5.2.1.9 Criação de suínos e bovinos

Entre as atividades de pecuária, a que representa maior risco à contaminação das águas é a suinocultura, devido à grande produção de efluentes altamente poluentes produzidos e lançados ao solo e nos cursos de água sem tratamento prévio (EMBRAPA, 1998).

O impacto dos resíduos animais - estrume - nos sistemas de pastoreio está largamente relacionado com a intensidade da produção. Quanto mais intensivo for o sistema de produção, mas os resíduos animais se tornam um problema potencial.

A criação de suíno causa sérios danos aos recursos hídricos, afetados diretamente pelo poder poluidor dos seus dejetos (BRASIL, 2002). Isto se deve à composição físico-química de tais dejetos, ricos em determinados elementos químicos, como o fósforo (P) (BRASIL, 2002). O lançamento do dejeito em cursos d'água sem tratamento adequado, por sua vez, resulta em impactos negativos para o meio ambiente e para a saúde humana.

Ramos (2011) destaca como principais problemas associados aos dejetos suínos, os seguintes:

- Sua elevada carga orgânica, que reduz o teor de oxigênio dissolvido na água, devido à atividade microbiana aeróbia;
- Alta concentração de nutrientes, como o N e o P, que exigem atenção, pois estes, quando despejados em corpos hídricos podem eutrofizar o meio. Ademais, o nitrogênio pode ser tóxico aos organismos aquáticos quando na forma livre ( $\text{NH}_3$ ) e pode contaminar os aquíferos quando na forma mais oxidada ( $\text{NO}_3$ );
- Alguns metais pesados associados à dieta alimentar dos animais, como o Cu e o Zn, têm sido motivo de maior preocupação, por serem importantes componentes dos suplementos dietéticos das rações e na formulação dos antibióticos (SCHERER; BALDISSERA, 1994). Tais substâncias, uma vez presentes no meio físico podem ser tóxicas aos organismos e quando em águas podem ser bioconcentradas, que é o acúmulo desses poluentes no tecido dos organismos, à medida que avançam na cadeia alimentar.

Como cita o artigo 54 da Lei nº 9605/95, em seu segundo parágrafo, inciso VI, "O despejo, lançamento ou disposição de excrementos de suíno in natura em cursos de água ou mananciais receptores configura, em tese, o crime de poluição hídrica [...]."

Na Comunidade Sítio das Águas, Município de Alhandra, próximo a represa do reservatório, constatou-se a criação de suínos, onde os excrementos desses suínos são arrastados pelas chuvas para a represa do reservatório Gramame-Mamuaba (Figura 30).



Figura 30 – Criação de suínos na margem da represa do reservatório Gramame-Mamuaba – Coordenadas UTM: 283.758m E/9.189.646m N, Zona 25, Hemisfério Sul. (Foto: Firmino Manuel Neto, maio, 2013).

Constatou-se também, que resíduos como, esterco e urina de estábulo são arrastados pelas chuvas para o reservatório. Pode se observar na Figura 31, um estábulo localizado as margens da represa do referido reservatório.



Figura 31 – Estábulo localizado na margem da represa do reservatório – Coordenadas UTM: 284.390m E/9.188.994m N, Zona 25, Hemisfério Sul. (Foto: Firmino Manuel Neto, maio, 2013).

#### 5.2.1.10 Avicultura

A avicultura pode impactar a água de diversas maneiras, estas compreendem desde a incorreta localização e manejo das instalações, até o depósito dos resíduos no solo sem um planejamento, com potenciais riscos de poluição e contaminação das águas subterrâneas e superficiais.

Os poluentes potenciais encontrados em esterco de aves que podem alcançar os corpos de água são, nutrientes minerais, substâncias que demandam oxigênio, materiais em suspensão e patógenos. Pode se observar na Figura 32, instalações de avicultura localizadas na margem da represa do reservatório Gramame-Mamuaba. Os dejetos e substâncias químicas componentes das rações (nomeadamente hormonas) são levados pelo vento e arrastados pelo escoamento superficial para o reservatório, contaminando água e consequentemente comprometendo a qualidade da água.



Figura 32 – Instalação de avicultura na margem do reservatório Gramame-Mamuaba – Coordenadas UTM: 283.594m E/9.190.672m N, Zona 25, Hemisfério Sul. (Foto: Firmino Manuel Neto, maio, 2013).

#### 5.2.1.11 Posto de combustível

A contaminação de águas subterrâneas por vazamentos em postos de combustíveis vem merecendo cada vez mais atenção tanto da população em geral como dos órgãos de controle ambiental.

No que se refere à contaminação de um aquífero por derivados de petróleo, notadamente a gasolina, podem ocorrer grandes transtornos à saúde pública. Mesmo sendo muito pouco solúvel em água, a gasolina derramada, contém mais de uma centena de componentes. Inicialmente ela estará presente no subsolo como líquido de fase não aquosa, e, em contato com a água subterrânea será dissolvida parcialmente (SOUZA *et al.* 2011).

Na Pista do posto de gasolina situado a montante do reservatório Gramame-Mamuaba é comum observar resíduos de combustível derramados. Falta de manutenção do posto pode levar à contaminação dos lençóis freáticos e águas superficiais. A Figura 33 mostra um posto de combustível situado a montante do reservatório Gramame-Mamuaba.



Figura 33 – Posto de combustível a montante do reservatório Gramame-Mamuaba – Coordenadas UTM: 266.857m E/9.181.100m N, Zona 25, Hemisfério Sul. (Foto: Firmino Manuel Neto, maio, 2013).

#### 5.2.1.12 Rodovias

Rodovia de uso contínuo gera danos ambientais, dentre outros a contaminação dos corpos hídricos, em especial pelos produtos perigosos transportados.

Acidentes rodoviários de transporte de cargas podem apresentar um comprometimento ambiental bastante significativo. Isto, associada à frequência dos acidentes e ao local onde os mesmos ocorrem, pode acentuar os riscos ambientais.

Os contaminantes da rodovia são arrastados pelas chuvas para afluentes do rio Gramame, como, graxas, óleos, precipitação de resíduos sólidos, hidrocarbonetos, aldeídos, assim como de outros materiais sólidos, tais como borracha de pneus e lonas de freios, e aqueles caídos de transportadas, e acidentes com cargas potencialmente poluentes. Estes contaminantes têm como destino final o reservatório Gramame /Mamuaba (Figura 34).



Figura 34 – Rodovia PB 030 cortando a bacia hidrográfica do rio Gramame – Coordenadas UTM: 273.813m E/9.181.331m N, Zona 25, Hemisfério Sul. (Foto: Firmino Manuel Neto, maio, 2013).

### 5.3 POTENCIAL POLUIDOR POR FONTE POLUIDORA IDENTIFICADA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GRAMAME

Por meio da aplicação do 2º questionário método Delphi foi avaliado o potencial poluidor de cada fonte poluidora, relacionado com risco de poluição dos corpos hídricos da área de estudo.

De acordo com as respostas dos especialistas e conhecedores da área, o potencial poluidor de cada fonte poluidora identificada na área objeto do estudo está avaliado como mostra a seguir:

- 1 - Usina sucroalcooleira e efluentes industriais (Potencial poluidor muito alto);
- 2 - Lagoa de vinhaça (Potencial poluidor muito alto);
- 3 - Lixão (Potencial poluidor muito alto);
- 4 - Agricultura com uso de fertilizantes e defensivos agrícolas (Potencial poluidor muito alto);
- 5 - Resíduos de aglomerado urbano e rural (Potencial poluidor alto);
- 6 - Bovinocultura intensiva (Potencial poluidor alto);
- 7 - Fertilização com vinhaça (Potencial poluidor alto);
- 8 - Posto de combustível (Potencial poluidor alto);
- 9 - Esgoto doméstico (Potencial poluidor Moderado);
- 10 - Avicultura intensiva (Potencial poluidor Moderado);
- 11 – Suinocultura (Potencial poluidor Moderado);
- 12 – Assoreamento (Potencial poluidor Moderado);
- 13 - Rodovias (Potencial poluidor Moderado) e
- 14 – Irrigação (Potencial poluidor Moderado).

A Tabela 5 mostra como está avaliado o potencial poluidor de cada fonte poluidora identificada na área objeto do estudo.

Tabela 5 – Avaliação do potencial poluidor de cada fonte poluidora identificada na área objeto do estudo

Nº	Fonte poluidora	Potencial poluidor
1	Usina sucroalcooleira e efluentes de indústrias	Muito alto
2	Lagoa de vinhaça	Muito alto
3	Lixão	Muito alto
4	Agricultura com uso de fertilizantes e defensivos agrícolas	Muito alto
5	Resíduos de aglomerado urbano e rural	Alto
6	Bovinocultura intensiva (estábulo)	Alto
7	Fertilização com vinhaça	Alto
8	Posto de combustível	Alto
9	Esgoto doméstico	Moderado
10	Avicultura intensiva (aviário)	Moderado
11	Suinocultura	Moderado
12	Assoreamento	Moderado
13	Rodovias	Moderado
14	Irrigação	Moderado

#### 5.4 POTENCIAL POLUIDOR, RELACIONADO À VULNERABILIDADE AMBIENTAL DA ÁREA DE ESTUDO

Para realização da 3<sup>a</sup> etapa desta pesquisa fui utilizado mapa de vulnerabilidade da área em estudo, elaborado por Pedrosa (2008) ver Figura 28, conforme descrição a seguir:

##### 1) Classe Moderadamente Estável

Ocupando uma área de 13,39 km<sup>2</sup>, ou seja, 5,26% da área de estudo, é a classe que menos se destaca no mapa de vulnerabilidade (Figura 4). Distribui-se nos topo dos tabuleiros e em suas vertentes mais suaves. Os solos que compõem estas áreas são formados por Latossolos, Argissolos e Espodossolos. A cobertura vegetal predominante é formada por núcleos remanescentes de mata, na sua maioria, possíveis reservas legais das propriedades que integram a área de estudo.

## **2) Classe Medianamente Estável/Vulnerável**

As áreas que foram classificadas como medianamente estáveis/vulneráveis ocupam a maior parte da área, cerca de 206,76 km<sup>2</sup> ou 81,26% da área de estudo. Encontram-se nas vertentes, nos topos dos tabuleiros e nas planícies dos rios Gramame e Mamuaba. Os solos que se desenvolveram nestas áreas são formados por Latossolos, Argissolos, Espodossolos e os Neossolos Flúvicos. A cobertura vegetal, na sua maioria, encontra-se descaracterizada, com pequenos núcleos de remanescentes de matas, as vertentes são ocupadas, principalmente, por bambu, cana-de-açúcar, abacaxi e outras culturas anuais.

## **3) Classe Moderadamente Vulnerável**

São as áreas consideradas de moderada vulnerabilidade ocupam cerca de 34,30 km<sup>2</sup>, ou 13,48% da área. Estas áreas estão localizadas nos fundos dos vales em que predominam os Neossolos Flúvicos, e nas vertentes com declividades mais acentuadas, situadas próximas as nascentes dos afluentes dos rios Gramame e Mamuaba, onde se desenvolvem os demais solos da área.

Conforme a Tabela 6, a área estudada apresenta vulnerabilidade Moderadamente estável em 5,26%; Medianamente estável/vulnerável em 81,26%; e Moderadamente vulnerável 13,48%.

Tabela 6 - Vulnerabilidade da bacia hidrográfica do rio Gramame.

Classe de vulnerabilidade	Área	
	(km <sup>2</sup> )	(%)
Moderadamente estável	13,38	5,26%
Medianamente estável/ vulnerável	206,77	81,26%
Moderadamente vulnerável	34,30	13,48%
<b>TOTAL</b>	<b>254,45</b>	<b>100,00%</b>

Na 3<sup>a</sup> etapa desta pesquisa, terceira rodada do Método Delphi, foi avaliado o grau de risco de poluição da água da bacia hidrográfica do rio Gramame, relacionado a fonte poluidora com a vulnerabilidade da área de estudo. O potencial poluidor avaliado de cada fonte poluidora, foi relacionado com o grau de vulnerabilidade, tendo como resultado o grau de risco de contaminação dos corpos hídricos (Tabelas 7 e 8).

De acordo com o resultado da pesquisa nesta etapa, quanto maior a vulnerabilidade, maior será o risco de contaminação dos corpos hídricos, como mostra a Tabela 7.

Tabela 7 – Avaliação do risco de contaminação dos corpos hídricos da área de estudo

Potencial poluidor	Vulnerabilidade	Risco de contaminação
Insignificante (0)	Moderadamente estável	Insignificante
	Medianamente estável/vulnerável	Muito baixo
	Moderadamente vulnerável	Muito baixo
Muito baixo (1)	Moderadamente estável	Muito baixo
	Medianamente estável/vulnerável	Baixo
	Moderadamente vulnerável	Moderado
Baixo (2)	Moderadamente estável	Muito baixo
	Medianamente estável/vulnerável	Baixo
	Moderadamente vulnerável	Moderado
Moderado (3)	Moderadamente estável	Baixo
	Medianamente estável/vulnerável	Moderado
	Moderadamente vulnerável	Alto
Alto (4)	Moderadamente estável	Baixo
	Medianamente estável/vulnerável	Alto
	Moderadamente vulnerável	Alto
Muito alto (5)	Moderadamente estável	Alto
	Medianamente estável/vulnerável	Alto
	Moderadamente vulnerável	Muito alto

A Tabela 8 mostra as áreas de risco de contaminação da bacia hidrográfica do rio Gramame.

Tabela 8 – Áreas de risco de contaminação

Risco de contaminação	Área	
	(km <sup>2</sup> )	(%)
Baixo	1,86	0,73
Moderado	90,41	35,53
Alto	124,68	49,00
Muito alto	37,50	14,74
<b>TOTAL</b>	<b>254,45</b>	<b>100,00</b>

O mapa de risco de contaminação da área foi gerado após o cruzamento da vulnerabilidade natural da área (Figura 16) com o potencial poluidor de cada fonte poluidora, que originou as três classes de risco de contaminação: risco moderado, risco alto, risco muito.

Para elaboração do mapa de risco de contaminação tomou-se como base as grades ponderadas geradas para cada tema, a média aritmética dos valores dos cinco Planos de

Informação – PI (geologia, geomorfologia, pedologia, cobertura vegetal e uso do solo e intensidade pluviométrica), a grade que representa os valores de vulnerabilidade e os valores atribuídos ao risco de contaminação para a área de estudo.

Utilizando para a categoria risco de contaminação, os mesmos valores de vulnerabilidade, realizou-se a conversão da grade numérica, obtendo-se, assim, o mapa de risco de contaminação da área (Figura 35).

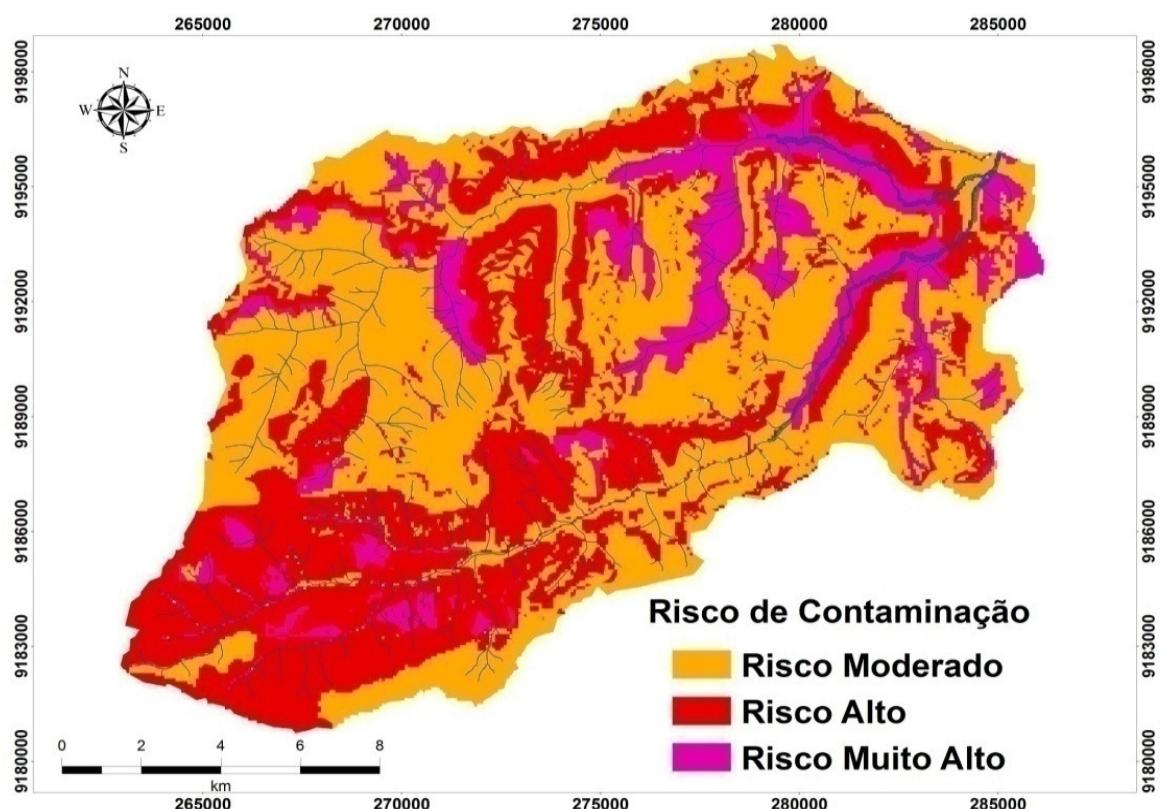


Figura 35 - Mapa de risco de contaminação da área de estudo.

## **6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

As fontes poluidoras identificadas e mapeadas na área da bacia hidrográfica que alimenta o reservatório Gramam-Mamuaba apresentam potencial poluidor, variando de moderado a muito alto. Este potencial poluidor quando relacionado com a vulnerabilidade da área, indica o risco de poluição dos corpos hídricos, que aumenta de acordo com o grau dessa vulnerabilidade.

Com base nos resultados obtidos, este trabalho norteia alguns pontos de partida para pesquisas subsequentes, principalmente no que tange a avaliação do grau de contaminação das fontes poluidoras e os danos destas causados nos corpos hídricos da bacia hidrográfica do rio Gramame, inclusive no reservatório Gramame-Mamuaba, destacando as atividades agrícolas, industriais, postos de combustível e disposições inadequadas de resíduos sólidos. Como também, para um melhor gerenciamento dos recursos hídricos da bacia estudada: preservação e ampliação da área de mata nativa a fim de equilibrar a recarga do aquífero e evitar o escoamento facilitado (runoff) e erosão hídrica, assim como, a exposição direta dos corpos hídricos; controle da qualidade das águas superficiais nas áreas adjacentes aos locais de deposição de resíduos e agregar a questão social da área às informações ambientais já concluídas; e assim, ampliar o estudo do ordenamento do território.

O uso do solo no trecho da bacia que recobre estas áreas se caracteriza por plantações de cana-de-açúcar e culturas de subsistência, as áreas de matas se restringem a possíveis áreas de Reserva Legal. Algumas nascentes e as vertentes dos rios encontram-se na classe de risco muito alto, devido ao despejo de efluentes industriais, lixões e agricultura com uso intensivo de agrotóxicos e de fertilizantes agrícolas.

Nas áreas onde o risco de contaminação torna-se mais evidente, recomenda-se o reflorestamento das matas ciliares, além da implantação de projetos voltados a planos de manejo sustentável, que visem a recuperação da qualidade da água dos corpos hídricos.

O método de Delphi utilizado como ferramenta para obtenção de informações para avaliar o de risco de contaminação das águas superficiais na bacia hidrográfica do rio Gramame, com base no mapa de vulnerabilidade da área em estudo, elaborado anteriormente e as fontes de poluição, detectadas na opinião dos especialistas envolvidos, foi bastante eficiente, pois, deu origem ao mapa de risco de contaminação da área.

A metodologia e ferramentas de análise espacial utilizadas na confecção do mapa de risco da área de estudo apresentaram um resultado bastante satisfatório no que se refere ao produto final. Destaca-se a importância da utilização de SIG, nestes tipos de estudo,

principalmente na facilidade e precisão na confecção dos mapas temáticos e na álgebra de mapas.

## **7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS**

**ABRAHÃO, R.** **Impactos do lançamento de efluentes na qualidade da água do riacho Mussuré.** João Pessoa: UFPB, 2006. 140 p. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente).

**ALMEIDA, J. de C. de.** **A indústria sucroalcooleira-energética e os recursos hídricos:** Rio Santo Antônio Grande, Alagoas. Maceió, 2009. 91 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento, Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Alagoas).

**AMARO, A.** **Consciência e cultura do risco nas organizações.** Territorium, Coimbra, n. 12, p. 5-9, 2005.

**AYACH, L. R.** **Implicações sócio-econômicas e sanitárias na qualidade das águas freáticas da cidade de Anastácio – MS.** 2001. Dissertação (Mestrado em Geografia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul).

**BERRÍOS, M. R.** Aterros sanitários: solução relativa. In: Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 10. **Anais...** . Rio de Janeiro: AGB, 2003.

**BARBOSA, J. A.; SOUZA, E. M.; LIMA FILHO, M. F.; NEUMANN, V. H.** A estratigrafia da Bacia Paraíba: uma reconsideração. **Estudos Geológicos CTG/UFPE**, Recife. v. 13, n. 89 –108, 2004.

**BARBOSA, J. A.** **Evolução da bacia hidrográfica da Paraíba durante o Maastrichtiano-Paleoceno: formações Gramame e Maria Farinha,** NE do Brasil. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2004. 230 p. (Dissertação de Mestrado).

**BARBOSA, J. A.** **Os domínios da bacia hidrográfica da Paraíba.** Universidade Federal de Pernambuco, Salvador, outubro, 2005. Disponível em: <[http://www.portalabpg.org.br/PDPetro/3/trabalhos/IBP0333\\_05.pdf](http://www.portalabpg.org.br/PDPetro/3/trabalhos/IBP0333_05.pdf)>. Acesso em: 26 Fev. 2013.

**BARROS, A. M. de L.** **Aplicação do modelo Moneris à bacia hidrográfica do rio Ipojuca, Pernambuco.** Recife: UFPE, 2008. 193 f. (Dissertação de Mestrado).

BRAGA, H. M. de C. **Producción desperdicio: un estudio sobre la basura de Salvador.** 2000. 156f. Trabajo de investigación (Programa de doctoramiento) - Universidad de Barcelona, Barcelona/Espanha, 2000<sup>a</sup>.

BRAGA, B. *et al.* **Introdução à Engenharia Ambiental.** São Paulo – SP. Ed. Prentice Hall, 2002.

BRANCO, Samuel Murgel. **Meio ambiente em debate.** 31<sup>a</sup>.ed. São Paulo: Editora Moderna Ltda., 2000. p.20-28.

BRASIL. **Lei n.º 9.433, de 08 de janeiro de 1997.** Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 302, de 20 de março de 2002.** Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno (2002a).

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 303, de 20 de março de 2002.** Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente (2002b).

BRASIL, D. M. **Apontamentos sobre o valor do prejuízo ecológico. Alguns parâmetros da suinocultura em Braço do Norte.** 2002. 222 pg. Dissertação (Mestrado em Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis).

BENETTI, A.; BIDONE, F. **O meio ambiente e os recursos hídricos.** IN: TUCCI, C. E. M. Hidrologia: ciência e aplicação. Porto Alegre: Ed. da Universidade/UFRGS/ABRH, 1995. p. 669.

BONETO, R. M. C. G. **Aspectos limnológico-sanitários das águas do rio Caulim na Região Metropolitana de São Paulo.** Universidade de São Paulo - Faculdade de Saúde Pública - São Paulo - SP, 2007.

CÂMARA, G. et al. SPRING: integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modeling. **Computers & Graphics**, v. 20, n. 3, p. 395-403, 1996.

CARVALHO, E. M. de; LEITE, E. F. Perspectivas da avaliação de riscos ambientais em bacias hidrográficas. **Interface**, Edição número 06, maio de 2013.

CARVALHO, G. S. de. **A problemática ambiental e a gestão de recursos hídricos.** Curso de Especialização em Gestão de Recursos Hídricos, UFSC/UFAL Maceió, 2005.

CASTRO, A. L. C. **Manual de planejamento em Defesa Civil.** Brasília: Imprensa Nacional, 1999.

CASTRO, C. M.; PEIXOTO, M. N. O.; RIO, G. A. P. **Riscos ambientais e Geografia: conceituações, abordagens e escalas.** Rio de Janeiro: Anuário do Instituto de Geociências UFRJ, 2005.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO (CMMAD). **Nosso futuro comum.** Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1988.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S. de; HERNANDEZ FILHO, P.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE,V; BARBOSA, C. C. F. **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial.** São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, jun. 2001. 113p.

CRUZ, J. I. da et al. **Detecção de contaminação de solo por vinhaça através de análise de dados de eletrorresistividade.** Revista Brasileira de Geofísica. v. 26, 4. ed., 2008. p. 481-492.

CUTTER S. L. (Org.). **Environmental risks and hazards.** London: Prentice-Hall, 1994

DAGNINO, R. de S.; CARPI JUNIOR, S. Risco ambiental: conceitos e aplicações. **Climatologia e Estudos da Paisagem**, Rio Claro, v. 2, n. 2, julho/dezembro, 2007. p. 50.

DIAMANTINO, C.; HENRIQUES, M.J.; OLIVEIRA, M.M.; LOBO-FERREIRA, J.P. Metodologias de avaliação do risco dos meios hídricos à poluição e sua aplicação a um caso de estudo na China. In: Congresso da Água, 8, 2006, Figueira da Foz/Portugal. **Anais...** Figueira da Foz: Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos, 2006. p. 13-17.

DINIZ, L. T. **Efetivação das metas de qualidade de águas superficiais no Brasil**. Ciência Ambiental da Universidade de São Paulo/SP, 2006.

EGLER, G. A. C. *et al.* **Atlas geográfico do Estado da Paraíba**. João Pessoa. GRAFSET, 1985.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa em Aves e Suínos. Manejo de dejetos de suínos**. Concórdia, 1998. 31p. (Boletim Informativo de Pesquisa, 11).

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. – Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006.

FILGUEIRA, H. J. A. **Os desastres relacionados com os fenômenos naturais no contexto dos sistemas organizacionais**. In: GARCIA, J. P. M. (Org.). Desastres na Paraíba riscos, vulnerabilidade e resiliência. João Pessoa: Editora Universitária da UFPB, 2013. p. 53-63.

FEIJÓ, F. J. Bacia Pernambuco-Paraíba. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, v. 8, n. 1, 1994, p. 143-147.

FRACALANZA, A. P.; SINISGALLI, P. A. A. **Conflitos de uso da água do Reservatório Billings**. In: Pedro Roberto Jacobi. (Org.). Atores e Processos na Governança da Água no Estado de São Paulo. São Paulo: Annablume, 2009.

FERNANDES, G. P. **Aplicação da metodologia Delphi na definição de estratégias de gestão territorial.** Universidade da Madeira, Funchal, julho 2010. Disponível em: <[http://www.apdr.pt/congresso/2010/ACTAS/pag\\_1825\\_a\\_1941 - 19A.pdf](http://www.apdr.pt/congresso/2010/ACTAS/pag_1825_a_1941 - 19A.pdf)>. Acesso em: 15 Jan. 2012.

FREIRE, W. J.; Cortez, L. A. B. **Vinhaça de cana-de-açúcar.** Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária, 2000. 203 p.

FOSTER, S.; HIRATA, R. **Determinação do risco de contaminação de águas subterrâneas:** um método baseado em dados existentes. São Paulo: Instituto Geológico, 1993.

GADELHA, C. L. M.; FILGUEIRA, H. J. A. et. al. **Uso de agrotóxicos nas áreas irrigadas da bacia do rio Gramame no Estado da Paraíba.** In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 21. João Pessoa, 2001. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/brasil21/vi-083.pdf>>. Acesso em: 12 Jul. 2012.

GUERRA, A. T. **Dicionário geológico-geomorfológico.** Rio de Janeiro: IBGE, 1978.

GIOVINAZZO, R. A.; WRIGHT, J. T. C. Delphi - uma ferramenta de apoio ao planejamento prospectivo. **Caderno de Pesquisa em Administração**, São Paulo, v. 01, n. 12, 2º trim., 2000.

GIOVINAZZO, R. A. **Focus Group em Pesquisa Qualitativa.** Artigo, Fundação Escola de Comércio Álvares Penteado FECAP, 2001. p.1. Disponível em: <[http://www.fecap.br/adm\\_online/art24/renata2.htm](http://www.fecap.br/adm_online/art24/renata2.htm)>. Acesso em: 10 Set. 2012.

ISDR. **Living with risk: a global review of disaster reduction initiatives.** New York and Geneva: United Nations, International Strategy for Disaster Reduction. 2004.

LIMA FILHO, M. F. **Análise estratigráfica e estrutural da Bacia Pernambuco.** Universidade de São Paulo, São Paulo, Tese de Doutorado, 1998. 180 p.

LIMA, D. de A. **Avaliação de risco na atividade de espeleoturismo.** Congresso Brasileiro de Espeleologia Barreiras-BA, 32. 11-14 de julho de 2013. Disponível em: <[http://www.cavernas.org.br/anais32cbe/32cbe\\_001-005.pdf](http://www.cavernas.org.br/anais32cbe/32cbe_001-005.pdf)>. Acesso em: 30 Fev. 2014.

LIMA, D. J. de. **Elementos tecnológicos para o aproveitamento da vinhaça.** Araçatuba, SP: Fatec, 2012. 64 p. (Trabalho de Graduação, Faculdade de Tecnologia de Araçatuba).

LIMA, E. R. V.; MOREIRA, E. R. F. **Expansão canavieira e transformações no espaço agrário do município de Santa Rita:** o caso do Núcleo de Urbanização Rural de Lerolândia. Cadernos do LOGEPA Série Monografia, João Pessoa/PB, v. 01, 2002. p. 02-34,

LIMA, W. P.; ZAKIA, M. J. B. **Hidrologia florestal.** In TODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. (Eds.). Matas ciliares: conservação e recuperação. São Paulo: Editora Universidade de São Paulo/FAPESP, 2000. cap. 3. p. 33-44.

LINHARES, F. M. **Vulnerabilidade intrínseca e risco de contaminação do aquífero livre da bacia hidrográfica do Rio Gramame-PB,** João Pessoa, 2012. 91 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental, Centro de Técnologia, Universidade Federal da Paraíba).

LUZ, C. N. **Uso e ocupação do solo e os impactos na qualidade dos recursos hídricos superficiais da bacia do rio Ipitanga.** Salvador, 2009. 131 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana, Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia).

MABESOONE, J. M.; ALHEIROS, M. M. Revisão geológica da faixa sedimentar costeira de Pernambuco, Paraíba e parte do Rio Grande do Norte - base estrutural. **Estudos Geológicos UFPE**, série B, Recife, v. 10, 1991. p.33-44,

Manejo ecológico integrado de bacias hidrográficas no semiárido brasileiro/Organizadores: Ana Paula Trindade Rocha [et. al.]. – Campina Grande: EPGRAF, 2011. V1, 332 p.: il.

MARINHO, A. P. **Contextos e contornos de risco da modernização agrícola em municípios do baixo Jaguaribe-Ce: o espelho do desenvolvimento e seus reflexos na**

**saúde, trabalho e ambiente.** São Paulo, 2010. Tese de Doutorado (Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo).

MARANDOLA JR., E.; HOGAN, D. J. O risco em perspectiva: tendências e abordagens. **Geosul**, Florianópolis, v. 19, n. 38, jul./dez. 2004. p. 25-58.

MARQUES, R. F. de P. V. **Impactos ambientais da disposição de resíduos sólidos urbanos no solo e na água superficial em três municípios de Minas Gerais.** Lavras, 2011. 95 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Lavras).

MASTELLA, A. D. F.; NISHIJIMA, T. Educação Ambiental E Recursos Hídricos: Um Olhar Sobre Santa Maria – RS. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Cascavel, v. 2, n. 2, mar., 2011. p. 142 – 151,

MENDES, C. A. B., CIRILO J. A. **Geoprocessamento em recursos hídricos: princípios, integração e aplicação.** Porto Alegre: ABRH, 2001. 536 p.

MERTEN, G. H.; MIELLA, J. P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual a sobrevivência futura. **Agroecol. e Desenvolv. Sustent.** Porto Alegre, v.3, n 4, out/dez, 2002. Disponível em: <[http://www.emater.tche.br/docs/agroeco/revista/ano3\\_n4/artigo2.pdf](http://www.emater.tche.br/docs/agroeco/revista/ano3_n4/artigo2.pdf)>. Acesso em: 22 Abr. 2013.

MOREIRA, T. de A. **Riscos ambientais e modernização agrícola: o caso da depleção dos Recursos Hídricos em Barreira, BA.** Brasília, 2013. 103 p. Dissertação (Mestrado em Geografia, Departamento de Geografia, Universidade de Brasília).

MORENO, R. A. M. **Estimativa de potencial poluidor nas indústrias: o caso do estado do Rio de Janeiro.** Rio de Janeiro, 2005. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético COPPE/UFRJ).

MOTA, S. **Preservação e conservação de recursos hídricos.** Rio de Janeiro: ABES, 1995.

\_\_\_\_\_. Urbanização e Meio Ambiente. 3. Ed. Rio de Janeiro: ABES, 2003.

NASCIMENTO, W. M. do; VILLAÇA, M. G. Bacias hidrográficas: planejamento e gerenciamento. **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros** – Seção Três Lagoas Três Lagoas – MS – Nº 7 – ano 5, Maio de 2008. Disponível em: <[http://www.cptl.ufms.br/revista-geo/Art507\\_W.Nascimento\\_M.Vila%E7a.pdf](http://www.cptl.ufms.br/revista-geo/Art507_W.Nascimento_M.Vila%E7a.pdf)>. Acesso em: 20 Mai. 2013.

NETO, J. A. L. **Monitoramento de componentes químicos da vinhaça aplicados em diferentes tipos de solo**. Piracicaba: USP-ESALQ, 2008. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo).

NICHIATA, L. Y. I.; BERTOLOZZI, M. R.; TAKAHASHI, R. F. et al. A utilização do conceito “vulnerabilidade” pela enfermagem. **Rev. Latino-am Enfermagem**, 16(5). setembro-outubro, 2008. Disponível em: <[http://www.scielo.br/pdf/rlae/v16n5/pt\\_20.pdf](http://www.scielo.br/pdf/rlae/v16n5/pt_20.pdf)>, Acesso em: 17 Abr. 2014.

OLIVEIRA, C.; MENDES, A. B.; SILVA, E. Quotas leiteiras: aplicação do método Delphi. **Comissão das Comunidades Europeias/Centro de Estudos de Economia Aplicada do Atlântico**, agosto de 2009. (Working Paper n.º 11/2009).

PAGANINI, W. da S. **Poluição difusa e corpos d’água: ação silenciosa e desastres naturais**. In: Conferencia Brasileira de Desastre Naturais, 2013. Disponível em: <<http://www.cbdnat.com.br/trabalhos/20%2003%2013%20-%20Comunica%E7%E3o%203%20-%20Wanderlay%20Paganini.pdf>>. Acesso em: 17 Ago. 2013.

PARAÍBA. Secretaria Extraordinária do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e Minerais. Governo do Estado da Paraíba. **Plano diretor de recursos hídricos da Bacia do rio Gramame**. v.1. João Pessoa: UFPB-SCIENTEC, 2000.

PARAÍBA. SUDEMA. **Atualização do diagnóstico florestal do Estado da Paraíba**. João Pessoa: SUDEMA, 2004. 268 p. 40 mapas.

**PASCOAL, E. A. C. S. Cartografia de risco individual e integrado aplicada ao município de Ribeira Brava.** 2012. 126p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Geográfica, Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências, Departamento de Engenharia Geográfica, Geofísica e Energia. Portugal).

**PEDROSA, E. C. T. Analise de vulnerabilidade ambiental de bacias periurbanas a proteção de reservatórios abastecimento de água:** estudo de caso da bacia do rio Gramame. João Pessoa, 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana, Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba).

**PEREIRA, R. S. Processos que regem a qualidade da água da Lagoa dos Patos, segundo o modelo Delft3D.** 2003. 149 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Oceânica, Fundação Universidade Federal do Rio Grande).

PEREIRA, R. S. Identificação e características das fontes de poluição em sistemas hídricos. **Revista Eletrônica de Recursos Hídricos.** IPH – UFRGS. v. 1, n.1. p. 20-36. 2004. Disponível em: <<http://www.abrh.org.br/informacoes/rerh.pdf>>. Acesso em: 15 Mar. 2013.

**PIRES, R. A.; FERREIRA, O. M. Utilização da vinhaça na bio-fertilização da cultura da cana-de-açúcar: estudo de caso em Goiais.** Goiânia: Universidade Católica de Goiás, Departamento de Engenharia, Engenharia Ambiental, 2008. Disponível em: <[http://www.cgee.org.br/arquivos/bioetanol\\_port.pdf](http://www.cgee.org.br/arquivos/bioetanol_port.pdf)>. Acesso em: 13 Jul. 2013.

**PETRI, S.; FÚLFARO, V. J. Geologia do Brasil.** São Paulo: T. A. Queiroz/EDUSP, 1983. 631 p.

**RAMOS, M. de F. S. Tratamento de águas resíduárias de suinocultura em sistemas alagados construídos: Desempenho e modelagem Hidráulica-Cinética.** Viçosa, 2011, 88 p. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa).

**RESENDE, Á. V. de. Agricultura e qualidade da água: contaminação da água por nitrato. Planaltina: Embrapa Cerrados,** 2002. 29 p. - (Documentos / Embrapa Cerrados, ISSN 1517-5111; n. 57)

RIBAS, P. P.; MATSUMURA, A. T. S. A química dos agrotóxicos: impacto sobre a saúde e meio ambiente. **Revista Liberato**, Novo Hamburgo, v. 10, n. 14, jul./dez. 2009. p. 149-158.

ROCHA, O; PIRES, J. S; SANTOS, J. E. dos. **A bacia hidrográfica como unidade de estudo e planejamento.** In: E. L. G; SILVA, J. S. V; MARINELLI, C. E.; ABDON, M. M. (Org.). A bacia hidrográfica do rio do Monjolinho. Uma abordagem ecossistêmica e a visão interdisciplinar. Espindola, São Carlos: RIMA, 2000. p. 1-25.

SALOMON, K. R. **Ecologia, ambiente e desenvolvimento sustentável.** Brasília: CNPq, 2005.

SANCHEZ, L. H. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos.** São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

SANTOS, D. G.; DOMINGOS, A. F.; GISLER, C. V. T.: Gestão de recursos hídricos na agricultura: O Programa Produtor de Água. In: Manejo e conservação da água no contexto e mudanças ambientais. Reunião Brasileira de Manejo Econservação do Solo e da Água, 17. **Anais...** Rio de Janeiro, 10 a 15 de agosto de 2008.

SANTOS, J. B. *et al.* Análise de áreas para preservação e conservação dos cursos d'água da bacia do Rio Gramame. In: Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 5, 2000, **Anais...** Natal: ABRH, 2000.

SEBRAE. **Resíduos e dejetos.** Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br/setor/agroenergia/o-setor/residuos-e-dejetos/o-que-e>>. Acesso em: 17 Jul. 2013.

SEMAD. Secretario Estadual do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. **Glossário de termos relacionados à gestão de recursos hídricos.** Publicação específica para a I Oficina do Sistema Estadual de Informações sobre Recursos Hídricos. Minas Gerais, 2008. Disponível em: <[http://www.em.ufop.br/ceamb/petamb/caribooost\\_files/glossario\\_20recursos\\_20hidricos.pdf](http://www.em.ufop.br/ceamb/petamb/caribooost_files/glossario_20recursos_20hidricos.pdf)>. Acesso em: 19 Ago. 2013.

SILVA, M. A. S. da. *et al.* Uso de vinhaça e impactos nas propriedades do solo e lençol freático. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 1, 2007. p.108–114.

Sistema Nacional de Informações Tóxico-Farmacológicas. **Estatística anual de casos de intoxicação e envenenamentos: Brasil – 2004**. Disponível em: <<http://www.sinitox.br>>. Acesso em: 17/08/2013

SOUZA, B. P. de; LEITE, A. G.; DIAS, B. L. Postos revendedores de combustíveis e contaminação de águas subterrâneas - prevenção de riscos e Programa de Automonitoramento Ambiental no Estado do Tocantins. **Revista Científica do ITPAC**, v. 4, n. 2., abril, 2011. Disponível em: <<http://www.itpac.br/hotsite/revista/artigos/42/4.pdf>>. Acesso em: 22 Abr. 2013.

SOUZA, E. R. de; FERNANDES, M. R. Sub-bacias hidrográficas: unidades básicas para o planejamento e a gestão sustentáveis das atividades rurais. **Informe Agropecuário**, v. 21, n. 207, nov./dez. 2000. p. 15-20.

SOUZA, S. **Geoprocessamento aplicado à identificação de áreas potenciais à degradação da qualidade da água**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, Departamento de Cartografia, 2008.

SOUZA, S. M. da. **Vulnerabilidade Ambiental do Projeto Piloto de Irrigação Manuel Alves – Dianapólis – Tocantins**. Palmas, 2005, 134 p. Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente, Universidade Federal do Tocantins – UFT).

SUZANO AVENA, R. C. **Construções rodoviárias, bacias hidrográficas, geração de passivos ambientais e riscos associados: O caso da rodovia RJ-165-Paraty-Cunha**. Rio de Janeiro, 2003, 256 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental, Centro de Tecnologia e Ciências. Faculdade de Engenharia. Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente. Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ).

TAGLIANI, C. R. Técnica para avaliação da vulnerabilidade ambiental de ambientes costeiros utilizando um sistema geográfico de informações. In: XI SBRS, Belo Horizonte, MG, **Anais**. 2003. p. 1657-1664,

TAQUEDA D. L. S.; HAUPT, J. P. O. et. al. **A qualidade da água e o uso do solo em áreas urbanas: problemas e soluções.** Escola Politecnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, PHD-2537: Água em Ambientes Urbanos, 2005.

TUCCI, C. E. M. **Modelos hidrológicos.** 2. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2005. 678 p.

TUCCI, C. E. M. **Águas urbanas. Estudos Avançados**, v.22, n.63, 2008. p. 1-16,

TUNDISI, J. G. **Água no Século XXI - Enfrentando a Escassez.** São Carlos: Rima, 2003.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. **Limnologia.** São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 631 p.

VAREJÃO E SILVA, M. A. **Atlas climatológico do Estado da Paraíba.** 2 ed. [S.I.: s.n.], 1987.

VEYRET, Y.; MESCHINET DE RICHEMOND, N. O risco, os riscos. In: VEYRET, Y. (Org.). **Os riscos:** o homem como agressor e vítima do meio ambiente. São Paulo: Contexto, 2007. p. 23-79.

VITO, M. **Avaliação do risco de contaminação de mananciais hídricos para o abastecimento: o caso da bacia da barragem do Descoberto.** Brasília, DF: Universidade de Brasília, 2007. 181p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental).

WILLIAMS, L. R. R.; KAPUTSKA, L. A. Ecosystem vulnerability: a complex interface with technical components. **Environmental Toxicology and Chemistry**. Vol. 19, 2000. p. 1055–1058.

## 8. ANEXOS

### 8.1 ANEXO 1 - QUESTIONÁRIO DO MÉTODO DELPHI – 1<sup>a</sup> RODADA

#### QUESTIONÁRIO DO MÉTODO DELPHI - Nº 01

Marcar com “X” as fontes poluidoras que apresentam risco de contaminação para a bacia hidrográfica do rio Gramame.

Sugestão de fontes poluidoras	Risco de contaminação para os corpos hídricos da bacia	Justificativa
1 – Usina sucroalcoleira		
2 – Lagoa de vinhaça		
3 – Lixão		
4 – Efluentes de indústrias		
5 – Aterro sanitário		
6 – Resíduos de aglomerado urbano e rural		
7 – Esgoto doméstico		
8 – Agricultura com uso de fertilizantes e defensivos agrícolas		
9 – Agricultura tradicional		
10 – Avicultura intensiva (aviário)		
11 – Bovinocultura intensiva (estabulo)		
12 – Bovinocultura intensiva (pastejo)		
13 – Suinocultura		
14 – Assoreamento		
15 – Rodovias		
16 – Fertilização com vinhaça		
17 – Banho		
18 – Irrigação		
19 – Dessedentação animal		
20 – Posto de combustível		
21 – Cemitério		
22 – Agroindústria de farinha		
23 – Balneário		
24 – Minério		

## 8.2 ANEXO 2 - QUESTIONÁRIO DO MÉTODO DELPHI – 2<sup>a</sup> RODADA

### QUESTIONÁRIO DO MÉTODO DELPHI - Nº 02

Atribuir o valor de 0 a 5 para o potencial poluidor, para cada uma das principais fontes hídricos da bacia hidrográfica do rio Gramame.

Fonte poluidora	Potencial poluidor (valor de 0 a 5)					
	0	1	2	3	4	5
1 – Usina sucroalcoleira						
2 – Lagoa de vinhaça						
3 – Lixão						
4 – Efluentes de indústrias						
5 – Resíduos de aglomerado urbano e rural						
6 – Esgoto doméstico						
7 – Agricultura com uso de fertilizantes e defensivos agrícolas						
8 – Avicultura intensiva (aviário)						
9 – Bovinocultura intensiva (estábulo)						
10 – Suinocultura						
11 – Assoreamento						
12 – Rodovias						
13 – Fertilização com vinhaça						
14 – Irrigação						
15 – Posto de combustível						
16 – Minério						

#### OBS.: Equivalência do Potencial poluidor:

INSIGNIFICANTE ( 0 )

MUITO BAIXO (1)

BAIXO (2)

MODERADO (3)

ALTO (4)

MUITO ALTO (5)

### 8.3 ANEXO 3 - QUESTIONÁRIO DO MÉTODO DELPHI – 3<sup>a</sup> RODADA

#### QUESTIONÁRIO DO MÉTODO DELPHI - Nº 03

Atribuir o valor de 0 a 5 para o risco de contaminação considerando o grau do potencial poluidor, relacionado com a vulnerabilidade da área em estudo.

Potencial poluidor	Vulnerabilidade	Risco de contaminação					
		0	1	2	3	4	5
Insignificante (0)	Moderadamente estável						
	Medianamente estável/vulnerável						
	Moderadamente vulnerável						
Muito baixo (1)	Moderadamente estável						
	Medianamente estável/vulnerável						
	Moderadamente vulnerável						
Baixo (2)	Moderadamente estável						
	Medianamente estável/vulnerável						
	Moderadamente vulnerável						
Moderado (3)	Moderadamente estável						
	Medianamente estável/vulnerável						
	Moderadamente vulnerável						
Alto (4)	Moderadamente estável						
	Medianamente estável/vulnerável						
	Moderadamente vulnerável						
Muito alto (5)	Moderadamente estável						
	Medianamente estável/vulnerável						
	Moderadamente vulnerável						

OBS.: Equivalência do grau de risco de contaminação

RISCO INSIGNIFICANTE (0)

RISCO MUITO BAIXO (1)

RISCO BAIXO (2)

RISCO MODERADO (3)

RISCO ALTO (4)

RISCO MUITO ALTO (5)

OBS.: por exemplo, se o potencial poluidor é baixo mais a vulnerabilidade da área onde potencial poluidor está localizado é moderadamente vulnerável, então este potencial poluidor pode passar a ser mais alto?

#### 8.4 ANEXO 4 - CARTA DE APRESENTAÇÃO DO QUESTIONÁRIO DO MÉTODO DELPHI



Universidade Federal da Paraíba  
Centro de Tecnologia  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental



Prezado (a) \_\_\_\_\_

O trabalho de mestrado de **Firmino Manoel Neto** junto ao PPGEAU/ Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental, a área de concentração - Saneamento Ambiental tem como objetivo avaliar o risco de contaminação da água superficial de corpos hídricos da bacia do rio Gramame, no alto e médio curso do rio Gramame, à montante do reservatório Gramame-Mamuaba.

O desenvolvimento do trabalho envolve a aplicação da metodologia DELPHI, para a qual contamos com a sua valiosa colaboração.

Ao final será elaborado um relatório final do processo, também chamado de Conferencia de DELPHI, com estas conclusões e encaminhada cópia para os participantes, ou seja, especialista e/ou pessoa condecorada da área em estudo.

As respostas poderão ser encaminhadas para o email [firminomanoelneto@hotmail.com](mailto:firminomanoelneto@hotmail.com) até o dia \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_\_. Contatos: (83)8821-9237(TIM) /8768-4707(OI) /3231-1644 (Residência) /3218-8143(trabalho).

Agradecemos antecipadamente a sua preciosa atenção e colaboração.

Atenciosamente,

Givanildo Alves de Azeredo

Coordenador do PPGEUA