



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS - UFAL
CENTRO DE TECNOLOGIA - CTEC
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS
HÍDRICOS E SANEAMENTO - PPGRHS**



JEILSON LIMA VIEIRA

**ANÁLISE DE COMPATIBILIDADE ENTRE RISCO E CONTAMINAÇÃO DAS
ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS NA BACIA DO RIO
JACARECICA – MACEIÓ/AL**

**Maceió
2014**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS - UFAL
CENTRO DE TECNOLOGIA - CTEC
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS
HÍDRICOS E SANEAMENTO - PPGRHS**



JEILSON LIMA VIEIRA

**ANÁLISE DE COMPATIBILIDADE ENTRE RISCO E CONTAMINAÇÃO DAS
ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS NA BACIA DO RIO
JACARECICA – MACEIÓ/AL**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Cleuda Custódio Freire.

Maceió
2014

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico
Bibliotecária Responsável: Maria Helena Mendes Lessa

- V665a Vieira, Jeilson Lima.
Análise de compatibilidade entre risco e contaminação das águas superficiais e subterrâneas na bacia do rio Jacarecica – Maceió, AL / Jeilson Lima Vieira. – Maceió, 2014.
90 f. : il. tabs., gráfs.

Orientadora: Cleuda Custódio Freire.
Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento) – Universidade Federal de Alagoas. Centro de Tecnologia. Maceió, 2014.

Bibliografia: f. 86-90.

1. Rio Jacarecica – Maceió, AL. 2. Qualidade da água – Rio Jacarecica.
3. Atividades potencialmente poluidoras – Rio Jacarecica. 4. Análise de risco – Águas – Rio Jacarecica. I. Título.

CDU: 556.388(813.5)



Universidade Federal de Alagoas - UFAL
Centro de Tecnologia - CTEC
Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e
Saneamento – PPGRHS

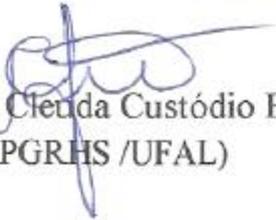


**ANÁLISE DE COMPATIBILIDADE ENTRE RISCO E CONTAMINAÇÃO DAS
ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS NA BACIA DO RIO
JACARECICA – MACEIÓ/AL**

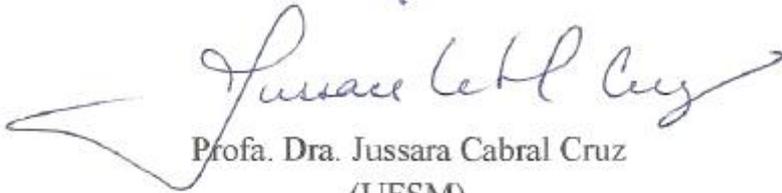
JEILSON LIMA VIEIRA

Dissertação submetida à banca Examinadora do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento da Universidade Federal de Alagoas e aprovada no dia 07 de julho 2014.

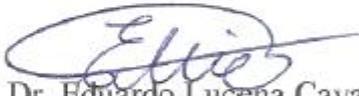
Banca Examinadora:



Profa. Dra. Cleida Custódio Freire
(PPGRHS /UFAL)



Profa. Dra. Jussara Cabral Cruz
(UFSM)



Prof. Dr. Eduardo Lucena Cavalcante de Amorim
(PPGRHS/UFAL)

PPG-RHS/CTEC/UFAL

Dedico este trabalho ao meu filho, para que ele possa viver em um mundo onde o respeito à natureza seja priorizado, e o consumismo desenfreado seja transformado em apenas consumo necessário e que os recursos naturais sejam utilizados moderadamente a fim de que muitos venham a usufruir de seus benefícios.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a minha esposa pela paciência e compreensão, pela minha ausência na família quando da elaboração dessa Dissertação, sendo uma esposa carinhosa e incentivadora, tornando minha caminhada menos árdua e mais confiante.

À minha Orientadora, Professora Dr^a. Cleuda pelos ensinamentos e por me ajudar nas dificuldades encontradas permitindo o aprimoramento dos meus conhecimentos, dando uma grande contribuição para o meu desenvolvimento profissional, mostrando ser uma profissional de alto nível e detentora de grande conhecimento intelectual e moral, criando vínculos de camaradagem e admiração por todos que tem o imenso prazer de fazer parte do seu ciclo de convivência.

Aos meus colegas do Mestrado, pela amizade pacífica e a convivência sem conflitos nesses dois anos de estudos, em especial aos meus amigos Carlos pelo fornecimento de materiais para subsidiar os meus estudos, ao Cledeilson por disponibilizar seu tempo para nos ensinar aquilo que não tínhamos conhecimentos na área de Recursos Hídricos.

Ao meu amigo e colega de turma Denis Duda, especialmente pela excepcional e grande ajuda na disciplina de Hidrologia e na confecção dos mapas de minha dissertação, mostrando ser uma pessoa de caráter irrepreensível e um amigo das horas mais difíceis, disponibilizando grande parte de seu tempo para ajudar os colegas que necessitavam.

Aos meus colegas Alberonaldo, Geisa, Rafaela, Maíra, Henrique e André pela a grande ajuda nas etapas de campo e análise de laboratório.

Ao Laboratório de Saneamento Ambiental do CTEC-UFAL.

Ao PPGRHS pelo apoio prestado ao longo do curso e a todos os professores do Programa.

RESUMO

A alteração do meio em que habitam todos os seres vivos é proporcionada através de grandes interferências. Essas modificações são mais difundidas antropicamente, explicando que o homem é o agente mais transformador que habita a terra. Essas transformações são acentuadas em função de atividades que têm grande poder de contaminação, principalmente quando geram resíduos e os mesmos são lançados em corpos hídricos sem tratamento adequado. Esses lançamentos quando disponibilizados em bacias hidrográficas urbanas geram pressões significativas, acarretando em grandes riscos para os recursos hídricos e consequentemente para a população. A análise de risco aplicada aos mananciais hídricos possibilita a orientação e adequação de atividades potencialmente poluidoras, através do estabelecimento de condicionantes, visando à melhoria da qualidade da água. No entanto, uma questão é colocada: pode-se pressupor que a qualidade da água dos mananciais reflete os resultados indicados na análise de risco da bacia hidrográfica? Partindo deste questionamento, este trabalho teve como objetivo estudar a compatibilidade entre a análise de risco e a contaminação das águas na Bacia Hidrográfica do Rio Jacarecica, localizado na área urbana da cidade de Maceió e que é receptora de águas, através de transposição de bacias. Para tanto, foi utilizado o método qualitativo de análise de risco e em paralelo foram coletadas amostras de água superficial e subterrânea em campanhas de campo, sendo posteriormente analisados vinte e um parâmetros relacionados à qualidade da água. Os dados de campo também foram comparados aos parâmetros lançados pelas atividades potencialmente poluidoras. Nos resultados obtidos, verificou-se que há compatibilidade entre o risco obtido e a qualidade da água em alguns desses parâmetros. Além disso, as análises mostraram que foram ultrapassados limites de qualidade estabelecidos pela legislação brasileira em alguns parâmetros.

Palavras-chave: Rio Jacarecica, qualidade da água, atividades potencialmente poluidoras, análise de risco.

ABSTRACT

Changes to the environment of living beings are a result of large-scale human activities. Such changes are significantly spread by human action once man is the biggest agent regarding the creation of changes in the planet. When human activities generate highly contaminated wastes that are thrown into water bodies without previous treatment they can seriously impact upon the environment. When contaminated wastes are discarded of in urban drainage basins they put excessive pressure on the environment a situation that represents serious risks both for water resources and the population. Risk analysis applied to water sources provides guidance and suitability of potentially polluting activities through of establishment of conditions aimed at improving water quality. However, one question is posed: can be assumed that the water quality of the springs reflects the results indicated in the risk analysis of the watershed? Leaving this question, this work aimed to study the compatibility between the risk analysis and water contamination in Jacarecica River Basin, located in the urban area the city of Maceió and is receiving water through watershed transposition. Therefore, We used the qualitative method of risk analysis and parallel samples were collected of surface and groundwater in field campaigns, and subsequently analyzed compared to the parameters introduced by potentially polluting activities. According to the results, it was found that there is compatibility between the quality achieved and the risk of water in some of these parameters. Furthermore, the analyzes showed that quality limits established by Brazilian legislation were passed. Moreover, it was noticed that the results of analyzes for samples collected showed, relatively few parameters, compatibility with the risk analysis performed.

Key-words: Jacarecica river, water quality, potentially polluting activities, risk analysis.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 – Matriz de Classificação de Níveis de Risco | 19 |
| Figura 2 – Análise de Risco para Recursos Hídricos Proposta por Araujo et. al. (2001) | 23 |
| Figura 3 – Fluxograma com a Sequência das Etapas Realizadas | 26 |
| Figura 4 – Mapa de Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Jacarecica..... | 27 |
| Figura 5 – Encostas na área da bacia do Jacarecica..... | 28 |
| Figura 6 – Lagoa de Captação e Contenção de águas Pluviais no Tabuleiro dos Martins e Graciliano Ramos | 30 |
| Figura 7 – Túnel de Escoamento na Lagoa 3 que Deságua próximo à Nascente do Rio Jacarecica..... | 30 |
| Figura 8 – Tubulação Que Lança Água das Lagoas de Captação de águas Pluviais no Rio Jacarecica..... | 31 |
| Figura 9 – Fontes de Risco de Contaminação às Águas da BH do Rio Jacarecica | 32 |
| Figura 10 – Pontos de Controles Instalados para Coletas de Amostras..... | 33 |
| Figura 11 – Representação do Cruzamento da Frequência (Y) com a Severidade (X) do Dano | 38 |
| Figura 12 – Localização do Distrito Industrial Luiz Cavalcante..... | 39 |
| Figura 13 – Local de Lançamentos das Lagoas de Receptação de águas Pluviais..... | 40 |
| Figura 14 – Gráfico da Quantidade de Indústrias no Distrito Industrial de Maceió..... | 41 |
| Figura 15 – Encosta na Cidade de Maceió que são Ocupadas Irregularmente | 42 |
| Figura 16 – Áreas Na Bacia onde as Ocupações são mais densas..... | 42 |
| Figura 17 – Área de Influência do Ponto de Controle 1 | 43 |
| Figura 18 – Área de Influência do Ponto de Controle 2 | 46 |
| Figura 19 – Gráfico dos Parâmetros Analisados do PC 1 e PC 2 para Água subterrânea | 48 |
| Figura 20 – Gráfico dos Parâmetros Analisados do PC 1 e PC 2 para Água Superficial | 50 |
| Figura 21 – Área de Influência do Ponto de Controle 3 | 50 |
| Figura 22 – Imagem de Satélite da Área Urbanizada no Ponto de Controle 3..... | 52 |
| Figura 23 – Matriz de Classificação de Níveis de Risco para Água Subterrânea no PC 1 | 55 |
| Figura 24 - Atividades com mais risco para água subterrânea no PC 1 | 56 |
| Figura 25 – Matriz de Classificação de Níveis de Risco para Água Superficial no PC 1 | 57 |
| Figura 26 – Atividades com mais risco para água superficial no PC 1 | 58 |
| Figura 27 – Matriz de Classificação de Níveis de Risco para Água Subterrânea no PC 2..... | 60 |
| Figura 28 – Atividades com mais risco para água subterrânea no PC 2 | 61 |
| Figura 29 – Matriz de Classificação de Níveis de Risco para Água Superficial no PC 2 | 62 |
| Figura 30 – Atividades com mais risco para água superficial no PC 2 | 62 |
| Figura 31 – Matriz de Classificação de Níveis de Risco para Água Subterrânea no PC 3..... | 65 |
| Figura 32 – Atividades com mais risco para água subterrânea no PC 3 | 65 |
| Figura 33 – Matriz de Classificação de Níveis de Risco para Água Superficial no PC 3 | 67 |
| Figura 34 – Atividades com mais risco para água subterrânea no PC 3 | 67 |
| Figura 35 – Mapa da Bacia do Jacarecica com a Junção das Áreas de Risco à Contaminação | 68 |
| Figura 36 – Distância do Lançamento da Macrodrenagem para os PCs | 72 |
| Figura 37 – Imagem de Satélite das Áreas Urbanizadas Dentro da Bacia com Maior Risco de Contaminação | 73 |
| Figura 38 – Mapa Comparativo das Áreas de Risco à Contaminação com as Áreas mais Vulneráveis na BH do Jacarecica | 73 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 – Calendário e quantidade de coletas realizadas na área de estudo | 34 |
| Tabela 2 – Parâmetros analisados em campo e em laboratório | 34 |
| Tabela 3 – Valores da Probabilidade ou frequência de Ocorrência de Evento Perigoso | 35 |
| Tabela 4 – Determinação da severidade do dano..... | 36 |
| Tabela 5 – Análise Antecipada de Risco para frequência de lançamento | 36 |
| Tabela 6 – Análise Antecipada de Risco para severidade dos danos | 37 |
| Tabela 7 – Valores dos Parâmetros analisados para água subterrânea no PC 1 | 44 |
| Tabela 8 – Valores dos Parâmetros analisados para água superficial no PC 1..... | 45 |
| Tabela 9 – Valores dos Parâmetros analisados para água subterrânea em 9 coletas no ponto de controle 2 | 47 |
| Tabela 10 – Valores dos Parâmetros analisados para água superficial em 9 coletas para o ponto de controle 2..... | 49 |
| Tabela 11 – Valores dos Parâmetros analisados para água Subterrânea no PC3..... | 51 |
| Tabela 12 – Valores dos Parâmetros analisados no PC 3 para água superficial..... | 53 |
| Tabela 13– Frequência de lançamento de efluentes para Água subterrânea na Área de Influência do PC1 | 54 |
| Tabela 14 – Severidade dos Danos na área de Influência do PC 1 para água subterrânea | 55 |
| Tabela 15 – Frequência de lançamento de efluentes para Água superficial na Área de Influência do PC1 | 56 |
| Tabela 16 – Severidade dos Danos na área de Influência do PC 1 para água superficial. | 57 |
| Tabela 17– Frequência de lançamento de efluentes para Água subterrânea na Área de Influência do PC2 | 59 |
| Tabela 18 – Severidade dos Danos na área de Influência do PC 2 para água subterrânea | 59 |
| Tabela 19 – Frequência de lançamento de efluentes para Água superficial na Área de Influência do PC 2 | 61 |
| Tabela 20 – Severidade dos Danos na área de Influência do PC 2 para água superficial. | 61 |
| Tabela 21– Frequência de lançamento de efluentes para Água subterrânea na Área de Influência do PC3 | 63 |
| Tabela 22 – Severidade dos Danos na área de Influência no PC 3 para água subterrânea | 64 |
| Tabela 23 - Frequência de lançamento de efluentes para Água superficial na Área de Influência do PC 3 | 66 |
| Tabela 24 – Severidade dos Danos da área de Influência no PC 3 para água superficial | 66 |
| Tabela 25 – Valores dos Parâmetros das Empresas | 69 |
| Tabela 26 – Parâmetros estabelecidos pela legislação Brasileira | 70 |
| Tabela 27 – Parâmetros Analisados no Ponto de Controle 1 para Água superficial..... | 71 |
| Tabela 28 – Parâmetros Analisados no Ponto de Controle 1 para Água subterrânea | 71 |
| Tabela 29– Fósforo e DBO5 com valores acima do permitido nos Pontos de Controle Para água subterrânea..... | 75 |
| Tabela 29– Fósforo e DBO5 com valores acima do permitido nos Pontos de controle Para água superficial | 75 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|--|----|
| Quadro 1 – Categoria e descrição da frequência dos impactos | 37 |
| Quadro 2 – Grau de Severidade e categoria do risco | 37 |
| Quadro 3 – Níveis e Categoria de Risco | 37 |
| Quadro 4 – População acumulada e destino final dos efluentes domésticos nas áreas de influência dos pontos de controle | 39 |

SUMÁRIO

| | | |
|------------|--|----|
| 1 | INTRODUÇÃO | 12 |
| 2 | OBJETIVOS | 14 |
| 2.1 | Objetivo geral | 14 |
| 2.2 | Objetivos específicos | 14 |
| 3 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 15 |
| 3.1 | Perigo de contaminação | 15 |
| 3.2 | Análise de risco | 15 |
| 3.2.1 | Análise qualitativa de risco..... | 18 |
| 3.2.2 | Análise quantitativa de risco..... | 19 |
| 3.3 | Modelo de análise de risco | 20 |
| 3.4 | Qualidade da água | 24 |
| 4 | MATERIAL E MÉTODO | 26 |
| 4.1 | Caracterização da área | 27 |
| 4.1.1 | Macrodrenagem em áreas urbanas | 29 |
| 4.2 | Identificação dos perigos que podem causar contaminação | 31 |
| 4.3 | Análise da qualidade da água superficial e subterrânea | 32 |
| 4.4 | Estimativa do risco de contaminação | 34 |
| 5 | RESULTADO E DISCUSSÕES | 39 |
| 5.1 | Identificação das fontes perigosas e análise da qualidade da água por PC | 39 |
| 5.1.1 | Ponto de controle 1 – PC 1 | 43 |
| 5.1.2 | Ponto de controle 2 – PC 2 | 46 |
| 5.1.3 | Ponto de controle 3 – PC 3 | 50 |
| 5.2 | Análise de risco na BH do Jacarecica | 53 |
| | Ponto de controle 1- PC1 | 54 |
| | Águas subterrâneas..... | 54 |
| | Água superficial | 56 |
| | Ponto de controle 2 – PC 2 | 58 |
| | Água subterrânea..... | 58 |
| | Água superficial | 61 |
| | Ponto de controle 3 – PC 3 | 63 |
| | Água subterrânea..... | 63 |
| | Água superficial | 66 |
| 5.3 | Comparação dos parâmetros coletados nos pontos de controle com os parâmetros das dez atividades potencialmente poluidoras informados pelos órgãos governamentais perfazendo um total de 74 % das empresas que fazem efluentes. 68 | |
| 5.4 | Comparação do mapa de risco com o mapa de vulnerabilidade. | 72 |
| 5.4.1 | Análise de risco <i>versus</i> vulnerabilidade do aquífero..... | 72 |
| 5.4.2 | Comparativo das áreas de risco com as áreas vulneráveis da bacia..... | 73 |
| 5.5 | Compatibilidade da análise de risco com os dados coletados em campo | 75 |
| 6 | CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES | 77 |
| 6.1 | Conclusões | 77 |
| 6.2 | Recomendações | 80 |
| 7 | CONSIDERAÇÕES FINAIS | 81 |
| | REFERÊNCIAS | 82 |

1 INTRODUÇÃO

O processo de crescimento desordenado de uso e ocupação do solo tem causado grandes impactos nos recursos naturais, em especial aos recursos hídricos. O crescimento populacional e migração para os grandes centros tem sido um dos principais motivos de escassez de água no mundo (TUNDISI, 2006).

O uso intensificado de água por indústrias, além da crescente demanda por todos os setores tais como os domésticos, comerciais e industriais tem causado problemas de diversas ordens. Um dos mais graves é a contaminação através do lançamento de efluentes com ou sem tratamento, pois o rio pode não apresentar a capacidade de suportar a carga excessiva acumulada.

O esgotamento dos recursos hídricos tornou-se uma realidade em vários locais no mundo todo, de modo que algumas regiões de vários países já sofrem com o problema. Embora se viva em um planeta onde esse líquido precioso é abundante, boa parte dele não está disponível para as necessidades humanas, tornando imprescindível o uso racional através de programas que gerenciem esses recursos de forma a conservá-lo. Devido ao ciclo natural das águas, esse importante recurso não deveria se esgotar, mas a intervenção humana modifica substancialmente seu ciclo, tornando-a indisponível em algumas áreas.

Os recursos hídricos são estrategicamente cobiçados. Alguns países, como é o caso do Brasil, utiliza-o como parte da matriz energética disponível, contribuindo ainda mais para os impactos negativos. As barragens afetam diretamente populações e ecossistemas aquáticos e terrestres, modificando todo ambiente natural em seus limites (TUNDISI, 2006).

A contaminação da água é um dos fatores responsáveis pela sua escassez para alguns tipos de uso. A falta de consciência na utilização dos recursos hídricos tem gerado problemas graves, principalmente em regiões onde a água não flui em abundância, gerando conflitos entre aqueles que dependem dela para atender suas necessidades.

Por outro lado, a reutilização da água deve ser estimulada, pois além de reduzir o consumo, pode contribuir para a melhoria da qualidade das águas, evitando lançamentos em bacias, na maioria das vezes com cargas de contaminantes inadequadas. Cargas estas que ajudam a proliferar doenças de veiculação hídrica agravando os problemas de saúde principalmente em localidades onde os índices de pobreza e miséria são mais acentuados.

Em países subdesenvolvidos e em desenvolvimento os problemas são mais graves, bacias urbanas são utilizadas como as principais receptoras de todo tipo de dejetos, sejam eles

oriundos das indústrias ou dos esgotos domésticos, os problemas de contaminação nesses países são mais graves.

O uso e ocupação do solo, sem critérios nos grandes centros tem dado sua parcela de contribuição para os impactos negativos em bacias urbanas. Esse fator coloca em risco águas disponíveis principalmente para o consumo humano (TUNDISI, 2006).

Uma dessas bacias urbanas está localizada em Maceió capital do Estado de Alagoas. Essa bacia enfrenta diversos processos impactantes em suas limitações, tanto para água superficial como para água subterrânea,

A bacia do rio Jacarecica que faz parte da Região Hidrográfica do Pratygy vem sofrendo com diversos processos impactantes em suas águas, Souza (2012), Silva (2011), Sá Filho (2010) e Nobre (2006), enfocam em seus trabalhos vários impactos nessa localidade e nas proximidades. As diversas atividades antrópicas que interferem no processo natural da bacia vêm contribuindo para agravar o problema da disponibilidade hídrica na capital alagoana (NOBRE, 2006).

Os despejos de efluentes nessa bacia são crescentes, mais habitações que lançam dejetos em suas águas vêm sendo construídas ao longo dos anos, empreendimentos industriais também têm sido fomentados nas proximidades da bacia, contribuindo para o aumento de cargas lançadas na área (NOBRE, 2006).

Alguns estudos como os de Silva (2011) e Ferreira Neto et al. (2002) enfocam que grande parte dos recursos hídricos consumidos pela população de Maceió é de origem subterrânea, que tem suas projeções de escassez enfatizadas nesses estudos.

Portanto se faz necessário que bacias hidrográficas localizadas em Maceió sejam melhor utilizadas e revitalizadas para aumentar a disponibilidade hídrica na capital, caso contrário com o crescimento da população, futuramente poderá culminar em problema de escassez tanto de água subterrânea como de água superficial. (FERREIRA NETO et al. 2002).

Todos esses fatos contribuem para a redução da disponibilidade hídrica e contaminação das águas na cidade de Maceió, em especial na Bacia do Jacarecica, pondo em risco suas águas e a população que dela faz uso.

A realização de uma análise de risco de contaminação em bacias urbanas pode contribuir com a identificação de problemas que ocorrem nessas bacias, e também fomentar propostas de melhorias de utilização dos recursos hídricos, subsidiando o desenvolvimento de programas que efetivamente sejam implantados a fim de apoiar decisões, indicar a formação de diretrizes e com isso conservar esse estratégico recurso.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O objetivo principal dessa pesquisa é analisar a compatibilidade entre risco e contaminação das águas superficiais e subterrâneas na bacia do rio Jacarecica – Maceió/AL.

2.2 Objetivos específicos

- Identificar os perigos de contaminação, com potencial de risco às águas superficiais e subterrâneas na bacia do rio Jacarecica;
- Analisar a qualidade da água superficial e subterrânea em pontos de controle na Bacia do rio Jacarecica;
- Estimar o risco de contaminação, através da combinação entre a probabilidade de ocorrência de um evento perigoso e a gravidade do dano na localidade;
- Analisar, comparativamente, os riscos obtidos com os dados coletados em campo;
- Comparar os riscos oriundos de diversas atividades às áreas mais vulneráveis de contaminação das águas subterrâneas na Bacia.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Risco de contaminação

Qualquer situação que tenha potencial para causar dano, lesão, doença ou avaria é considerada um perigo (SILVEIRA e GARRET, 2013). Partindo desta definição, várias atividades desenvolvidas, especialmente em bacias urbanas, podem ser consideradas como perigosas aos recursos hídricos superficiais e/ou subterrâneos.

Atividades comerciais e industriais possivelmente estão dentro das atividades que mais contribuem com danos significativos aos recursos hídricos. Podem causar contaminação tanto às águas superficiais como às águas subterrâneas, impactando negativamente no meio aquoso e abranger, a partir dos seus reflexos, as populações que se utilizam dessa água. Os lançamentos de efluentes domésticos também dão sua contribuição na contaminação dos recursos hídricos (HAMDAN e RADY, 2013).

Dos potenciais danos que essas atividades podem causar, destacam-se a contaminação por lançamento de efluentes que chega muitas vezes a indisponibilizar a água para consumo humano, além da utilização irregular dos recursos hídricos e, caso a água contaminada seja consumida pela população, acarretar em risco para a saúde das pessoas (TUNDISI, 2006).

3.2 Análise de risco

A sobrevivência de seres vivos é amparada por sua perspicácia em sistematizar e aprender com as técnicas utilizadas para diversos fins. A habilidade em observar e evitar condições ambientais adversas é necessária à manutenção de suas vidas. Dentre todos esses seres vivos, o ser humano possui uma capacidade adicional que o permite alterar o meio ambiente e ir se readaptando a sua nova condição. Esta capacidade tanto ajuda a criar, aumentar como a diminuir riscos (NOBRE, 2006).

A análise de risco trata do processo de decisão que tem a incumbência de decidir se os riscos existentes são toleráveis e se as medidas efetivas de controle dos riscos são adequadas e caso a resposta seja negativa, se as medidas alternativas de controle do risco são justificáveis (ZUFFO, P. 56, 2010).

A análise de risco fornece mecanismos para estimar as chances de ocorrência de um dado evento e suas consequências. A análise fornece antecipadamente ferramentas capazes de estimar quais serão os perigos existentes em determinadas localidades. A avaliação de risco nos informa quais atividades tem maior potencial para causar danos ao meio.

A análise de risco ainda fornece meios e ferramentas para estimar as chances de ocorrência de um dado evento e suas consequências. Também fornece instrumentos capazes de estimar quais serão os riscos após a realização das análises. A avaliação de risco informa quais medidas mitigadoras deverão ser implantadas. Portanto, é uma ferramenta de auxílio à tomada de decisão, que ajuda a compreender quais os riscos que determinadas atividades oferecem. (ANCOLD apud DAUGHNEY et al. 2012).

Portanto, a análise de risco é uma ferramenta de auxílio à tomada de decisão, que ajuda a compreender quais os riscos que determinados perigos ou atividades ofertam ao ambiente (BETANCUR et al., 2013).

Baun et al. (2013) enfatizam que a análise de risco passa por diversos processos, tendo uma aplicação sistemática com políticas, procedimentos e práticas voltadas para a identificação, análise, apreciação, avaliação, mitigação e controle do risco. A aplicação da análise de risco é um auxílio no gerenciamento de áreas que são mais susceptíveis à contaminação por atividades antrópicas. Contudo, a avaliação de risco é extremamente importante, mas a minimização do risco é o objetivo principal.

A literatura tem tratado risco e perigo de forma diferenciada, alguns autores entendem que o risco é o primeiro estágio em que alguma atividade pode oferecer dano ao meio, outros estimam que o perigo já venha em primeiro plano, estabelecendo que algumas atividades são perigosas pondo em risco o ambiente e pessoas em suas proximidades.

Segundo Silveira e Garret (2013), o risco provém da combinação entre a probabilidade da ocorrência de um evento perigoso e a gravidade que o dano ou prejuízo pode provocar, caso esse evento venha a ocorrer. Já Choi e Park (2013) esclarecem que risco é a probabilidade de dano ou perda de características importantes de determinado ambiente, ou seja, é capacidade de uma ação intervir danosamente, podendo acarretar em perdas significativas para o meio natural ou antrópico.

Jarvie e Withers (2011) explicam que risco é caracterizado quando atividades humanas não estabelecem critérios para lançamentos de seus rejeitos podendo ser líquidos ou sólidos, implicando em uma série de situações de perigo para comunidades próximas aos lançamentos, estabelecendo riscos de contaminação inaceitáveis não apenas para a população, mas também para o ambiente natural.

Em relação aos recursos hídricos, Nobre (2006, p. 15) entende que o risco está ligado à probabilidade de uma população consumir águas impactadas por fontes potenciais de

contaminação, e que essas fontes representam situações de perigo iminente principalmente se seus lançamentos são expostos nos recursos hídricos sem tratamento.

Os riscos estão ligados intrinsecamente às atividades que desenvolvem potenciais de contaminação. Segundo Hamdan e Rady (2013), a implantação de atividades que possam causar qualquer tipo de risco, obrigatoriamente deve lançar mão preventivamente de uma ferramenta indispensável que é a análise de risco antecipada. Essa ferramenta dotada de cunho científico serve para subsidiar as tomadas de decisões relacionadas à atividade. Esclarece ainda que a análise de risco é, portanto, um subsídio para a teoria da decisão, sua importância e utilidade é derivada de suas aplicações e do sucesso da resolução das decisões envolvidas.

O uso de tecnologia tem permitido cada vez mais identificar antecipadamente riscos iminentes advindo de diversas atividades. Seth (2007) explica que técnicas modernas permitem uma avaliação mais criteriosa, estabelecendo mais nitidez na percepção dos riscos que as atividades desenvolvem. Essas tecnologias são ferramentas importantes para identificar e qualificar riscos em potencial. Segundo a mesma autora, os riscos que possuem probabilidades de consequências catastróficas, têm como resultado perdas significativas, mas podem ter seus efeitos minimizados se as ferramentas tecnológicas forem usadas para avaliar riscos.

O risco é representado através de situações de perigo, como atividades potencialmente poluidoras. Algumas legislações relacionadas podem ser utilizadas como referência para a identificação do perigo e consequente risco de contaminação, tais como, Resolução CONAMA 237/97 e a Lei 6.787/06 do Estado de Alagoas que tratam do licenciamento ambiental dessas atividades e estabelecem critérios para o seu funcionamento, caracterizando-as como atividades que possam causar algum dano aos ambientes antrópicos e naturais pondo em risco populações e ecossistemas.

De certa forma, tem-se uma ideia de campos variados do risco, de tal forma que na solução de sua percepção entram conceitos múltiplos tais como, controle, potencial catastrófico, equidade e ameaça às gerações futuras (ZUFFO, 2010).

Pode-se entender que existe uma linha tênue entre risco e perigo. Para Zuffo (2010) os riscos são intrínsecos às atividades exercidas pelo homem, o qual ela chama de “risco social”, conjecturando que não há risco sem uma população ou indivíduo que o perceba e que possa sofrer seus efeitos.

Choi e Park (2013, p. 3) entendem que a identificação do perigo é resultado de uma avaliação de risco criteriosa estabelecendo parâmetros singulares das características levantadas de cada área estudada.

Entende-se que se têm riscos tanto de atividades antrópicas como também advindos de causas naturais, e se corrobora com Zuffo (2010) quando se estabelece uma possível relação de perda e dano quando é feita uma avaliação de risco de determinadas áreas.

Choi e Park (2013) entendem que o perigo é estabelecido após a avaliação de risco, isso significa que após identificar as atividades que proporcionam riscos a determinado ambiente, se estabelece quais os produtos resultantes dessa atividade são perigosos para o ambiente natural e o ambiente antrópico.

Silveira e Garret (2013) esclarecem que o perigo vem antes da avaliação de risco, porque primeiro se identifica quais os eventuais perigos existentes em uma determinada localidade, para logo após essa identificação avaliar quais os riscos são oferecidos à população e ao meio.

As atividades que iminentemente oferecem riscos de degradação estão cada dia mais acentuadas nos encaves urbanos, havendo uma tímida migração para áreas menos urbanizadas. Isso é explicado principalmente pelas estruturas que os grandes centros urbanos oferecem tais como, transportes, rodovias, ferrovias, portos e aeroportos, com a saturação das áreas mais urbanizadas as pequenas cidades estão criando estruturas para comportar essas atividades (TUNDISI 2006).

Neste trabalho foi utilizado o entendimento de Silveira e Garret (2013). Foram identificadas as fontes de potenciais perigos para a Bacia do Jacarecica e em seguida estabeleceu-se os riscos que essas atividades podem proporcionar à Bacia, ou seja, expõe-se o perigo e logo após cruza-se com o risco oferecido através da gravidade do dano.

A análise de risco consiste, portanto, no processo de estimativa da magnitude do risco através da identificação dos perigos, que pode ser realizado por dois métodos, qualitativo e quantitativo (BAUN et al. 2013).

3.2.1 Análise qualitativa de risco

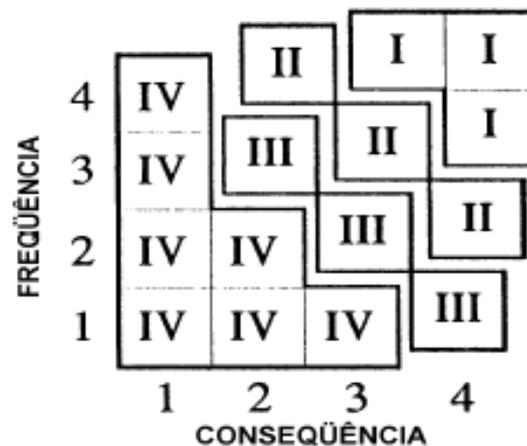
A análise qualitativa é o processo de avaliação do impacto e probabilidade de riscos identificados. Neste processo os riscos são priorizados de acordo com os seus potenciais efeitos. Nesta análise a probabilidade e consequência de risco podem ser descritas a partir de termos qualitativos, como: muito alta, alta, moderada, baixa e muito baixa. Levando em consideração que probabilidade é a chance de que um determinado risco ocorra e que a

consequência do risco, é o efeito causado, caso o risco ocorra. A análise de risco com base em probabilidade e consequência permite identificar os riscos em que se deve agir de forma mais agressiva (PEDRO, 2006).

Uma matriz de classificação da probabilidade de risco/impacto pode ser elaborada. A probabilidade/frequência pode ser concebida de acordo com a chance de ocorrência do evento (risco), podendo ser na escala de 0 (não há chance de ocorrer) a 1 (certamente ocorrerá). No caso de impacto oriundo de risco, a referência se dá de acordo com a severidade do seu efeito (a severidade será estabelecida de acordo com o efeito que há caso o risco ocorra). (CARVALHO e MELO, 2010).

Combinações de probabilidade (Frequência com que ocorre) e impactos (severidade) serão, então obtidas, de forma que resultem para cada abordagem uma classificação de níveis de risco, que pode ser alto I, moderado II, mínimo III e baixo IV conforme Figura 1.

Figura 1 – Matriz de Classificação de níveis de Risco



Fonte: Araujo et al. (2001).

3.2.2 Análise quantitativa de risco

O método quantitativo se baseia na análise numérica da probabilidade de ocorrência de cada risco e sua respectiva consequência. Neste processo são utilizadas técnicas como a simulação de Monte Carlo na tomada de decisão, com os seguintes propósitos:

- Determinar a probabilidade de se conquistar um objetivo;
- Quantificar a exposição do risco;
- Identificar riscos que requeiram maior atenção, quantificando sua contribuição relativa;

- Identificar custo, cronograma ou objetivos de escopo realístico e alcançável.

As análises qualitativas e quantitativas de risco podem ser utilizadas juntas ou separadamente. Deve-se, no entanto, ter sempre em foco a necessidade de atualização da análise executada, visto que alterações podem ocorrer e provocar mudanças significativas nos resultados. Neste trabalho foi utilizada apenas a análise de risco qualitativa.

3.3 Modelos de análise de risco a contaminação

A mensuração dos riscos em determinada localidade está ligada diretamente aos métodos e modelos adotados para uma precisa análise sistemática dos riscos. A adoção desses modelos pode levar a avaliações extremamente complexas, Andersen et al. (2001) dizem que para uma avaliação de risco é necessário utilizar um modelo adequado de análise de risco diante da complexidade de estruturas construídas e do ambiente em volta.

Utilizar modelos avaliativos de riscos é fundamental para realização de ações, entretanto diferentes atividades e diferentes ambientes requerem modelos distintos de avaliação, os quais devem ser adaptados para diferentes trabalhos. Não se pode utilizar dos mesmos métodos avaliativos de risco para atividades distintas. A exemplo, a avaliação de riscos de uma atividade nuclear deve ser completamente distinta de uma avaliação de um polo industrial em um centro urbano, os riscos dessas atividades distintas proporcionam impactos diferentes para a população e para o ambiente (NOBRE, 2010).

Casali (2011) justifica a avaliação de risco de diferentes atividades como sendo avaliações singulares, porque atividades que produzem utensílios de plásticos utilizam matérias primas distintas de atividades que produzem móveis ou alimentos por exemplo. Portanto seus resíduos tanto líquidos como sólidos são diferentes de outras atividades, isso significa que métodos avaliativos de risco devem ser diferentes para atividades distintas.

O uso de análises de risco para estabelecer propostas de minimização de risco no setor hídrico começou em 1991. Adotou-se uma metodologia de avaliação de risco mais sistematizada e voltada às questões de engenharia e de avaliação econômica de projetos, com fins de reduzir os estragos causados pelas inundações. Posteriormente, reconheceu-se que análises que propõem reduções nos impactos negativos são como um investimento, pois reduzem os custos de medidas mitigadoras, além do custo das perdas associadas (HARRALD et al., 2006 *apud* ZUFFO, 2010).

Diferentes modelos de análise são utilizados para quantificar e qualificar os riscos que determinadas atividades exercem sobre qualquer meio. Um desses métodos é baseado em

superposição e indexação, sobretudo com a combinação de mapas gerados com interpretação qualitativa recebendo pesos a depender do estudo realizado. Pertencem a esse método a caracterização de atributos numéricos dados através de notas na caracterização de cada atributo, baseado na quantificação ou qualidade. O resultado final desse método é um mapa com indicação de diferentes classes de área de risco.

Segundo Nobre (2010) esses métodos de superposição e indexação foram os primeiros a serem utilizados e ainda são os de maior preferência nos diversos estudos de avaliação de risco na área de recursos hídricos. O método está baseado em Sistemas de Informações Geográficas para manipulação, tratamento e operações de informações espaciais.

Já os métodos determinísticos estão baseados em modelos matemáticos que utilizam equações para simular o carreamento de contaminantes nos recursos hídricos (BEM-DIA, 2010).

Os métodos estatísticos usam associações com áreas na qual já houve algum tipo de contaminação, procurando comparar os diferentes problemas na ocorrência para obtenção de dados analíticos comparativos e observar o comportamento dos contaminantes em áreas distintas ou com características iguais. Conforme Gaganis e Smith (2001), esses métodos têm em seus componentes várias incertezas tendo maior aplicabilidade nas análises de vulnerabilidades de aquíferos onde são usados com maior decisão.

Utiliza-se também do método de simulação baseado em processos físicos, esse método adota soluções numéricas e analíticas para resolver equações matemáticas que simula o transporte unidimensional do contaminante passando por complexidade em modelos tridimensionais multifásicos. A inexistência de dados disponíveis em escala regional e o elevado esforço computacional necessário para o uso desse modelo restringem o seu uso em escalas maiores, sendo mais usual em escalas a níveis locais (ZUFFO, 2010).

Outro modelo bastante usado para análise de risco de contaminação segundo Bem-Dia et al. (2010), compreende um sistema organizado através de padrão de avaliação dos tipos de risco. Esse modelo utiliza informações inerentes à localidade como características físicas tais como litologia, batimetria, declividade e outras características intrínsecas à área estudada. Esse método se utiliza basicamente de planos de informações através de pesos e notas com atributos de índices numéricos obtendo classes de risco através das magnitudes dos impactos. Este método tem limitações a exemplo de não poder ser utilizado em escalas pequenas.

O modelo foi criado para basicamente identificar áreas com mais probabilidades de ocorrência de contaminantes, no intuito de auxiliar pesquisadores a dar um descarte adequado

aos resíduos gerados por diversas atividades. Este modelo também é indicado para áreas que possam ser protegidas, como por exemplo, em mananciais, e áreas que possam ter seus recursos naturais explorados a exemplo das águas subterrâneas ou superficiais (BEM-DIA, 2010).

Em águas superficiais, por não terem as mesmas características de proteção inerentes às águas subterrâneas, nos modelos de avaliação de risco em que são submetidos pesos e notas, têm seus valores atribuídos com maior proporção considerando as características distintas de cada ambiente.

Campos e Cutrim (2010) aplicaram o método POSH (*Originand its surcharge Hydraulically*) para análise da vulnerabilidade e perigo à contaminação de aquíferos na cidade de Rondonópolis -MT.

Segundo D'elia et al. (2002), o método POSH consiste em elencar e classificar as fontes de potenciais contaminantes em três níveis qualitativos de geração de carga contaminante que são eles, reduzidas, moderadas e elevadas, levando em consideração o tipo de atividade, sua capacidade de geração de contaminantes e a carga hidráulica receptora.

Oliveira (2011) explica que o método POSH possibilita a realização de modelagem através do geoprocessamento utilizando ferramentas de GIS (*Geographic Information system*), possibilitando sua sistematização.

Relata Gomes (2008) que POSH é uma técnica desenvolvida que tem como princípio a classificação dos riscos de contaminação das águas conforme as atividades existentes, considerando os despejos potenciais no corpo receptor e sua forma de tratamento no qual pode resultar em maior ou menor valor de contaminação.

Foster e Hirata (2002) esclarecem que para avaliação de perigo de corpos hídricos, o método POSH envolve análise espacial integrada entre as principais fontes de contaminantes e áreas receptoras. Explica ainda que, os casos mais preocupantes são aqueles em que as atividades capazes de gerar elevadas quantidades de contaminantes, ocorrem em uma área de extrema vulnerabilidade.

Conforme Gomes (2008) esse método pode variar acrescentando adaptações para análise de corpos hídricos. Essas adaptações consistem em acrescentar outras variáveis que visem qualificar ainda mais as atividades de potenciais contaminantes.

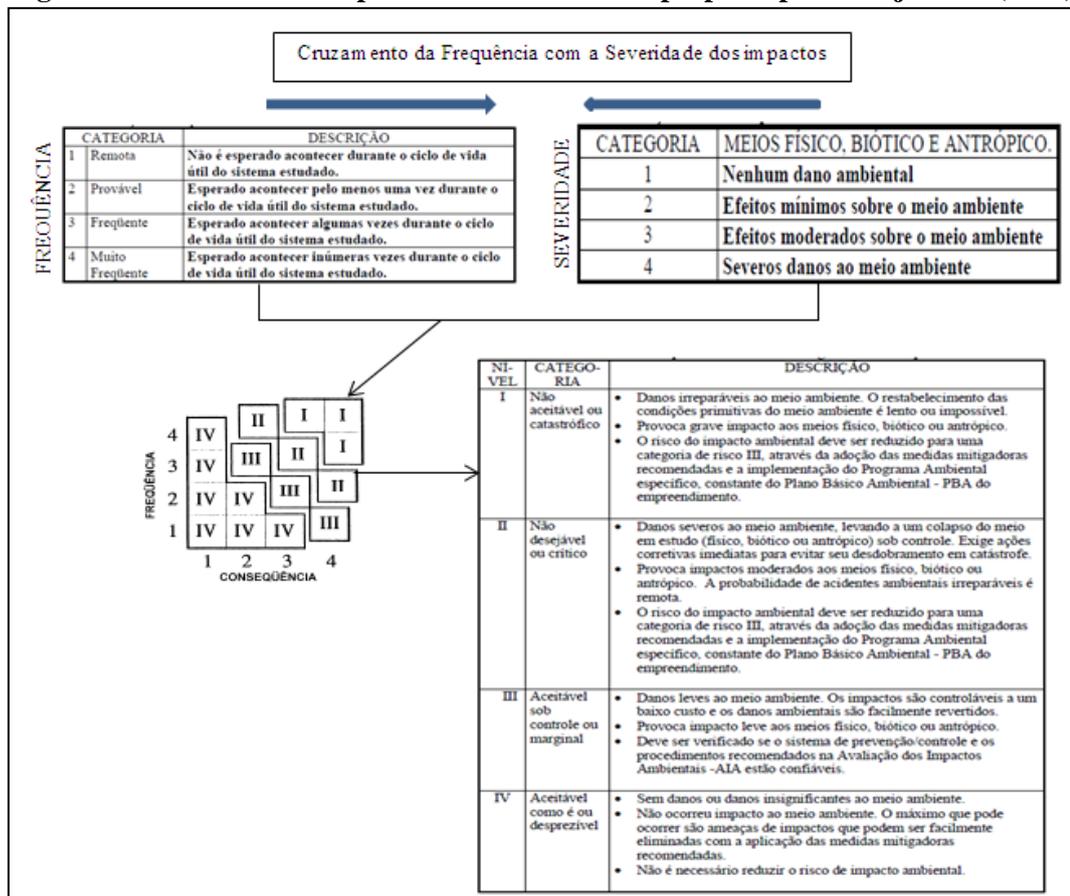
Vários modelos são utilizados para analisar riscos ambientais no mundo todo. Segundo Araujo et al. (2001) para avaliar e quantificar riscos ambientais é preciso estabelecer a magnitude das consequências dos impactos, considerando os diferentes ambientes em que

eles ocorrem, ou seja, um ambiente subterrâneo, os impactos, dependendo da atividade, chegam mais brandos devido a uma série de características do ambiente, que se pode levar em conta, como a Geologia, Geomorfologia, declividade, transmissividade e outros.

Esses modelos de análises de risco podem ser estruturados por meio de organização do preenchimento de tabelas atribuindo valores para cada tipo de impacto levando em consideração os locais de lançamento, o tipo de tratamento, o ambiente, o tipo de resíduo ou efluente lançado, o período de lançamento, a população atingida e que lança, entre outros. Os resultados dessa análise através desse modelo também podem ser expressos em tabelas apresentando os níveis de risco e os possíveis danos causados ao ambiente ou à população (ARAÚJO et al., 2001).

Araujo et al. (2001) propôs uma metodologia de análise de risco para recursos hídricos com preenchimento de tabelas conforme Figura 2:

Figura 2 - Análise de Risco para Recursos Hídricos proposta por Araujo et al. (2001)



Fonte: Araujo et al. (2001).

Segundo Zuffo (2010) as vantagens desse método é que ele permite interações de dados diferenciados, a exemplo de dados de características físicas com dados de características antrópicas, podendo coexistir cruzamentos desses dados e obtendo valores que possam mensurar os riscos totais em que áreas e pessoas estejam expostos em determinada situação.

Para Bem-dia et al. (2010) as desvantagens desse método estão embutidas na subjetividade, sendo os dados obtidos através de vários cruzamentos permitindo margens de erros consideráveis, esclarece ainda que outra desvantagem é a atribuição na maioria das vezes discriteriosa de determinados valores, tais como pesos atribuídos e características espaciais avaliadas apenas por dados fornecidos diversos órgãos e entidade e não comprovados por análises de campo.

3.4 Qualidade da água

A qualidade da água é resultante de alguns fatores muitos deles naturais e uma boa parte sendo de interferência antrópica. Desse modo pode-se dizer que a qualidade da água é função das condições naturais e do uso e ocupação do solo nas bacias hidrográficas apresentando uma relação intrínseca entre esses dois fatores o natural e o antrópico (SPERLING, 2009).

A qualidade da água pode ser representada por diversos parâmetros que explicam suas principais características físicas, químicas e biológicas. Jaques (2005) enfatiza que esses diversos parâmetros são de determinação rotineira em laboratório de análise de água, sendo utilizados tanto para fornecer características de águas para abastecimento como de águas residuárias.

A esses parâmetros são atribuídos padrões estabelecidos pela legislação como a Resolução CONAMA 357/2005 que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, a Resolução CONAMA 396/2008 que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas, e também a Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

Os parâmetros que representam a qualidade da água segundo Sperling (2005) são basicamente distribuídos em físicos e químicos, entre eles segundo o mesmo autor estão alguns como se vê a seguir:

a) Parâmetros físicos

Cor: em que é responsável pela coloração na água podendo ser de origem natural ou antrópica, tem como constituinte responsável os sólidos dissolvidos na água, sendo de origem natural atribui-se a sua coloração a decomposição de matéria orgânica e também ao Ferro e manganês;

Turbidez: é o grau que interfere a passagem da luz através da água, dando uma aparência turva a água, em que os responsáveis por isso são os sólidos em suspensão;

Temperatura: consiste em medir a intensidade do calor na água. As elevações de temperatura podem aumentar a taxa das reações físicas, químicas e biológicas na água.

b) Parâmetros químicos

pH: o potencial de Hidrogênio representa a concentração de ions hidrogênio dando uma condição de acidez, Neutralidade ou alcalinidade da água. Dentre os constituintes responsáveis estão os sólidos dissolvidos e os gases dissolvidos;

Cloreto: é advindo da dissolução de sais na água, através de sólidos dissolvidos, podendo dependendo da concentração impor um sabor salgado a água;

Fósforo: é um nutriente indispensável para o crescimento de microrganismos responsáveis pela estabilização de matéria orgânica, mas quando está disposto em grande concentração na água pode contaminar os corpos hídricos proporcionando eutrofização.

Segundo Cruz e Silveira (2007) um dos aspectos a ser considerado através de atividades impactantes, é a qualidade da água, o qual esses autores descrevem como vazão sanitária, esse aspecto baseia-se no fato de que algumas variáveis de qualidade podem ser expressas em termos de carga de poluente caso a vazão seja conhecida no momento da coleta.

Torna-se necessário para quem trabalha com qualidade da água, realizar análise através dos parâmetros estabelecidos para caracterizar corpos hídricos, principalmente em bacias hidrográficas urbanas.

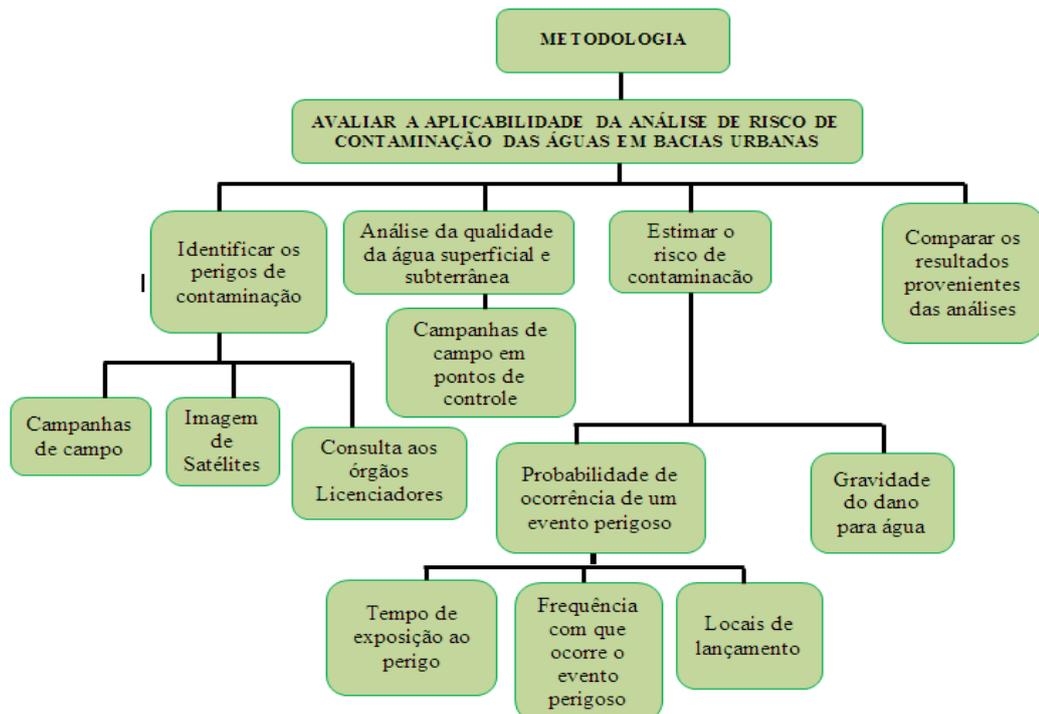
4 MATERIAIS E MÉTODO

Segundo Carvalho e Melo (2010) as etapas para o processo de análise de risco consistem em:

- 1- Identificar o agente nocivo de risco – através da verificação de atividades que provoquem situações de “não conformidade” no sistema em análise;
- 2- Verificar a intensidade ou concentração;
- 3- Verificar a forma de exposição;
- 4- Verificar o tempo de exposição frente ao risco:
 - a. Eventual/Esporádico/Ocasional;
 - b. Habitual;
 - c. Intermitente;
 - d. Permanente.
- 5- Eficácia das medidas de controle;
- 6- Estimar o grau de potencialidade dos riscos;
- 7- Possíveis danos ou consequências para a saúde.

Neste trabalho a sequência das etapas realizadas está exposta na Figura 3, que estão em consonância com o modelo acima descrito em quase todas as etapas.

Figura 3 – Fluxograma com a sequência das etapas realizadas



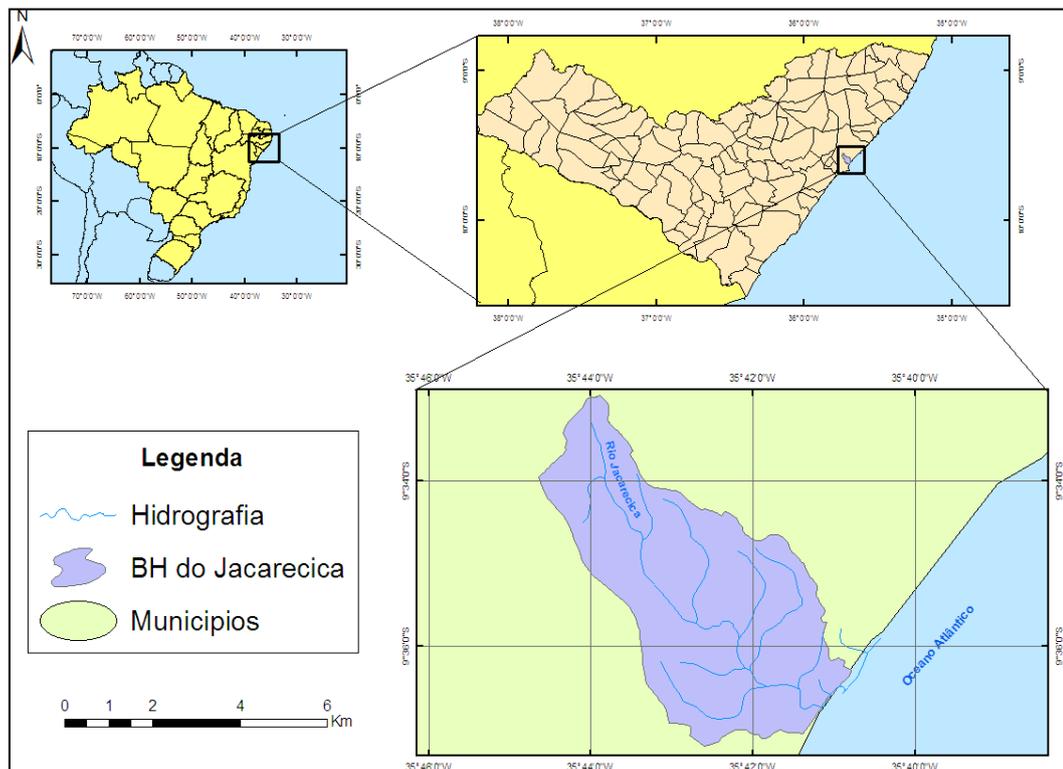
Fonte: Autor, (2014).

4.1 Caracterização da área

A área em estudo é a bacia hidrográfica do rio Jacarecica, que juntamente com as bacias do rio Reginaldo, Pratagy, Meirim e Sapucaí formam a Região Hidrográfica do Pratagy. Essa Região Hidrográfica é muito importante devido a suas águas serem fontes de abastecimento de parte da cidade de Maceió.

A Bacia Hidrográfica do Rio Jacarecica está totalmente inserida no espaço geográfico de Maceió no Estado de Alagoas, tem uma área de 24,5 km² e extensão do canal principal de 13 km. Está localizada nas Coordenadas Geográficas de 09° 38' 42" de Latitude Sul e 35° 40' 35" de Longitude Oeste conforme Figura 4.

Figura 4 – Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do rio Jacarecica

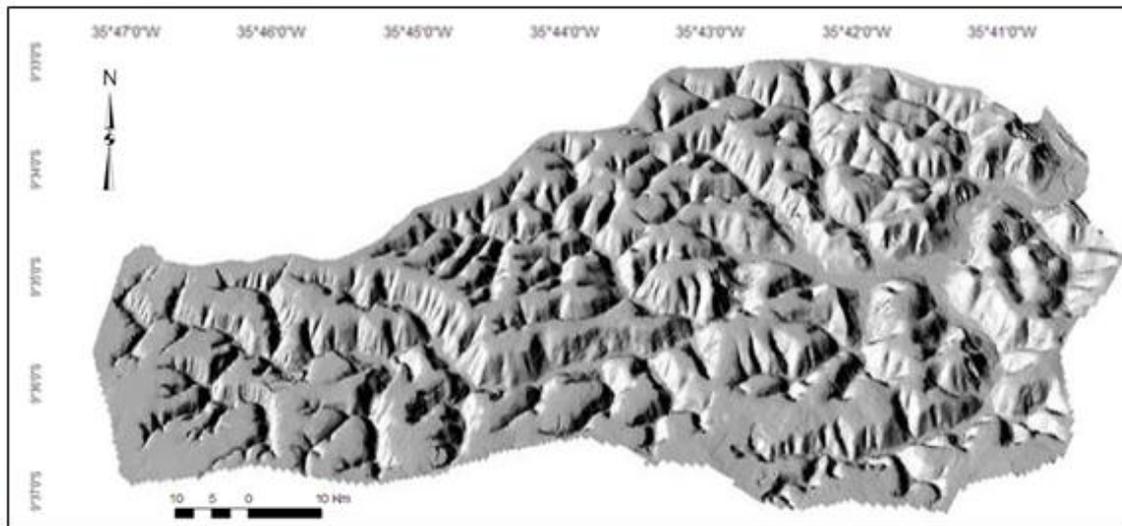


Fonte: autor, (2014).

A localidade estudada está situada em duas unidades Geomorfológicas, a dos Tabuleiros Costeiros e a Planície Litorânea. A primeira Unidade no bairro do Tabuleiro mostra uma conformação de Bacia endorreica com cotas em torno de 65 m formando uma lagoa localizada nas proximidades do Distrito Industrial Luiz Cavalcante, onde suas águas estão sendo drenadas para a Bacia do Jacarecica. Nessa unidade a superfície apresenta-se com interflúvios tabuliformes dissecados por algumas drenagens como a do próprio Rio Jacarecica

e também do Rio Reginaldo. Esse relevo apresenta encostas em todas as áreas da bacia como mostra a Figura 5, essas encostas, por serem bordas de tabuleiros, segundo a lei 12.651/12 que alterou o Código Florestal, são todas APPs (Áreas de Preservação Permanente).

Figura 5 – Encostas na área da Bacia do Jacarecica



Fonte: Silva (2011).

Segundo Lima et al. (2004) a configuração como bacia endorreica tem uma representatividade importante para os aquíferos da localidade, porque faz da área uma zona de recarga por favorecer a infiltração.

A Planície Litorânea é representada por feições com sedimentos do Quaternário nos períodos holocênicos e pleistocênicos, onde o rio Jacarecica desemboca na praia do mesmo nome. Geologicamente a área de estudo está inserida na bacia sedimentar Alagoas.

Conforme Coutinho et al. (2004) o início deposicional da Bacia Alagoas data do paleozoico superior, com deposição do Grupo Igreja Nova constituindo as formações Batinga e Aracaré. Sobrepostos a estas, estão os clásticos flúvio-lagunares do grupo Perucaba através dos sedimentos das formações Candeeiro, Bananeiras e Serraria. Sobre estas, estão os sedimentos do Grupo Coruripe representadas pelas formações Barra de Itiúba, Penedo, Coqueiro Seco, Porção, Ponta Verde e Maceió. Em seguida foram depositados os sedimentos do Grupo Sergipe com as formações Riachuelo e Cotinguiba. Sobrejacente a este grupo aparece o Grupo Piaçabuçu com os clásticos deposicional das formações Calumbi, Mosqueiro e Marituba, a Formação Barreiras só tem sua fase deposicional no final do Terciário e início

do Quaternário, servindo de cobertura para o registro deposicional da geologia alagoana. Essas duas últimas formações compreendem os importantes aquíferos da cidade de Maceió.

O Solo na área da Bacia segundo Demanttê et al. (1996) apud Silva (2011) e na sua maioria de Latossolo amarelo e/ou vermelho-amarelo com elevado teor de alumínio podendo ter deveras deficiências de alumínio.

A área estudada tem boa parte do seu espaço antropizado, e com grandes aglomerados urbanos, Possui áreas ambientais sensíveis, como as encostas nas bordas dos tabuleiros e que são Áreas de Preservação Permanente como visto na Figura 5, contendo também pequenas áreas de mata atlântica preservada.

A cidade de Maceió onde está localizada a área de estudo vem ao longo do tempo sofrendo com o abastecimento de água para sua população, sendo que grande suprimento de água usado para abastecer a cidade é de origem subterrânea. A água é oriunda de mais de 500 poços perfurados dentro da capital alagoana, ocasionando problemas significativos no sistema aquífero como, por exemplo, a exaustão de alguns poços e a intrusão marinha, este último causando significativo impacto negativo nos aquíferos (NOBRE, 2006).

4.1.1 Macrodrenagem em áreas urbanas

O uso e ocupação do solo sem planejamento acarretam em uma série de problemas de infraestrutura. Dentre esses problemas o aumento do escoamento superficial destaca-se como mais grave, provocando diminuição na infiltração de água para os aquíferos e provocando frequentes enchentes.

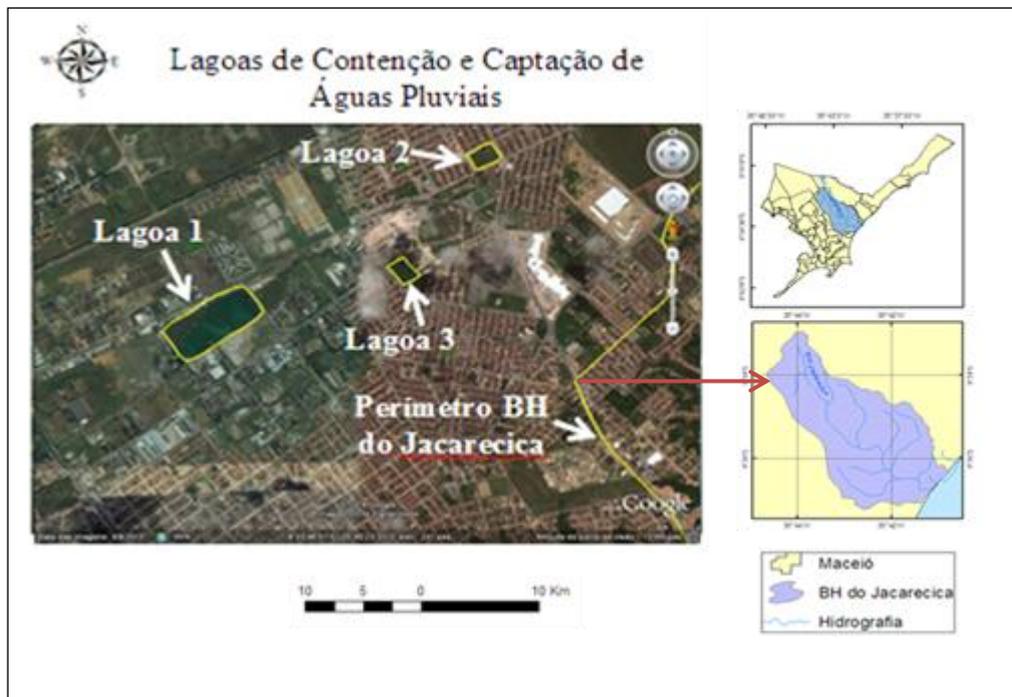
Segundo Sá Filho (2010) para atenuar os efeitos de urbanização desordenada, principalmente em áreas de alagamento, são construídas estruturas para um escoamento mais heterogêneo como as macrodrenagens, essas estruturas têm o objetivo de escoar águas pluviais evitando no período chuvoso problemas acarretados pelas enchentes.

Ferreira Neto et al. (2002) esclarecem que áreas com topografia plana e com ocorrências de depressões ou bacias endorreicas são sujeitas periodicamente a grandes inundações, como é o caso da Bacia do Tabuleiro dos Martins em Maceió.

Nessa localidade em 1998 foi idealizado pelo Estado de Alagoas, apoiado pelo Governo Federal, um projeto de implantação da macrodrenagem do Tabuleiro dos Martins. Esse projeto previa a construção de três lagoas para captação e contenção de águas pluviais, sendo duas delas, lagoas 1 e 3, localizadas no Distrito Industrial Governador Luiz Cavalcante e a 2 no Conjunto Graciliano Ramos como é visto na Figura 6, essas lagoas drenam águas

pluviais para bacia do rio Jacarecica levando as águas a uma distância de 1,9 km do ponto de captação na Lagoa 3 até o ponto de descarga na Bacia.

Figura 6 – Lagoas de Captação de Águas Pluviais no Tabuleiro do Martins e Graciliano Ramos e que lançam suas águas na BH Jacarecica



Fonte: Google Earth e Autor, (2014).

Segundo Sá Filho (2010) essas lagoas são interligadas tendo como final de descarga a Lagoa 3, a qual tem um túnel, conforme Figura 7, que escoam a água até o local denominado Grotta da Alegria no Bairro do Benedito Bentes nas proximidades da nascente do rio Jacarecica.

Figura 7 – Túnel de escoamento na Lagoa 3 que deságua próximo à nascente do rio Jacarecica



Fonte: Sá Filho, (2010).

Apesar das lagoas do Distrito Industrial estarem fora da Bacia do Jacarecica como mostra a Figura 5, todas as suas águas pluviais são lançadas na localidade da Figura 8 onde desaguam no rio Jacarecica. Segundo Ferreira Neto et al. (2002) essas lagoas são utilizadas clandestinamente como corpos receptores de efluentes domésticos e industriais.

Figura 8 – Tubulação que lança água das lagoas de captação de águas pluviais no rio Jacarecica



Fonte: Sá Filho, (2010).

Portanto, além de receber águas pluviais, as lagoas também recebem efluentes industriais e domésticos, sendo o rio Jacarecica o receptor final das águas oriundas das três lagoas descritas. Com isso, é um rio que recebe pressões não apenas de fontes de contaminação de dentro da bacia, mas também externas.

4.2 Identificação dos perigos que podem causar contaminação

O primeiro procedimento realizado foi o levantamento dos perigos através da identificação das prováveis fontes de lançamentos de efluentes as quais podem representar riscos de contaminação às águas da bacia. Estas fontes foram divididas em dois tipos, lançamentos de efluentes domésticos e fontes de lançamentos de efluentes industriais, tendo como base a identificação *in loco* das principais atividades desenvolvidas na bacia e em seu entorno.

As fontes de risco de contaminação às águas estão localizadas no entorno e dentro da Bacia do Rio Jacarecica, são residências agrupadas em aglomerados subnormais (sem Infraestrutura básica) e aglomerados normais (com infraestrutura básica), que segundo a prefeitura de Maceió mesmo essas residências estando em locais sem infraestrutura básica, dependendo localidade podem estar em situação regular com seus imóveis perfeitamente registrados, considerando irregulares aqueles que estão em locais os quais a legislação não permite a sua regularização conforme plano diretor da cidade. A outra fonte de risco são as indústrias situadas dentro da Bacia e em seu entorno no Distrito Industrial de Maceió mostrada na Figura 9.

Figura 9 – Fontes de risco de contaminação às águas da BH do Rio Jacarecica



Fonte: Google Earth e autor, (2014).

A identificação dos perigos de contaminação foi efetuada através de três métodos, com o propósito de obter o maior número de informações disponíveis, são eles:

- a) Campanhas de campo, para verificação *in loco*;
- b) Imagens de satélite;
- c) Consulta aos órgãos licenciadores.

4.3 Análise da qualidade da água superficial e subterrânea

Para esta etapa de monitoramento da qualidade das águas superficiais e subterrâneas, foram instalados PCs (Pontos de Controle) em três seções do rio Jacarecica, localizados no

alto, médio e baixo curso. No caso das amostras de águas superficiais, a coleta foi realizada no próprio curso do rio em cada campanha de campo e em todos os PC. Transversalmente aos pontos de localização dos PCs e próximo aos mesmos, também foram instalados piezômetros para coleta de amostras das águas subterrâneas como é explicitado na Figura 10, os quais estão a uma distância do rio de 6,3m no PC 1, 1,3m no PC 2 e 4,6 metros no PC 3 .

Figura 10 – Pontos de Controles instalados para coletas de amostras



Fonte: autor, (2014).

Estes pontos foram instalados nas seguintes coordenadas geográficas:

- Ponto de Controle 1: 09° 33' 22" de latitude Sul e 035° 43' 55" de Longitude Oeste, convertendo para UTM em 0200055 e 8941503, na Grota da Alegria no Bairro Benedito Bentes Maceió/AL;
- O Ponto de Controle 2: foi instalado nas proximidades de um Parque Aquático situado no Bairro da Serraria nas Coordenadas Geográficas já convertidas em UTM de 0201864 de latitude Sul e 8938472 de longitude Oeste;
- E o Ponto de Controle 3 incide na planície costeira, nas Coordenadas Geográficas em UTM de 0204658 de Latitude Sul e 8936806 de Longitude Oeste;

Após a instalação dos PCs deu-se início às campanhas de campo, que consistiram em coletas de amostras nos Pontos de Controle e análises de água em laboratório, num total de nove conforme calendário exposto na Tabela 1:

Tabela 1 – Calendário e quantidade de coletas realizadas na área de estudo

| 1ª Coleta | 2ª coleta | 3ª Coleta | 4ª Coleta | 5ª Coleta | 6ª Coleta | 7ª Coleta | 8ª Coleta | 9ª Coleta |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 30/08/12 | 01/10/12 | 30/10/12 | 23/11/12 | 25/01/13 | 01/03/13 | 17/04/13 | 16/05/13 | 14/06/13 |

Fonte: Autor, (2014).

As coletas de água superficial foram realizadas com água retirada próxima a parte mais rasa do rio Jacarecica, e as coletas de água subterrânea foram retiradas de piezômetros instalados nas proximidades das margens do rio. Todos os recipientes de retirada da água eram de plástico e lavados com água destilada antes das coletas, as amostras foram armazenadas em garrafas PET e transportadas em uma caixa térmica com gelo para refrigerar as amostras.

Após serem coletadas, as amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Saneamento Ambiental para análise laboratorial dos parâmetros enfatizados na Tabela 2.

Tabela 2 – Parâmetros analisados em campo e em laboratório

| PARÂMETROS EM CAMPO | PARÂMETROS EM LABORATÓRIO |
|----------------------------|---------------------------|
| turbidez | Cor aparente |
| pH | Cor verdadeira |
| Condutividade elétrica | Cloretos |
| Oxigênio dissolvido | Alcalinidade |
| Sólidos dissolvidos totais | Sulfato |
| Temperatura da água | Nitrogênio Amoniacal |
| Salinidade | Nitrito |
| Potencial Redox -ORP | Nitrato |
| Temperatura do ar | Fósforo |
| Temperatura da água | Clostridium Perfringens |
| | DBO5 |
| | Sólidos sedimentados |

Fonte: LSA/CTEC-UFAL.

4.4 Estimativa do risco de contaminação

A estimativa do risco de contaminação foi realizada tendo como base a definição da relação entre:

- Probabilidade de ocorrência ou frequência de um evento perigoso.

A frequência dos lançamentos inerente a cada atividade, identificada como perigo de contaminação, foi utilizada como referência. Neste caso foram utilizados quatro tipos de frequências de lançamentos diretamente relacionadas com a Probabilidade, são eles:

- Frequência Mensal;
- Frequência Quinzenal;
- Frequência Semanal;
- Frequência Diária.

Para cada uma das frequências foram adotados pesos, variando de 1 a 4, de acordo com o grau de risco, do menor ao maior, respectivamente conforme Tabela 3. Os valores foram definidos com base nos tipos de frequência, Mensal, quinzenal, semanal e diário, ou seja, os lançamentos mais frequentes apresentam peso maior.

Tabela 3 – Valores da Probabilidade ou Frequência de Ocorrência de Evento Perigoso

| FREQUÊNCIA DO LANÇAMENTO | PESOS (<i>i</i>) |
|---------------------------------|-------------------------|
| Mensal | 1 |
| Quinzenal | 2 |
| Semanal | 3 |
| Diário | 4 |

Fonte: Autor, (2014).

- b) Gravidade ou severidade do dano para a água superficial e para a água subterrânea.

Neste caso, três aspectos diretamente relacionados aos danos aos mananciais foram levados em consideração, são eles:

- Tempo de Funcionamento das atividades;
- Eficiência do tratamento dos efluentes;
- População residente.

Levando-se em consideração que: i) os processos acima descritos podem contribuir de forma distinta para o cálculo da severidade; ii) há variação interna inerente a cada um deles especificamente; neste caso, foram adotados dois pesos. O primeiro peso (*w*), correspondente ao tipo de aspecto (tempo de funcionamento, eficiência de tratamento, população residente), podendo assumir valores de 1 a 4, desde que o somatório dos pesos não ultrapasse o valor 4. E, o segundo peso (*f*), considerando a variação interna em cada um dos aspectos, podendo

assumir valores de 0 a 1, conforme pode ser observado na Tabela 4, sendo o valor 1 o pior cenário.

Por fim, foram elaborados métodos abordando temas que permitiram sintetizar as informações de probabilidade de ocorrência (Tabela 3) e severidade (Tabela 4). Conforme descrito acima, estas Tabelas estão com os respectivos pesos propostos para cada circunstância observada/proposta.

Tabela 4 – Determinação da severidade do dano

| TEMPO DE FUNCIONAMENTO (w = 1) | f | EFICIÊNCIA DO TRATAMENTO (w = 2) | f | POPULAÇÃO ATINGIDA (w = 1) | f |
|-----------------------------------|-----|-------------------------------------|-----|-------------------------------|-----|
| 1-5 anos | 0,2 | ≥85% | 0,5 | 1-10 mil | 0,2 |
| 5-10 anos | 0,4 | | | 10-20 mil | 0,4 |
| 10-20 anos | 0,8 | ≤ 85% | 1 | 20-30 mil | 0,8 |
| Mais de 20 anos | 1 | | | Mais de 30 mil | 1 |

Fonte: Autor, (2014).

Para a definição do risco em função dos danos relativos às atividades perigosas, foi realizado o seguinte cálculo:

Para Probabilidade de Ocorrência ou Frequência (Y):

$$Y = \frac{\sum_{i=1}^n \text{peso}_i}{n}$$

Onde i são as atividades consideradas como perigosas com valores dos seus respectivos pesos, e n é o número de atividades/perigos.

Para o cálculo da Severidade (X) do evento perigoso:

$$X = \frac{[w \cdot f]_{\text{tempo de funcionamento}} + [w \cdot f]_{\text{eficiência de tratamento}} + [w \cdot f]_{\text{população atingida}}}{n}$$

Após a elaboração dos métodos foram aplicados os cálculos nas Tabelas 5 e 6 com 11 atividades potencialmente poluidoras, as quais os dados descritos nas tabelas foram fornecidos pelos órgãos governamentais e por algumas empresas.

Essas Tabelas representam uma Análise Antecipada de Risco, que após os cálculos para obter os valores da frequência e da severidade de cada atividade, são somados esses valores e calculada a média geral da frequência e da severidade tanto para água subterrânea como para água superficial.

Tabela 5 – Análise Antecipada de Risco para frequência de lançamento

| EMPREENHIMENTO | FREQUÊNCIA DO LANÇAMENTO | PESOS |
|----------------|--------------------------|-------|
|----------------|--------------------------|-------|

Fonte: Autor, (2014).

Tabela 6 – Análise Antecipada de Risco para severidade dos danos

| Atividade | Tempo de funcionamento (w x f) | Eficiência do tratamento (w x f) | População atingida (w x f) | Valor da severidade | Dano para o Rio ou Aquífero | Medida Mitigadora |
|-----------|--------------------------------|----------------------------------|----------------------------|---------------------|-----------------------------|-------------------|
|-----------|--------------------------------|----------------------------------|----------------------------|---------------------|-----------------------------|-------------------|

Fonte: Autor, (2014).

Calculada a média geral tanto da frequência como da severidade, é realizado um cruzamento entre a média geral da frequência dos impactos mostrada no Quadro 1 e a média geral da severidade mostrada no Quadro 2, criando uma matriz com níveis e categoria de risco conforme Quadro 3. O cruzamento entre a frequência e a severidade está representado através da Figura 11.

Quadro 1 – Categoria e descrição da frequência dos impactos

| CATEGORIA | | DESCRIÇÃO DA FREQUÊNCIA DOS IMPACTOS |
|-----------|--------------------------|--------------------------------------|
| 1 | Difícil Acontecer | Não é esperado acontecer |
| 2 | Provável acontecer | Esperado acontecer uma vez |
| 3 | Acontece com frequência | Esperado acontecer algumas vezes |
| 4 | Acontece muito frequente | Esperado acontecer constantemente |

Fonte: Adaptado de Araujo et al. (2001).

Quadro 2 – Grau de Severidade e categoria do risco

| GRAU DE SEVERIDADE | CATEGORIA DO DANO |
|--------------------|-------------------|
| 1 | Nenhum dano |
| 2 | Efeitos mínimos |
| 3 | Efeitos Moderados |
| 4 | Severos danos |

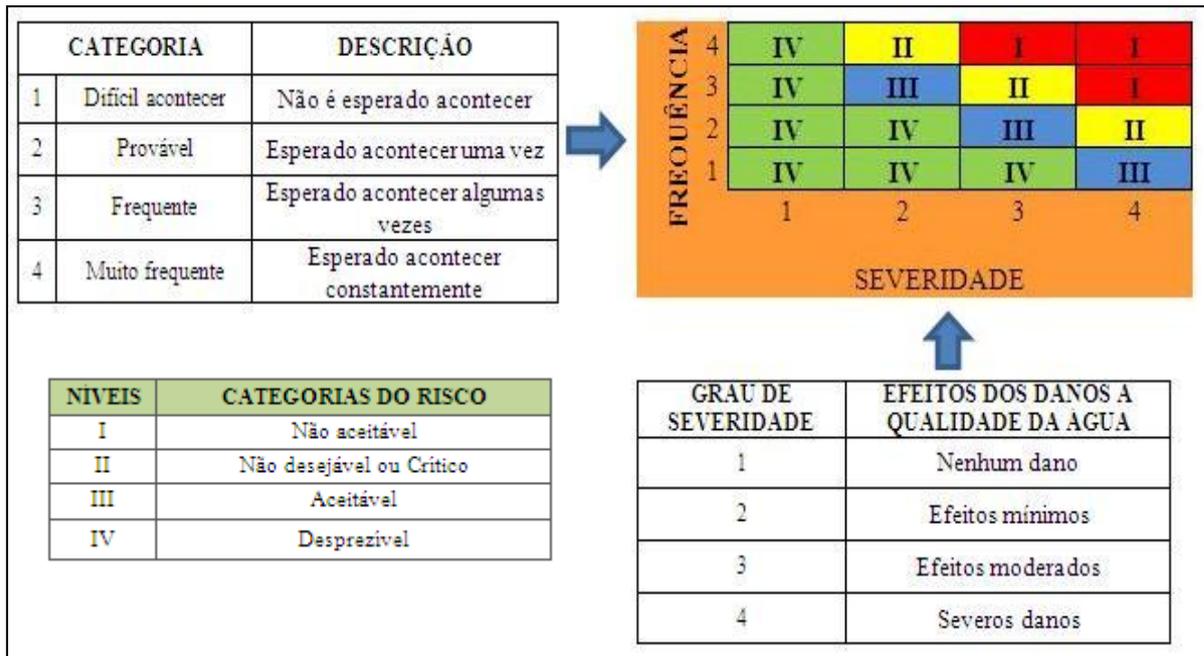
Fonte: Adaptado de Araujo et al. (2001).

Quadro 3 – Níveis e Categorias de Risco

| NÍVEIS | CATEGORIAS DO RISCO |
|--------|--------------------------|
| I | Não aceitável |
| II | Não desejável ou Crítico |
| III | Aceitável |
| IV | Desprezível |

Fonte: Adaptado de Araujo et al. (2001).

Figura 11 – Representação do Cruzamento da Frequência (Y) com a Severidade (X) do dano



Fonte: Adaptado de Araujo et al. (2001).

Várias metodologias que utilizam de métodos qualitativos se utilizam dos parâmetros descritos acima para mensurar riscos ambientais, neste trabalho estamos utilizando parâmetros tanto para as empresas como para parâmetros residenciais dados fornecidos por órgãos governamentais.

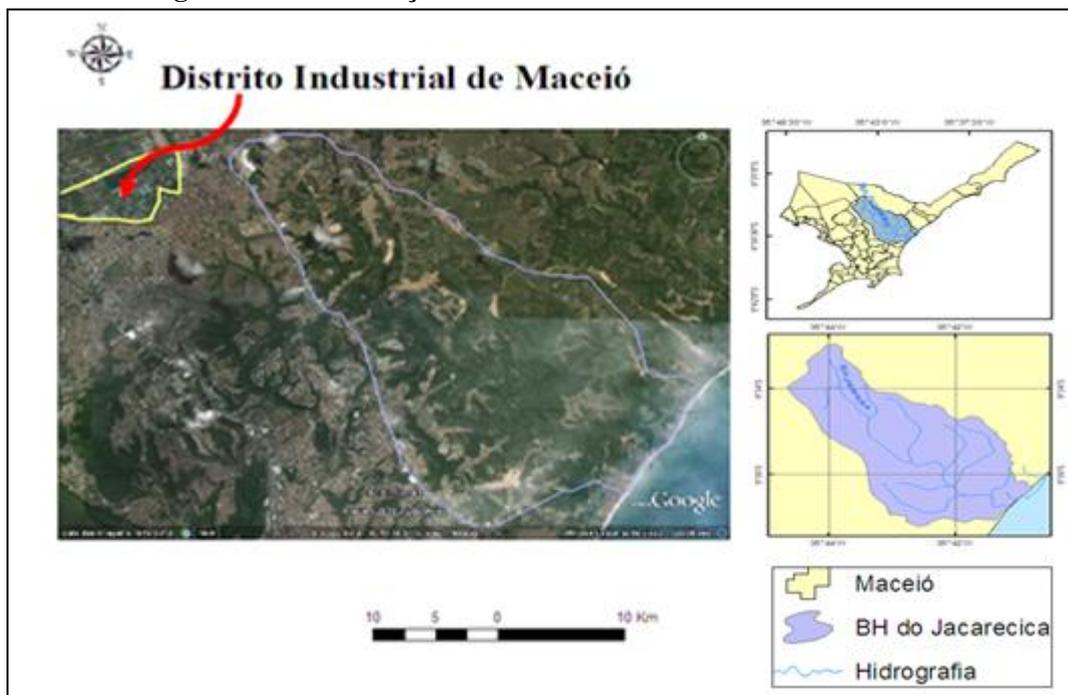
Finalizando os procedimentos metodológicos os quais foram embasados e adaptados do método estabelecido por Araujo et al. (2001), foram confeccionados mapas das áreas mais susceptíveis à contaminação das águas superficiais e subterrâneas, comparando-os com as áreas mais vulneráveis mapeadas por Silva (2012), e logo em seguida se verificou a compatibilidade dessas áreas de risco com os dados de campo.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Identificação das fontes perigosas e análise da qualidade da água por PC

Para análise dos dados obtidos foram levantadas as fontes perigosas que põem em risco as águas superficiais e subterrâneas da Bacia do Rio Jacarecica. Essas atividades são identificadas como potencialmente poluidoras e parte delas (indústrias) estão localizadas no Distrito industrial Luiz Cavalcante no bairro do Tabuleiro dos Martins, Maceió-AL conforme Figura 12. A outra parte diz respeito à população residente na área da bacia conforme Quadro 4, as quais os riscos para as águas da bacia são oriundos dos efluentes lançados.

Figura 12 – Localização do Distrito Industrial Luiz Cavalcante



Fonte: Google Earth e autor, (2014).

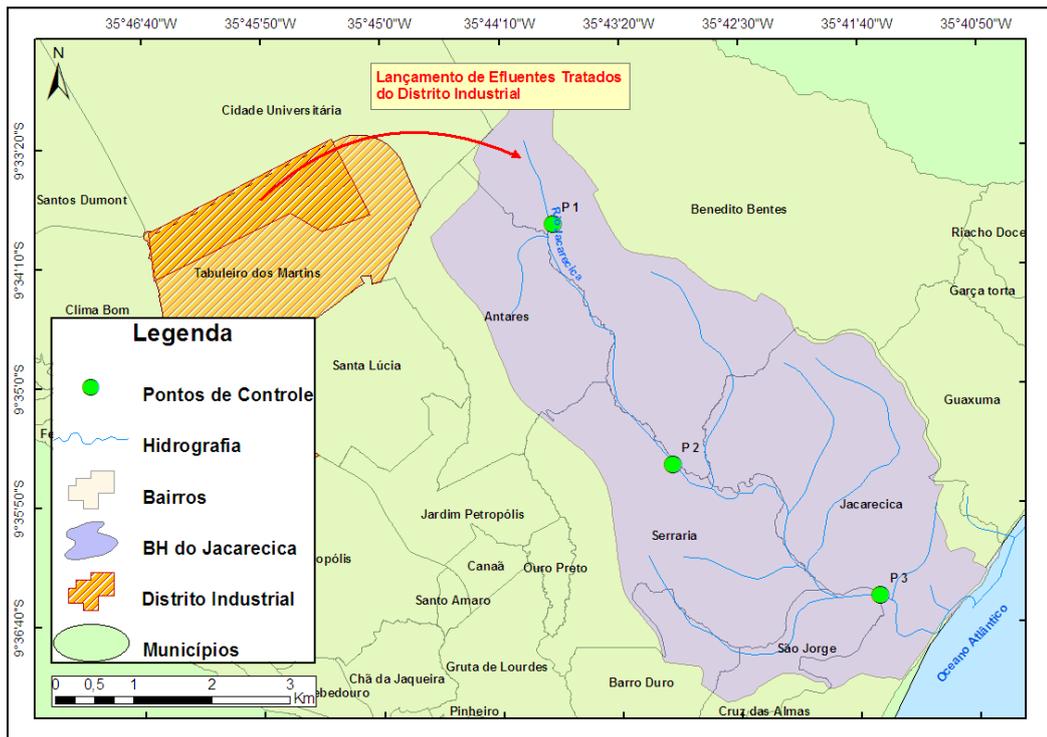
Quadro 4– População acumulada e destino final dos lançamentos de efluentes domésticos nas áreas de influência dos Pontos de Controle

| PCs | População | Rede de Esgoto/Pluvial | Fossa Séptica | Fossa Rudimentar | Vala | Rio, Lago ou Mar | Outros Escoadouros |
|------|-----------|------------------------|-----------------|------------------|-----------------|-------------------|--------------------|
| PC 1 | 5.177 | 358 | 200 | 3.968 | 386 | 167 | 52 |
| PC 2 | 29.588 | 12.068 | 3.094 | 12.872 | 828 | 366 | 224 |
| PC 3 | 55.144 | 18.771 | 9.777 | 24.435 | 964 | 401 | 540 |
| | | L. Superf. | L. Subt. | L. Subt. | L. Subt. | L. Superf. | L. Superf. |
| | | 94,69% | 23,12% | 73,02% | 3,65% | 2,83% | 2,48% |

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) 2010 apud Alves (2013).

Segundo Ferreira Neto et al. (2002) algumas fontes potencialmente poluidoras localizadas no Distrito Industrial Luiz Cavalcante, têm seus efluentes canalizados para lagoas de recepção de águas pluviais que por sua vez despejam essas águas na Bacia do Jacarecica nas proximidades do Ponto de Controle 1 representado na Figura 13.

Figura 13 – Local de Lançamento das Lagoas de Recepção de águas Pluviais



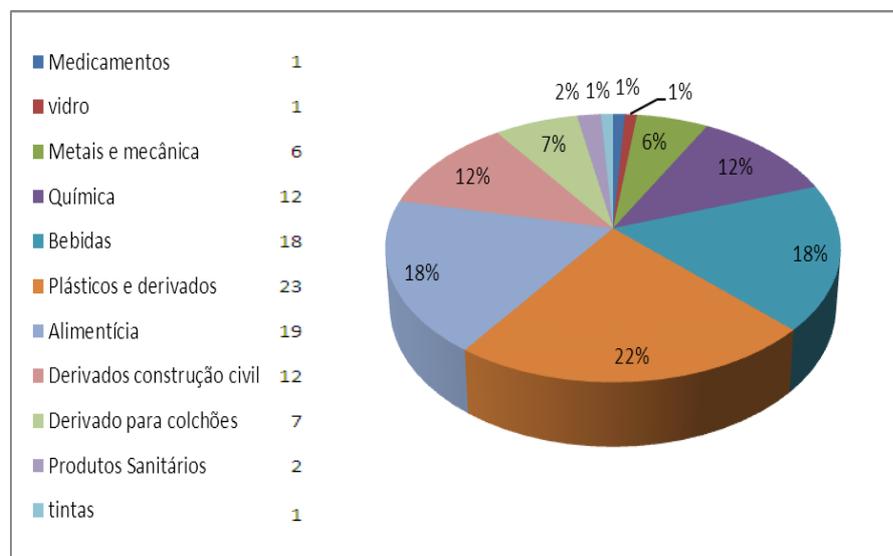
Fonte: autor, (2014).

As fontes que podem ocasionar riscos à Bacia, estabelecidas no Distrito Industrial, segundo a SEPLANDE (Secretaria de Estado do Planejamento e do Desenvolvimento Econômico) somam um total de 102 que podem ser consideradas como fontes potencialmente poluidoras, distribuídas em diversas atividades industriais (Figura 13). Neste trabalho foram obtidos e utilizados os dados de dez fontes industriais devido à dificuldade de obtenção dos dados em tempo hábil através das visitas *in loco*, bem como através dos órgãos governamentais, são elas (com seus locais de lançamento de efluentes):

- 1- Fábrica de Suco (lança seus efluentes no Subterrâneo);
- 2- Fábrica de Fertilizantes (lança seus efluentes no superficial);
- 3- Fábrica de Tinta (reaproveita os efluentes);
- 4- Fábrica de Alimentos (lança no subterrâneo);
- 5- Fábrica de prod. Sanitários (lança no subterrâneo);
- 6- Fábrica de Medicamentos (lança no subterrâneo);
- 7- Fábrica de concretagem (lança no subterrâneo);
- 8- Fábrica de Plástico (lança no subterrâneo);
- 9- Fábrica de Plástico (lança no subterrâneo);
- 10- Fábrica de Bebida (lança seus efluentes no superficial).

No entanto, apesar de serem utilizados dados de apenas dez indústrias localizadas no Distrito Industrial e atualmente existirem 102, pode-se considerar que há representatividade na amostra, pois praticamente todos os tipos de indústrias estão contempladas e perfazem 74% do total de indústrias como é mostrado na Figura 14.

Figura14 - Gráfico da quantidade de Indústrias no Distrito Industrial de Maceió



Fonte: Resumo Executivo de Projetos Industriais 2007-2013 – SEPLANDE.

A Bacia Hidrográfica do Jacarecica por ser uma bacia urbana, apresenta várias áreas tanto dentro como no seu entorno Conforme Figura 15, com grandes aglomerados urbanos, são construções, na sua maioria, irregulares, como edificações nas margens do rio e em encostas. Todas essas áreas descritas segundo a lei 12. 651 de 2012 (novo Código Florestal) são Áreas de Preservação Permanente - APPs e não poderiam ser ocupadas. Contudo a remoção dessas edificações é muito difícil e as irregularidades persistem.

Figura 15 - Encostas na cidade de Maceió no bairro Benedito Bentes que são ocupadas irregularmente em Áreas de APPs

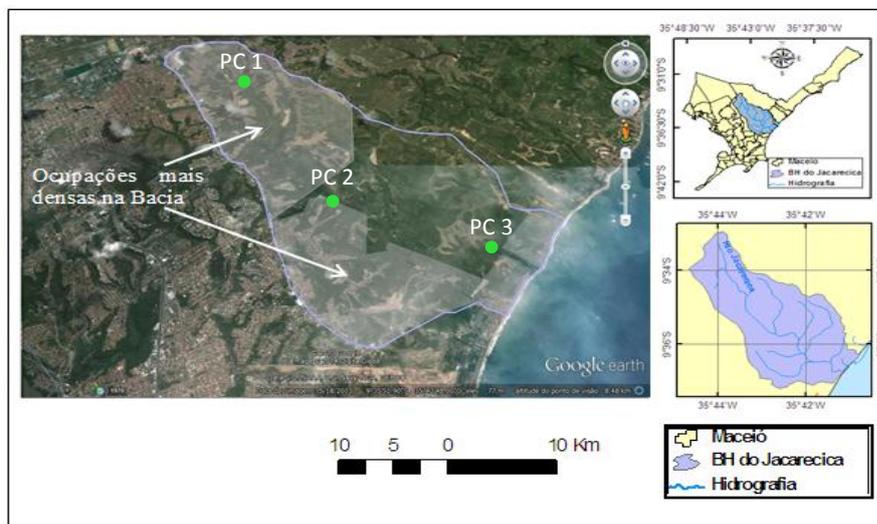


Fonte: Sionelli Leite, (2009).

Esse tipo de situação pode implicar em contaminação aos recursos naturais, principalmente aos recursos hídricos que ficam mais expostos aos riscos de contaminação devido à rede coletora de esgoto ser deficitária, sendo esses efluentes lançados frequentemente. Gómez et al. (2012) enfatizam que bacias urbanas sofrem impactos significativos por estarem em áreas de grande concentração urbana, correndo o risco de terem suas águas contaminadas principalmente em localidades onde o saneamento urbano é deficitário.

A bacia do rio Jacarecica apresenta áreas onde as ocupações urbanas são mais densas como é apresentado na Figura 16, isso por si só já representa um perigo às águas da bacia. Esses locais, como também outras áreas na bacia, são assinaladas como áreas de influência sobre os Pontos de Controle para coleta de amostra de água.

Figura 16 – Áreas na Bacia onde as ocupações são mais densas

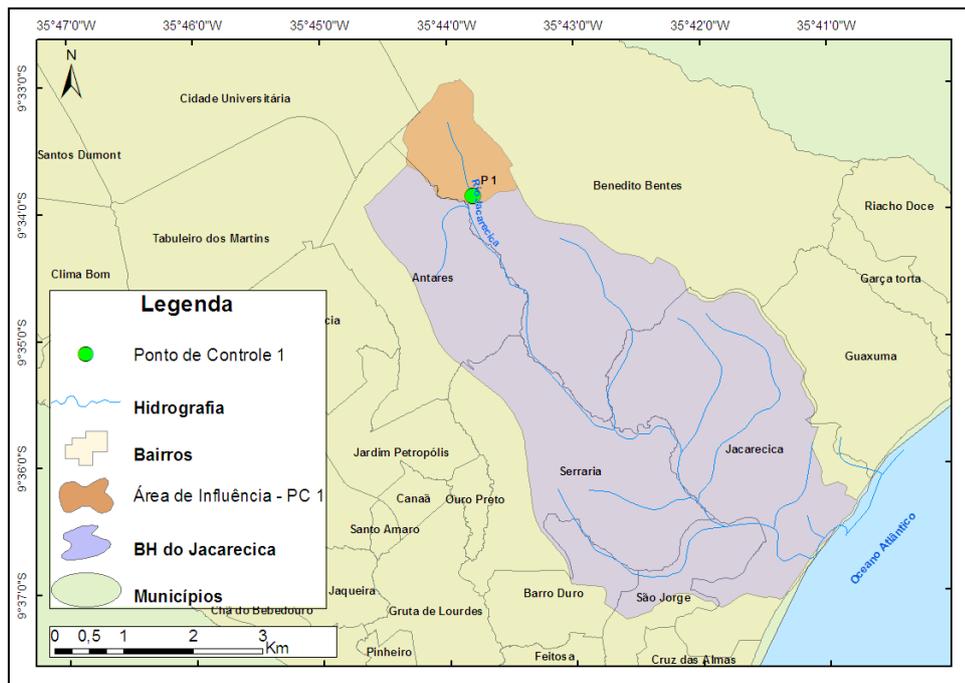


Fonte: Google Earth e autor (2014).

5.1.1 Ponto de controle 1 – PC 1

As áreas de influência do Ponto de Controle 1 estão representadas por três bairros densamente povoados, que segundo o senso 2010 do IBGE (citado por Alves, 2013) possui uma população na área da bacia de 77.157 habitantes. Neste PC também encontram-se em pleno funcionamento as dez atividades potencialmente poluidoras (Indústrias) utilizadas neste trabalho que junto com a população residente da área representam o perigo de contaminação à bacia, são eles Benedito Bentes, Antares e Tabuleiro dos Martins. Este último nota-se pelo mapa apresentado na Figura 17, não está dentro da bacia como os outros bairros citados, mas influencia na bacia porque as águas pluviais oriundas das lagoas de captação são lançados nas proximidades do Ponto de Controle 1.

Figura 17 – Área de Influência do Ponto de Controle 1



Fonte: Autor, (2014).

Com o intuito de verificar a afirmativa (compatibilidade) de que áreas mais densamente povoadas e com atividades potencialmente poluidoras representam riscos às águas subterrâneas e superficiais, realizou-se análises com amostras de águas subterrâneas e superficiais em três Pontos de Controle. O PC 1 apresentou os seguintes resultados expressos nas Tabelas 7 e 8:

Tabela 7 – Valores dos parâmetros analisados para água subterrânea no PC 1

| PARÂMETROS | Mínimo | Médio | Máximo | Desvio Padrão | Máximo Permitido pelas Normas |
|--------------------------------------|-------------------|-------------------|-----------------|-----------------|-------------------------------|
| Turbidez (UT) | 212 | 240 | 791 | 292 | 100 (UT) |
| pH | 6,4 | 6,5 | 6,6 | 0,08 | 6,0 a 9,0 |
| Condutividade elétrica (mS/cm) | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,01 | 0,1(mS/cm) |
| Oxigênio dissolvido | 2,3 | 4,5 | 4,7 | 1,3 | 5,0 |
| Sólidos dissolvidos totais (TDS g/L) | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,02 | 0,5 |
| Salinidade (%) | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,00 | 0,5 |
| Potencial Redox (ORPmV) | 18 | 18 | 18 | 0,00 | 35 |
| Temperatura do ar (°C) | 28 | 30 | 33 | 1,5 | - |
| Temperatura da água (°C) | 29 | 31 | 33 | 2,06 | - |
| Cor aparente (uH) | 1,7 | 128 | 162 | 139 | 15 |
| Cor verdadeira (uH) | 0,6 | 14 | 36 | 26 | - |
| Cloretos mg/L | 42 | 127 | 213 | 121 | 250 |
| Alcalinidade mg/L | 5,6 | 62 | 200 | 98 | - |
| Sulfato mg/L | 3,4 | 8,3 | 13,4 | 4,9 | 250 |
| Nitrogênio Amoniacal mg/L | 0 | 0 | 0 | 0 | 3,7 |
| Nitrito mg/L | 0,003 | 0,06 | 0,2 | 0,1 | 1,0 |
| Nitrato mg/L | 0,02 | 0,5 | 1,09 | 0,44 | 10,0 |
| Fósforo mg/L | 0,00 | 1,9 | 4,6 | 1,9 | 0,05 |
| Clostridium Perfringens NNP/100ml | $1,5 \times 10^6$ | $1,2 \times 10^6$ | 9×10^5 | 3×10^5 | 3×10^5 |
| DBO5 mg/L | 4,4 | 9,0 | 9,08 | 3,8 | 5,0 |
| Sólidos sedimentados mL/L | 0,1 | 1,3 | 8,5 | 3,1 | 0,1 |

Fonte: LSA/CTEC-UFAL, (2013).

Observando a legislação em vigor, Portaria 2914/11 do Ministério da Saúde, Resolução CONAMA 396/05 e Resolução CONAMA 430/11, foram encontrados resultados que extrapolam os limites estabelecidos em alguns parâmetros, tais como:

- Turbidez segundo, Li et al. (2013), quando esse parâmetro apresenta valores elevados em aquíferos significa que a geologia do local não é consolidada, como aquíferos em áreas sedimentares;
- Condutividade, conforme Irsa et al. (2014) está relacionada diretamente com a quantidade de íons dissolvidos, provavelmente águas que contenham mesmo em pequenas proporções o nitrato;
- Oxigênio Dissolvido, os baixos valores de OD na água significam que pode existir certa quantidade de matéria orgânica sendo degradada por bactérias;
- Cor aparente;

- Fósforo, em certa quantidade principalmente em conjunto com o nitrogênio, é um nutriente que serve de combustível nos processos de contaminação, segundo Engesgaard et al. (2013) esses nutrientes em excesso faz proliferar bactérias que elevam a DBO5 (como ocorreu no resultado das amostras vista na tabela 7) consumido uma grande quantidade de OD existente na água, causando impactos significativos em corpos hídricos;
- Sólidos Sedimentados pode indicar que o fluxo da água está acima do normal podendo em áreas superficiais sofrer lixiviação.

Tabela 8 – Valores dos Parâmetros analisados para água superficial no PC 1

| PARÂMETROS | Mínimo | Médio | Máximo | Desvio Padrão | Máximo Permitido pelas Normas |
|--------------------------------------|-----------------|-----------------|-------------------|-----------------|-------------------------------|
| Turbidez (UT) | 16 | 100 | 161 | 60 | 100 (UT) |
| pH | 6,2 | 7,2 | 7,7 | 0,4 | 6,0 a 9,0 |
| Conductividade elétrica (mS/cm) | 0,2 | 0,5 | 0,8 | 0,2 | 0,1(mS/cm) |
| Oxigênio dissolvido | 3,4 | 6,2 | 9 | 2 | 5,0 |
| Sólidos dissolvidos totais (TDS g/L) | 0,1 | 0,3 | 0,5 | 0,1 | 0,5 |
| Salinidade (%) | 0,1 | 0,2 | 0,4 | 0,1 | 0,5 |
| Potencial Redox (ORP mV) | 38 | 133 | 167 | 40 | 35 |
| Temperatura do ar (°C) | 28 | 30 | 33 | 1 | - |
| Temperatura da água (°C) | 25 | 28 | 33 | 2 | - |
| Cor aparente (uH) | 63 | 100 | 200 | 54 | 15 |
| Cor verdadeira (uH) | 13 | 34 | 52 | 12 | - |
| Cloretos mg/L | 23 | 50 | 66 | 17 | 250 |
| Alcalinidade mg/L | 4 | 93 | 198 | 67 | - |
| Sulfato mg/L | 3 | 15 | 28 | 9 | 250 |
| Nitrogênio Amoniacal | 0,3 | 0,03 | 6,2 | 2,4 | 3,7 |
| Nitrito mg/L | 0,008 | 0,02 | 0,04 | 0,01 | 1,0 |
| Nitrato mg/L | 0,02 | 0,05 | 0,1 | 0,03 | 10,0 |
| Fósforo mg/L | 0,4 | 0,9 | 1,3 | 0,3 | 0,05 |
| Clostridium Perfringens NNP/100ml | 1×10^5 | 4×10^5 | $1,6 \times 10^6$ | 6×10^5 | 6×10^5 |
| DBO5 | 6,1 | 10,2 | 20,1 | 4,7 | 5,0 |
| Sólidos sedimentados ml/L | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |

Fonte: LSA/CTEC-UFAL, (2013).

Considerando a Tabela 8, quatro parâmetros tiveram os valores das análises acima do permitido pela legislação, são eles:

- Condutividade;
- Cor Aparente, os valores médios estão acima dos impostos pela tanto para a portaria 2914/11 do Ministério da Saúde que estabelece valores máximos permitidos de 15 uH e os valores médios encontrados nas amostras foi de 100, 627 uH. Conforme Budakçi et al. (2012) a cor aparente da água de

corpos hídricos pode ter relação com a ocorrência de algumas substâncias como ferro e manganês.

- Fósforo, tanto na água subterrânea como na água superficial os valores superaram os permitidos pela legislação, provavelmente os lançamentos de esgotos domésticos na localidade foi o responsável por esse resultado.
- DBO5, apresentou-se elevada nas amostras da água superficial que segundo a Resolução CONAMA 357 o máximo permitido para rios de classe 2 o qual o Rio Jacarecica está enquadrado, é de 5 mg/L.

5.1.2 Ponto de controle 2 – PC 2

A Figura 18 mostra a área de influência do Ponto de Controle 2, observa-se que a sua área de influência engloba também a área do PC 1. Isso significa que todo e qualquer despejo no Ponto de Controle 1 escoar para o Ponto de Controle 2.

Figura 18 – Área de Influência do Ponto de Controle 2



Fonte: Autor, (2014).

Em decorrência dos potenciais perigos associados ao PC 2, espera-se *a priori*, que este apresente maiores índices de contaminação do que o PC 1. Esta expectativa justifica-se em função da quantidade de bairros que influenciam neste Ponto de Controle, o qual o principal perigo é representado pela população residente somada com a população da área do PC 1, totaliza 29. 588 habitantes na área de influência do PC 2.

. A distância entre os Pontos de Controle também foi considerada pequena, aproximadamente 3,8 km contribuindo para aumentar os possíveis impactos na área para água subterrânea. No entanto, as análises não confirmaram essa expectativa conforme a Tabela 9.

Tabela 9 – Valores dos Parâmetros analisados para água subterrânea em 9 coletas no Ponto de Controle 2

| PARÂMETROS | Mínimo | Médio | Máximo | Desvio Padrão | Máximo Permitido pelas Normas |
|--------------------------------------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------------------|
| Turbidez (UT) | 14 | 86 | 343 | 103 | 100 (UT) |
| pH | 4 | 5,3 | 5,7 | 0,3 | 6,0 a 9,0 |
| Condutividade elétrica (mS/cm) | 0,09 | 0,2 | 0,5 | 0,1 | 0,1(mS/cm) |
| Oxigênio dissolvido | 2,6 | 5,2 | 7,3 | 1,6 | 5,0 |
| Sólidos dissolvidos totais (TDS g/L) | 0,05 | 0,12 | 0,3 | 0,09 | 0,5 |
| Salinidade (%) | 0,07 | 0,1 | 0,3 | 0,06 | 0,5 |
| Potencial Redox (ORPmV) | 81 | 245 | 388 | 110 | - |
| Temperatura do ar (°C) | 25 | 28 | 31 | 1 | - |
| Temperatura da água (°C) | 24 | 26 | 29 | 1 | - |
| Cor aparente (uH) | 28 | 81 | 300 | 85 | 15 |
| Cor verdadeira (uH) | 2 | 9 | 47 | 14 | - |
| Cloretos mg/L | 18 | 40 | 118 | 34 | 250 |
| Alcalinidade mg/L | 2 | 27 | 100 | 41 | - |
| Sulfato mg/L | 0 | 13 | 51 | 18 | 250 |
| Nitrogênio Amoniacal mg/L | 0 | 0,003 | 1,3 | 0,6 | 3,7 |
| Nitrito mg/L | 0,0009 | 0,003 | 0,009 | 0,003 | 1,0 |
| Nitrato mg/L | 0,003 | 0,02 | 0,1 | 0,03 | 10,0 |
| Fósforo mg/L | 0,00 | 0,6 | 2,2 | 0,7 | 0,05 |
| Clostridium Perfringens NNP/100ml | 6×10^3 | $5,1 \times 10^4$ | $1,7 \times 10^5$ | $7,9 \times 10^4$ | $3,5 \times 10^6$ |
| DBO5 mg/L | 0,5 | 5,0 | 6,8 | 1,3 | 5,0 |
| Sólidos sedimentados ml/L | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |

Fonte: LSA/CTEC-UFAL, (2013).

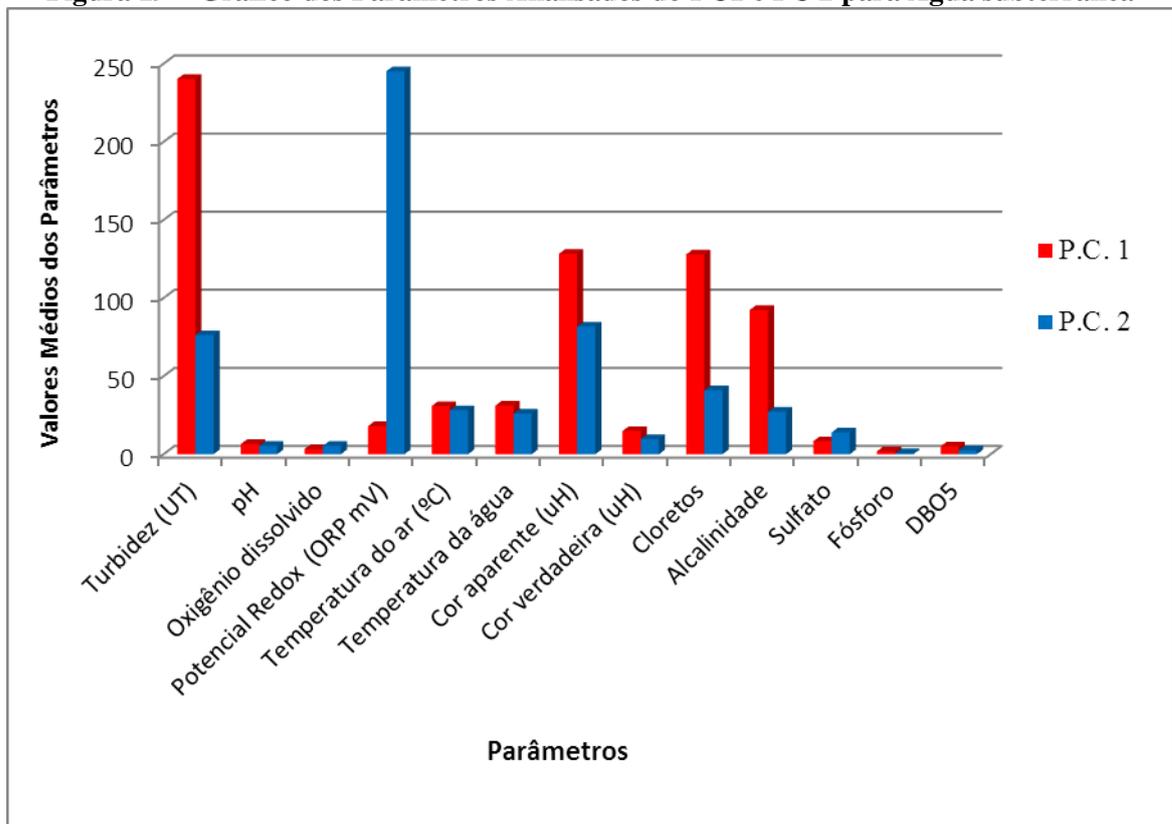
Observando as Tabelas 9 do PC 2 e a Tabela 7 do PC 1, nota-se que alguns parâmetros do Ponto de Controle 1 estão mais elevados do que os analisados no Ponto de Controle 2. Isso pode ser em função de vários fatores, entre eles as contribuições laterais através da interligação entre aquíferos, fazendo com que haja uma autodepuração no corpo hídrico reduzindo os valores no Ponto de Controle 2 e também a população que no PC 1 é maior que no PC 2 que conforme o IBGE (senso 2010 apud Alves, 2013), no PC 1 a população que lança no subterrâneo é de 23.249 habitantes e no PC 2 é de 6.870 habitantes, perfazendo um percentual de 77,19% no PC 1 e de 22,81% no PC 2.

Observa-se, ainda, que mesmo com a possível contribuição recebida pelos aquíferos, através da interligação lateral entre eles e da população inserida na área relacionada

exclusivamente no PC 2 ser menor que do PC 1, cinco parâmetros ainda estão fora das normas estipuladas pela legislação específica, são eles, pH, Condutividade, Sólidos Dissolvidos totais, cor aparente e fósforo.

O gráfico da Figura 19 apresenta as análises de alguns parâmetros no Ponto de Controle 2, em relação ao PC 1.

Figura 19 – Gráfico dos Parâmetros Analisados do PC1 e PC 2 para Água subterrânea



Fonte: LSA/CTEC-UFAL, (2013).

Para água superficial no Ponto de Controle 2 os valores encontrados através das análises estão especificados na Tabela 10.

Tabela 10 – Valores dos Parâmetros analisados para água superficial em 9 coletas para o Ponto de Controle 2

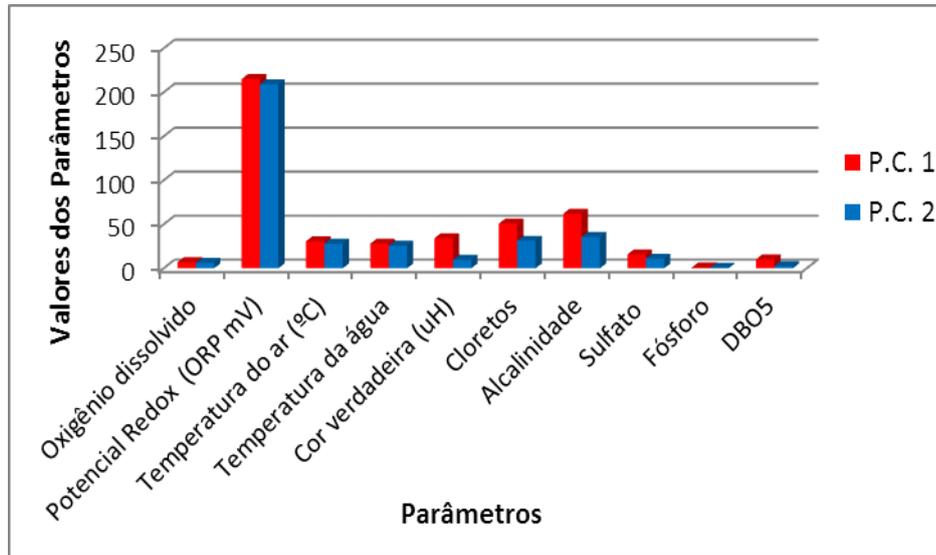
| PARÂMETROS | Mínimo | Médio | Máximo | Desvio Padrão | Máximo Permitido pelas Normas |
|--------------------------------------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------------------|
| Turbidez (UT) | 19,3 | 235 | 939 | 353,04 | 100 (UT) |
| pH | 6,4 | 7,03 | 7,4 | 0,2 | 6,0 a 9,0 |
| Condutividade elétrica (mS/cm) | 0,1 | 0,3 | 0,4 | 0,09 | 0,1(mS/cm) |
| Oxigênio dissolvido | 4,5 | 6,2 | 8,2 | 1,3 | 5,0 |
| Sólidos dissolvidos totais (TDS g/L) | 0,09 | 0,2 | 0,3 | 0,07 | 0,5 |
| Salinidade (%) | 0,07 | 0,1 | 0,2 | 0,06 | 0,5 |
| Potencial Redox (ORPmV) | 98 | 209 | 386 | 106 | - |
| Temperatura do ar (°C) | 25,5 | 28,17 | 31 | 1,9 | - |
| Temperatura da água (°C) | 24,5 | 25,9 | 27,1 | 0,8 | - |
| Cor aparente (uH) | 62,9 | 220 | 946 | 313 | 15 |
| Cor verdadeira (uH) | 2,4 | 9,7 | 47 | 14,2 | - |
| Cloretos mg/L | 21,6 | 31,2 | 54,4 | 11,2 | 250 |
| Alcalinidade mg/L | 4,5 | 35,6 | 100 | 36,7 | - |
| Sulfato mg/L | 0 | 11,1 | 24,4 | 8,7 | 250 |
| Nitrogênio Amoniacal mg/L | 0,5 | 0,02 | 4,01 | 1,5 | 3,7 |
| Nitrito mg/L | 0,002 | 0,05 | 0,2 | 0,04 | 1,0 |
| Nitrato mg/L | 0,04 | 0,09 | 0,2 | 0,05 | 10,0 |
| Fósforo mg/L | 0,3 | 1,4 | 6,5 | 2,08 | 0,05 |
| Clostridium Perfringens NNP/100ml | 4×10^4 | $2,8 \times 10^4$ | $1,4 \times 10^5$ | $1,3 \times 10^4$ | 6×10^5 |
| DBO5 mg/L | 1,5 | 7,5 | 12,1 | 3,7 | 5,0 |
| Sólidos sedimentados ml/L | 0,3 | 3,6 | 10,2 | 5,7 | 0,1 |

Fonte: LSA/CTEC-UFAL, (2013).

Observando os valores obtidos com as análises no PC 2 (Tabela 10) e PC 1 (Tabela 8) para águas superficiais, percebe-se que vários parâmetros analisados com as amostras do PC 1 estão acima dos valores encontrados no PC 2 conforme se vê no gráfico da Figura 20. Isto pode ser explicado em função do aumento da área de contribuição da bacia hidrográfica para o Ponto de Controle 2, bem como por parte da vegetação nativa nesta área encontrar-se preservada. Nessas condições pode haver um indicativo de que ocorreu uma autodepuração entre o PC 1 e o PC 2, tornando a água de melhor qualidade do que a analisada no PC 1, que segundo Souza (2012) áreas preservadas com vegetação nativa podem proporcionar condições ambientais favoráveis aos recursos hídricos.

Mesmo com áreas preservadas nas proximidades do PC 2, seis parâmetros tiveram seus valores acima das normas, são eles, Turbidez, Condutividade Elétrica, Cor aparente, Fosforo, DBO5 e Sólidos Sedimentados.

Figura 20 – Gráfico dos Parâmetros Analisados do PC1 e PC 2 para Água Superficial

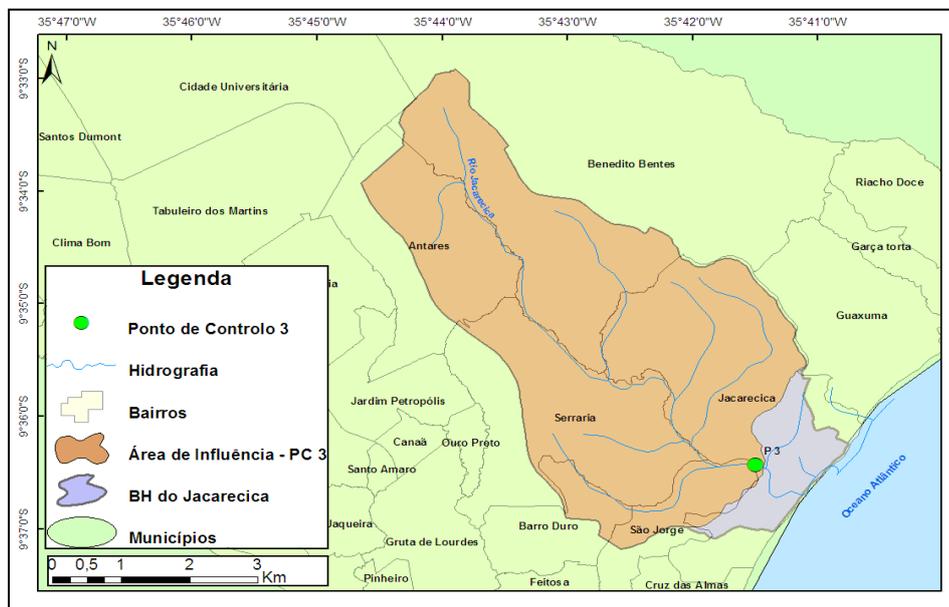


Fonte: LSA/CTEC-UFAL, (2013).

5.1.3 Ponto de controle 3 – PC 3

A Figura 21 mostra toda área de influência do Ponto de Controle 3. Essa área recebe todas as contribuições oriundas dos outros Pontos de Controle 1 e 2 a montante.

Figura 21 – Área de Influência do Ponto de Controle 3



Fonte: Autor, (2014).

É observado pelo mapa da Figura 21 que a área de influência para recebimento de cargas de efluentes no PC 3 é muito maior que dos outros Pontos de Controle 1 e 2. Os

perigos nessa área é principalmente representado pela população residente somada com a população dos Pontos de Controle 1 e 2 que tem o total de 55.144 habitantes.

Bidabadi e Narasbadi (2013) explicam que supostamente, os riscos de contaminação de área que recebe carreamentos de contaminantes vindos também de outros pontos são muito maiores que das outras áreas que recebem efluentes apenas da própria localidade. Esclarece, ainda, que os impactos negativos nos recursos hídricos nessas áreas que recebem contaminantes oriundos de outras partes, são de maiores intensidades. Ainda de acordo com os mesmos autores, contaminações, tanto de águas subterrâneas como de águas superficiais, estão intrinsecamente ligadas a áreas que recebem mais contribuição de carreamentos de contaminantes.

Observando a Tabela 11, que apresenta análises de água subterrânea no Ponto de Controle 3, observa-se que alguns parâmetros apresentaram valores acima dos analisados dos PC 1 e 2, esses mesmos parâmetros encontram-se fora das normas legais.

Tabela 11 – Valores dos Parâmetros analisados para água Subterrânea no PC3

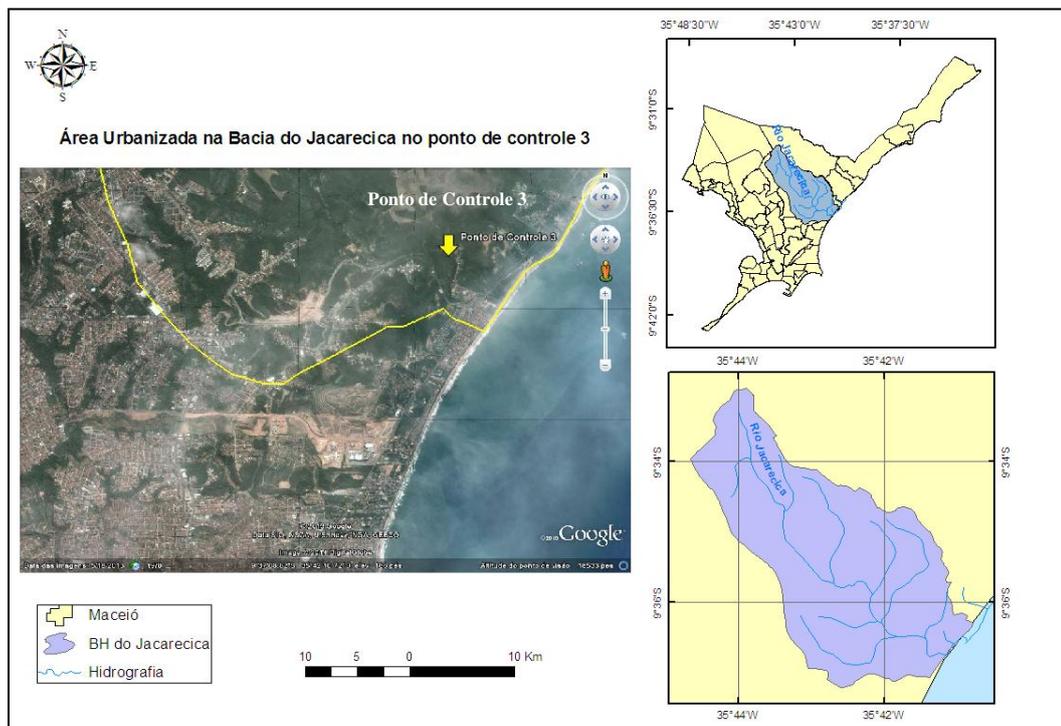
| PARÂMETROS | Mínimo | Médio | Máximo | Desvio Padrão | Máximo Permitido pelas Normas |
|--------------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------|-------------------|-------------------------------|
| Turbidez (UT) | 34,3 | 367,9 | 645 | 223,3 | 100 (UT) |
| pH | 6,6 | 6,9 | 7,4 | 0,3 | 6,0 a 9,0 |
| Condutividade elétrica (mS/cm) | 0,8 | 1,4 | 2,02 | 0,5 | 0,1(mS/cm) |
| Oxigênio dissolvido | 3 | 6,6 | 12,3 | 2,9 | 5,0 |
| Sólidos dissolvidos totais (TDS g/L) | 0,5 | 0,9 | 1,1 | 0,3 | 0,5 |
| Salinidade (%) | 0,43 | 1,23 | 3,66 | 1,09 | 0,5 |
| Potencial Redox (ORP mV) | 78,3 | 70,8 | 120,2 | 35,4 | - |
| Temperatura do ar (°C) | 24,5 | 28,4 | 33 | 3,06 | - |
| Temperatura da água (°C) | 25,14 | 26,08 | 27,09 | 0,59 | - |
| Cor aparente (uH) | 33,6 | 269,4 | 631 | 205,2 | 15 |
| Cor verdadeira (uH) | 20,03 | 130 | 368,4 | 129,9 | - |
| Cloretos mg/L | 67,2 | 123,7 | 287,1 | 72,2 | 250 |
| Alcalinidade mg/L | 34,1 | 224,9 | 800 | 268,4 | - |
| Sulfato mg/L | 0 | 13,4 | 53,5 | 16,7 | 250 |
| Nitrogênio Amoniacal mg/L | 0,3 | 0,01 | 4,01 | 1,6 | 3,7 |
| Nitrito mg/L | 0,0009 | 0,009 | 0,02 | 0,008 | 1,0 |
| Nitrato mg/L | 0,0056 | 0,021 | 0,060 | 0,018 | 10,0 |
| Fósforo mg/L | 0,3 | 2,05 | 11,5 | 3,8 | 0,05 |
| Clostridium Perfringens NNP/100ml | 8×10^3 | $2,8 \times 10^5$ | 9×10^5 | $4,2 \times 10^5$ | 3×10^5 |
| DBO5 mg/L | 0,05 | 5,7 | 7,8 | 2,4 | 5,0 |
| Sólidos sedimentados ml/L | 0,1 | 0,6 | 1,2 | 0,5 | 0,1 |

Fonte: LSA/CTEC-UFAL, (2013).

Para esta área da Bacia do Jacarecica as análises corroboram em parte com a afirmação de Bidabadi e Narasbadi (2013), dos parâmetros analisados oito estavam acima dos valores normatizados.

Nesse caso, para esses parâmetros não houve uma suposta autodepuração. Isso pode ter ocorrido devido às contribuições dos lançamentos de efluentes subterrâneos da parte urbanizada nas proximidades do Ponto de Controle 3 como é visto na Figura 22. Esta localidade e também outras áreas da bacia, não dispõem de rede coletora de efluentes, sendo estes lançados em sumidouros ou diretamente no rio Jacarecica (SOUZA, 2012).

Figura 22 – Imagem de satélite da área urbanizada no Ponto de Controle 3



Fonte: Google Earth, (2013).

Analisando a Tabela 12 do PC 3, nota-se que para água superficial alguns parâmetros analisados tiveram valores inferiores aos do Ponto de Controle 1 e Ponto de Controle 2.

Tabela 12 – Valores dos Parâmetros analisados no PC 3 para água superficial

| PARÂMETROS | Mínima | Média | Máxima | Desvio Padrão | Máximo Permitido pelas Normas |
|-----------------------------------|--------------------|----------------------|--------------------|--------------------|-------------------------------|
| Turbidez (NTU) | 22 | 132 | 672 | 210 | 100 (UT) |
| pH | 6,2 | 7,01 | 7,5 | 0,35 | 6,0 a 9,0 |
| Condutividade elétrica (mS/cm) | 0,1 | 0,3 | 0,5 | 0,1 | 0,1(mS/cm) |
| Oxigênio dissolvido | 3,29 | 5,71 | 9,09 | 2,27 | 5,0 |
| Sólidos dissolvidos totais | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,07 | 0,5 |
| Salinidade (%) | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,04 | 0,5 |
| Potencial Redox - ORP | 79 | 304 | 342 | 66 | - |
| Temperatura do ar (°C) | 24 | 28 | 33 | 3 | - |
| Temperatura da água (°C) | 24 | 25 | 26 | 0,7 | - |
| Cor aparente (uH) | 68 | 188 | 756 | 223 | 15 |
| Cor verdadeira (uH) | 3 | 41 | 85 | 31 | - |
| Cloretos mg/L | 23 | 29 | 39 | 5 | 250 |
| Alcalinidade mg/L | 5 | 35 | 100 | 30 | - |
| Sulfato mg/L | 0 | 11 | 25 | 7 | 250 |
| Nitrogênio Amoniacal mg/L | 0 | 0,01 | 2 | 1,2 | 3,7 |
| Nitrito mg/L | 0,03 | 0,07 | 0,2 | 0,05 | 1,0 |
| Nitrato mg/L | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,07 | 10,0 |
| Fósforo mg/L | 0,4 | 1,2 | 5,8 | 1,8 | 0,05 |
| Clostridium Perfringens NNP/100ml | 4×10^{-4} | $3,3 \times 10^{-5}$ | 9×10^{-5} | 4×10^{-4} | 6×10^{-5} |
| DBO5 mg/L | 0,04 | 6,6 | 14 | 5,1 | 5,0 |
| Sólidos sedimentados (ml/L) | 0,1 | 0,6 | 2,7 | 0,8 | 0,1 |

Fonte: LSA/CTEC-UFAL, (2013).

Esses resultados podem ter ocorrido devido à grande concentração urbana e de indústrias que estão dentro e nas proximidades dos Pontos de Controle 1 e 2, e que supostamente a ocorrência de autodepuração dos efluentes na água superficial foi maior no Ponto de Controle 3, provavelmente devido a contribuições de drenagens que fluem suas águas direcionadas para o Ponto de Controle 3.

Segundo Bidabadi e Narasbadi (2013), autodepuração de efluentes pelo rio acontece por diversos fatores entre eles as contribuições de drenagens ao longo da bacia e as precipitações nas estações chuvosas.

Mesmo com esse resultado alguns parâmetros ainda tiveram valores fora das normas, como a Turbidez, Condutividade Elétrica, Cor Aparente, Fósforo e DBO5.

5.2 Análise de risco na BH do jacareica

A aplicação de metodologias para avaliação de riscos em recursos hídricos é fundamental para elaborar estratégias de ação, de forma que os gestores desses recursos

planejem suas políticas voltadas à atenuação de perigos, afastando da população riscos iminentes advindos de diversas atividades (BUENO et al. 2008).

Aplicando a metodologia proposta, dando pesos às diversas situações previstas nas Tabelas 3 e 4, obteve-se através de uma Análise Antecipada de Risco os resultados para cada um dos PCs.

Ponto de Controle 1- PC1

Águas Subterrâneas

As frequências dos lançamentos e do grau de severidade dos danos para água subterrânea na área de influência do PC1 foram determinadas, conforme Tabelas 13 e 14. De acordo com a Tabela 13 a média geral da frequência foi 3,87, aproximadamente 4, o que representa a categoria *Muito Frequente* cuja descrição é *esperado acontecer constantemente* (ver eixo Y da Matriz de Risco). Para o caso da Severidade, obteve-se um valor de 3,72 que na Tabela 14, aproximadamente 4 apresentando *danos moderados* na Matriz de Risco (eixo X).

**Tabela 13 - Frequência de lançamento de efluentes para
Água subterrânea na Área de Influência do PC1**

| EMPREENHIMENTO | FREQUÊNCIA DO LANÇAMENTO | PESOS |
|--|--------------------------|-------------|
| Fábrica de suco | Diário | 4 |
| Fábrica de Alimentos | Semanal | 3 |
| Fábrica de produtos Sanitários | Diário | 4 |
| Fábrica de Medicamentos | Diário | 4 |
| Fábrica de concretagem | Diário | 4 |
| Fábrica de Plástico | Diário | 4 |
| Fábrica de Plástico | Diário | 4 |
| População que lança | Diário | 4 |
| MÉDIA GERAL DA FREQUÊNCIA $Y = \frac{31}{8}$ | | 3,87 |

Fonte: IMA, SEMPMA e Empresas, (2013).

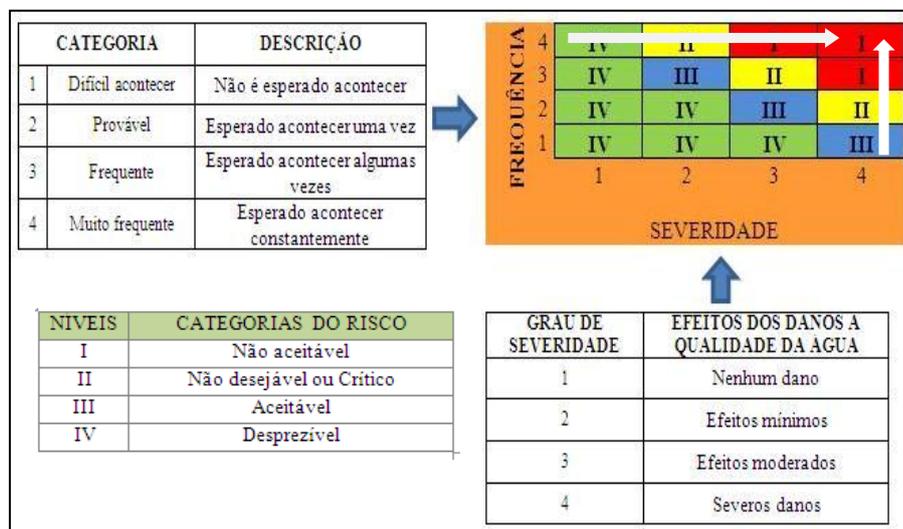
Tabela 14 – Severidade dos Danos na área de Influência do PC 1 para água subterrânea

| Empreendimento | Tempo de funcionamento (w x f) | Eficiência do tratamento (w x f) | População atingida (w x f) | Grau de severidade | Dano para o Aquífero | Medida Mitigadora |
|--|--------------------------------|----------------------------------|----------------------------|--------------------|----------------------|-------------------------------------|
| Fábrica de suco | 10 a 20 anos (1x0,8) | Não informado (2x1) | mais de 30 mil hab. (1X1) | 3,8 | Severo dano | Melhorar a eficiência do tratamento |
| Fábrica de Alimentos | 10 a 20 anos (1x0,8) | Não Informado (2x1) | mais de 30 mil hab. (1X1) | 3,8 | Severo dano | Melhorar a eficiência do tratamento |
| Fábrica de prod. Sanitários | Mais de 20 anos (1x1) | Não informado (2x1) | mais de 30 mil hab. (1X1) | 4 | Severo dano | Melhorar o sistema de tratamento |
| Fábrica de Medicamentos | Mais de 20 anos (1x1) | Não informado (2x1) | mais de 30 mil hab. (1X1) | 4 | Severo dano | Melhorar o sistema de tratamento |
| Fábrica de concretagem | 10 a 20 anos (1x0,8) | Não informado (2x1) | mais de 30 mil hab. (1X1) | 3,8 | Severo dano | Melhorar a eficiência do tratamento |
| Fábrica de Plástico | 1 a 5 anos (1x0,2) | Não informado (2x1) | mais de 30 mil hab. (1X1) | 3,2 | Dano Moderado | Melhorar o sistema de tratamento |
| Fábrica de Plástico | 1 a 5 anos (1x0,2) | Não informado (2x1) | mais de 30 mil hab. (1X1) | 3,2 | Dano Moderado | Melhorar o sistema de tratamento |
| População que lança | Mais de 20 anos (1x1) | <85% (2x1) | mais de 30 mil hab. (1X1) | 4 | Severo dano | Melhorar o sistema de tratamento |
| Média Geral do grau de severidade $X = \sum \frac{w \cdot f}{n}$ | | | | 3,72 | Severos Danos | |

Fonte: IMA, SEMPMA, Empresas e IBGE (2010) apud Alves (2013).

Realizado o cruzamento da frequência com grau de severidade o resultado obtido foi que, o cruzamento resultou em nível I vermelho e alto, isso significa que o risco estimado de contaminação da água subterrânea na área de influência do Ponto de Controle 1 segundo o quadro 3 não é aceitável conforme Figura 23.

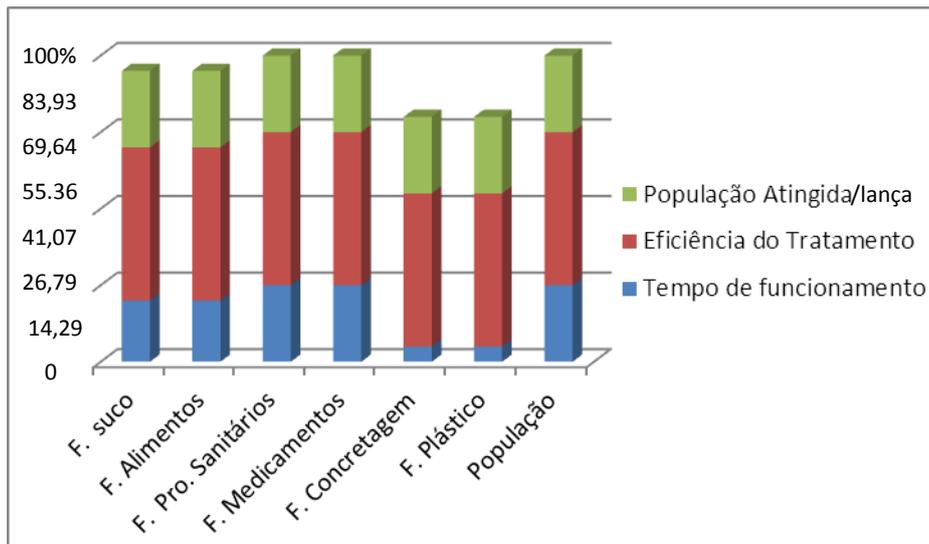
Figura 23 – Matriz de Classificação de Níveis de Risco para água subterrânea no PC1



Fonte: Adaptado de Araujo et al. (2001) apud Alves (2013).

Conforme Gráfico da Figura 24, as atividades que mais contribuíram para os riscos na água subterrânea no PC 1 foram a população, a Fábrica de Produtos Sanitários e a Fábrica de Medicamento. Quanto ao fator dessas atividades que mais contribuiu para o risco foi a eficiência do tratamento devido ao peso atribuído ser maior que os outros dois fatores.

Figura 24 – Atividades com mais risco para água subterrânea no PC 1



Fonte: IMA, SEMPMA, Empresas e IBGE Senso (2010) apud Alves (2013).

Água superficial

Determinados os valores da frequência dos lançamentos e do grau de severidade dos danos para água superficial no PC 1, conforme Tabelas 15 e 16, foi realizado o cruzamento entre eles que está enfatizado na Figura 25. A frequência calculada consta na Tabela 15 com a média exata de valor 4. Já o cálculo para grau de severidade resultou no valor de 3,2 e o mesmo foi aproximado para 3 (Tabela 15).

Tabela 15 - Frequência de lançamento de efluentes para Água superficial na Área de Influência do PC1

| EMPREENHIMENTO | FREQUÊNCIA DO LANÇAMENTO | PESOS |
|---|--------------------------|----------|
| Fábrica de bebidas | Diário | 4 |
| Fábrica de fertilizantes | Diário | 4 |
| População que lança | Diário | 4 |
| MÉDIA GERAL DA FREQUÊNCIA $Y = \frac{12}{3}$ | | 4 |

Fonte: IMA, SEMPMA e Empresas, (2013).

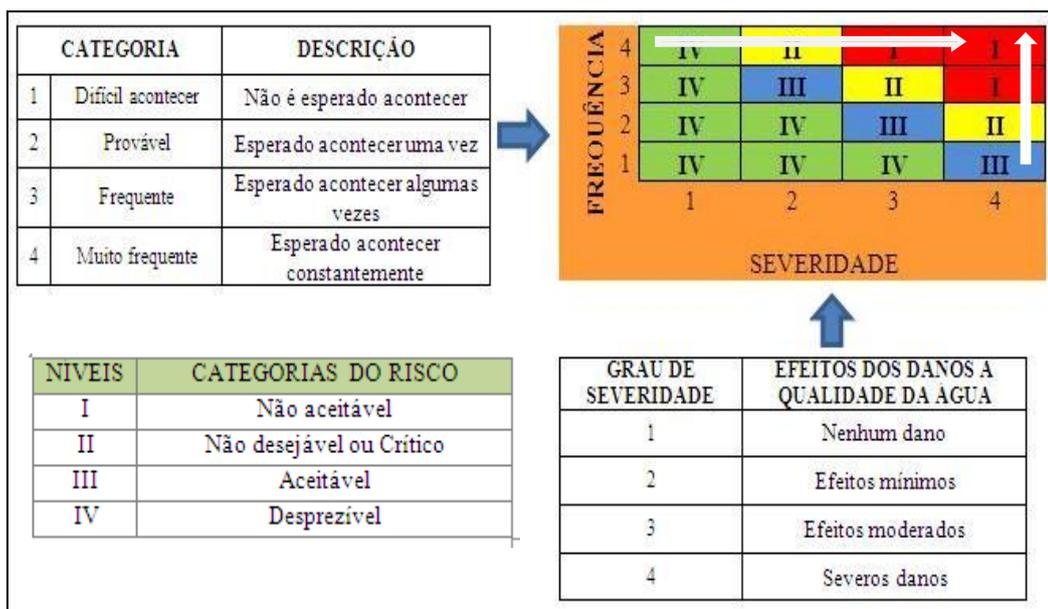
Tabela 16 – Severidade dos Danos na área de Influência do PC 1 para água superficial

| Empreendimento | Tempo de funcionamento (w x f) | Eficiência do tratamento (w x f) | População que lança na área de Influência do PC1 (w x f) | Grau de severidade | Dano para o rio | Medida Mitigadora |
|--|--------------------------------|----------------------------------|--|--------------------|----------------------|-------------------------------------|
| Fábrica de Bebidas | Mais de 20 anos (1x1) | Não informado (2x1) | mais de 30 mil hab. (1X1) | 4 | Severo Dano | Melhorar a eficiência do tratamento |
| Fábrica de Fertilizantes | Mais de 20 anos (1x1) | Não Informado (2x1) | mais de 30 mil hab. (1X1)) | 4 | Severo Dano | Melhorar a eficiência do tratamento |
| População que lança | Mais de 20 anos (1x1) | <85% (2x1) | mais de 30 mil hab. (1X1) | 4 | Severo Dano | Melhorar a eficiência do tratamento |
| Média Geral do grau de severidade $X = \sum \frac{w \cdot f}{n}$ | | | | 4 | Severos Danos | |

Fonte: IMA, SEMPMA, Empresas e IBGE (2010) apud Alves (2013).

O valor calculado para frequência na Tabela 15 foi 4, esse valor foi lançado na matriz de risco na Figura 25 fazendo o cruzamento com o valor da severidade que teve resultado 4 através do cálculo realizado na Tabela 16, após o cruzamento mais uma vez o nível foi I vermelho alto, igualmente ao da água subterrânea, não sendo aceitável também para água superficial.

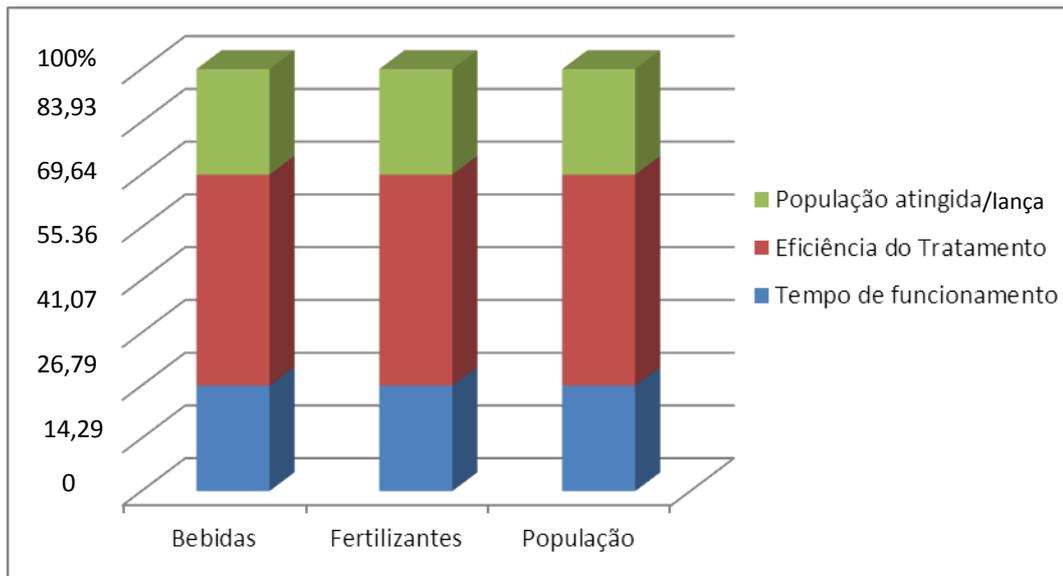
Figura 25 – Matriz de Classificação de Níveis de Risco para água superficial no PC1



Fonte: Adaptado de Araujo et al. (2001).

A Figura 26 expõe quais as atividades foram mais contundentes nos riscos para água superficial no PC 1 e qual o fator que mais foi preponderante para o risco de contaminação. Percebe-se pelo Figura que houve uma igualdade de contribuição pelas atividades, e o fator que mais influenciou no risco foi a população atingida.

Figura 26 – Atividades com mais risco para água superficial no PC 1



Fonte: IMA, SEMPMA, Empresas e IBGE Senso (2010) apud Alves (2013).

O nível de risco I não é aceitável para área do PC 1, É onde estão localizadas nas proximidades as atividades potencialmente poluidoras do Distrito Industrial de Maceió mostradas na Figura 11.

A população também contribuiu para o resultado estabelecido, que tem uma população somada dos dois bairros dentro da Bacia e na área de influência do PC 1 de 10.308 habitantes onde os efluentes são lançados sem tratamento no subsolo ou diretamente no rio.

Ponto de controle 2 – PC 2

Água subterrânea

Para a água subterrânea no PC 2, após cálculo da frequência que resultou em 3,87, esse valor é aproximado para 4 conforme é visto na Tabela 17. Quanto ao valor da severidade obteve-se o resultado aproximado de 4 como está explícito na Tabela 18.

A média geral da frequência é a média resultante da soma dos pesos da frequência dividido pela quantidade de empreendimentos, no caso da severidade são as somas dos

valores calculados ($w \times f$) de cada empreendimento dividido pela quantidade de empreendimentos para fazer o cruzamento na Matriz de risco.

Tabela 17 - Frequência de Lançamento de Efluentes para Água Subterrânea na Área de Influência do PC 2

| EMPREENHIMENTO | FREQUÊNCIA DO LANÇAMENTO | PESOS |
|--|--------------------------|-------------|
| Fábrica de suco | Diário | 4 |
| Fábrica de Alimentos | Semanal | 3 |
| Fábrica de produtos Sanitários | Diário | 4 |
| Fábrica de Medicamentos | Diário | 4 |
| Fábrica de concretagem | Diário | 4 |
| Fábrica de Plástico | Diário | 4 |
| Fábrica de Plástico | Diário | 4 |
| População que lança | Diário | 4 |
| MÉDIA GERAL DA FREQUÊNCIA $\bar{Y} = \frac{\sum Y}{n}$ | | 3,87 |

Fonte: IMA, SEMPMA, e Empresas, (2013).

Tabela 18 – Severidade dos Danos na área de Influência do PC 2 para água subterrânea

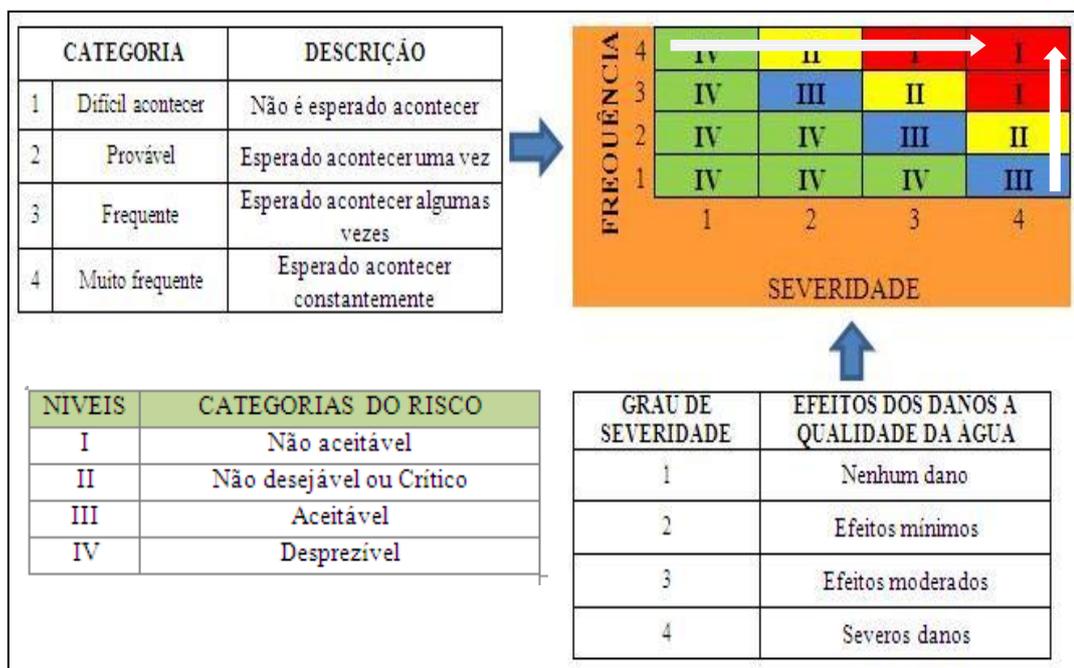
| Empreendimento | Tempo de funcionamento ($w \times f$) | Eficiência do tratamento ($w \times f$) | População atingida ($w \times f$) | Grau de severidade | Dano para o Aquífero | Medida Mitigadora |
|--|---|---|-------------------------------------|--------------------|----------------------|-------------------------------------|
| Fábrica de suco | 10 a 20 anos (1x0,8) | Não informado (2x1) | mais de 30 mil hab. (1X1) | 3,8 | Severo Dano | Melhorar a eficiência do tratamento |
| Fábrica de Alimentos | 10 a 20 anos (1x0,8) | Não Informado (2x1) | mais de 30 mil hab. (1X1) | 3,8 | Severo Dano | Melhorar a eficiência do tratamento |
| Fábrica de prod. Sanitários | Mais de 20 anos (1x1) | Não informado (2x1) | mais de 30 mil hab. (1X1) | 4 | Severo Dano | Melhorar a eficiência do tratamento |
| Fábrica de Medicamentos | Mais de 20 anos (1x1) | Não informado (2x1) | mais de 30 mil hab. (1X1) | 4 | Severo Dano | Melhorar a eficiência do tratamento |
| Fábrica de concretagem | 10 a 20 anos (1x0,8) | Não informado (2x1) | mais de 30 mil hab. (1X1) | 3,8 | Severo Dano | Melhorar a eficiência do tratamento |
| Fábrica de Plástico | 1 a 5 anos (1x0,2) | Não informado (2x1) | mais de 30 mil hab. (1X1) | 3,2 | Dano Moderado | Monitoramento do lançamento |
| Fábrica de Plástico | 1 a 5 anos (1x0,2) | Não informado (2x1) | mais de 30 mil hab. (1X1) | 3,2 | Dano Moderado | Monitoramento do lançamento |
| População que lança | Mais de 20 anos (1x1) | <85% (2x1) | mais de 30 mil hab. (1X1) | 4 | Severo Dano | Melhorar a eficiência do tratamento |
| Média Geral do grau de severidade $\bar{X} = \frac{\sum w \cdot f}{n}$ | | | | 3,72 | Severos Danos | |

Fonte: IMA, SEMPMA, Empresas e IBGE (2010) apud Alves (2013).

Calculados os valores da frequência dos lançamentos e do grau de severidade dos danos para água subterrânea no PC 2 foi realizado o cruzamento entre eles, conforme Figura 27.

Conforme os valores calculados na Tabela 17 e Tabela 18 e após ter sido realizado o cruzamento na Matriz de Risco, o resultado para água subterrânea no PC 2 foi o mesmo ocorrido no PC 1, ou seja, nível I vermelho e mais uma vez sendo alto sendo este risco não aceitável.

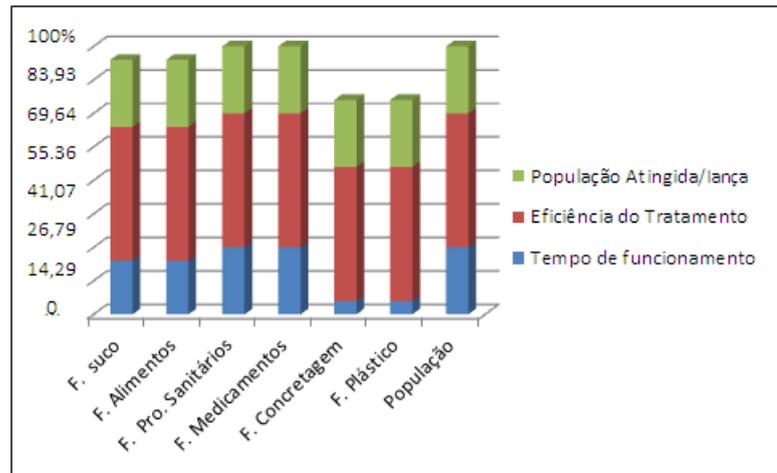
Figura 27 – Matriz de Classificação de Níveis de Risco para água subterrânea no PC2



Fonte: Adaptado de Araujo et al. (2001).

A Figura 28 mostra o Gráfico das atividades e seus fatores, os quais tiveram maior ou menor influência no risco de contaminação às águas subterrâneas no PC 2. É percebido que o resultado foi igual ao do PC 1, as atividades que mais influenciaram no risco de contaminação foram a População, Fábrica de Produtos Sanitários e Fábrica de Medicamentos, e o fator que mais influenciou foi novamente a eficiência do tratamento.

Figura 28 – Atividades com mais risco para água subterrânea no PC 2



Fonte: IMA, SEMPMA, Empresas e IBGE Senso (2010) apud Alves (2013).

Água superficial

Os valores da frequência dos lançamentos e do grau de severidade dos danos para água superficial para o PC 2 conforme Tabela 19 e Tabela 20, são respectivamente 4 para frequência e 4 para severidade.

Tabela 19 - Frequência de lançamento de efluentes para Água superficial na Área de Influência do PC 2

| EMPREENHIMENTO | FREQUÊNCIA DO LANÇAMENTO | PESOS |
|---|--------------------------|----------|
| Fábrica de bebidas | Diário | 4 |
| Fábrica de fertilizantes | Diário | 4 |
| População que lança | Diário | 4 |
| MÉDIA GERAL DA FREQUÊNCIA $\gamma = \frac{12}{3}$ | | 4 |

Fonte: IMA, SEMPMA e Empresas, (2013).

Tabela 20 – Severidade dos Danos na área de Influência do PC 2 para água superficial

| Empreendimento | Tempo de funcionamento (w x f) | Eficiência do tratamento (w x f) | População atingida (w x f) | Grau de severidade | Dano para o rio | Medida Mitigadora |
|---|--------------------------------|----------------------------------|----------------------------|--------------------|----------------------|-------------------------------------|
| Fábrica de Bebidas | Mais de 20 anos (1x1) | Não informado (2x1) | mais de 30 mil hab. (1X1) | 4 | Severo dano | Melhorar a eficiência do tratamento |
| Fábrica de Fertilizantes | Mais de 20 anos (1x1) | Não Informado (2x1) | mais de 30 mil hab. (1X1) | 4 | Severo dano | Melhorar a eficiência do tratamento |
| População que lança | Mais de 20 anos (1x1) | <85% (2x1) | mais de 30 mil hab. (1X1) | 4 | Severo dano | Melhorar a eficiência de tratamento |
| Média Geral do grau de severidade $X = \frac{\sum w \times f}{n}$ | | | | 4 | Severos Danos | |

Fonte: IMA, SEMPMA, Empresas e IBGE (2010) apud Alves (2013).

Com os valores obtidos através dos cálculos da Tabela 19 e Tabela 20, foi realizado o cruzamento na Matriz de Risco, e o resultado para água superficial no PC 2 foi novamente igual ao do PC 1, com nível I e alto de Risco mostrado na Figura 29.

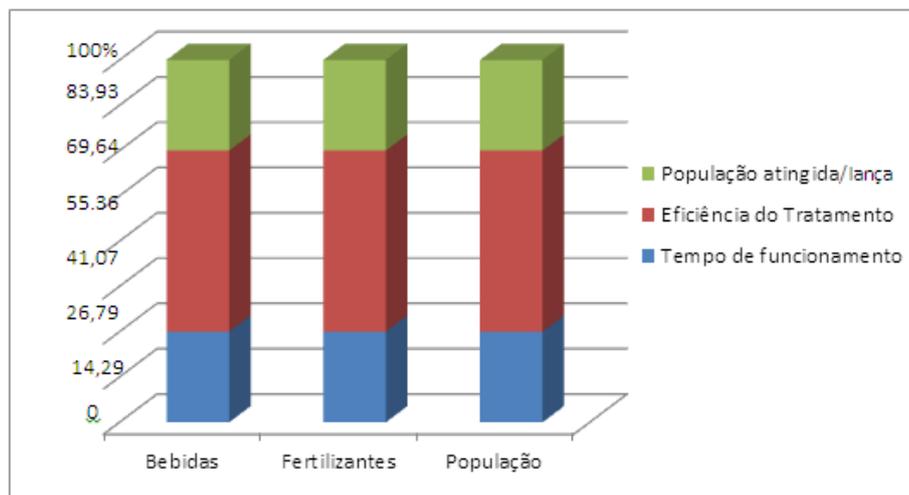
Figura 29 – Matriz de Classificação de Níveis de Risco para água superficial no PC2



Fonte: Adaptado de Araujo et al. (2001).

No Gráfico da Figura 30 é especificado qual atividade mais contribuiu para o risco de contaminação à água Superficial no PC 2, e qual fator foi mais incisivo na contribuição do risco. Observa-se que as contribuições são iguais aos do PC 1, em que todas as atividades tiveram a mesma contribuição e o fator também foi o mesmo, ou seja, Eficiência do tratamento.

Figura 30 – Atividades com mais risco para água superficial no PC 2



Fonte: IMA, SEMPMA, Empresas e IBGE Senso (2010) apud Alves (2013).

A área de influência do PC 2 após ser aplicada a metodologia foi caracterizada como área de risco com nível I, ou seja, quando observado na tabela 3 o risco novamente não é aceitável. Apesar de ficar um pouco mais distante das Atividades Potencialmente Poluidoras situadas no Distrito Industrial, sofre influência dessas atividades que lançam seus efluentes no PC 1, tendo essa água que passar pelo PC 2.

Ponto de controle 3 – PC

Água subterrânea

A Tabela 21 teve seu valor para frequência de 3,87 e aproximado 4, e a Tabela 22 estabeleceu o valor da severidade através do cálculo de 3,72, também aproximado para 4 para serem cruzados na matriz de Risco.

**Tabela 21 - Frequência de lançamento de efluentes para
Água subterrânea na Área de Influência do PC3**

| EMPREENDIMENTO | FREQUÊNCIA DO LANÇAMENTO | PESOS |
|--|--------------------------|-------------|
| Fábrica de suco | Diário | 4 |
| Fábrica de Alimentos | Semanal | 3 |
| Fábrica de produtos Sanitários | Diário | 4 |
| Fábrica de Medicamentos | Diário | 4 |
| Fábrica de concretagem | Diário | 4 |
| Fábrica de Plástico | Diário | 4 |
| Fábrica de Plástico | Diário | 4 |
| População que lança | Diário | 4 |
| MÉDIA GERAL DA FREQUÊNCIA $\bar{Y} = \frac{12}{3}$ | | 3,87 |

Fonte: IMA, SEMPMA e Empresas, (2013).

Tabela 22 – Severidade dos Danos na área de Influência no PC 3 para água subterrânea

| Empreendimento | Tempo de funcionamento (w x f) | Eficiência do tratamento (w x f) | População na área de Influência do PC3 (w x f) | Grau de severidade | Dano para o Aquífero | Medida Mitigadora |
|--|--------------------------------|----------------------------------|--|--------------------|----------------------|-------------------------------------|
| Fábrica de suco | 10 a 20 anos (1x0,8) | Não informado (2x1) | Mais de 30 mil hab (1X1) | 3,8 | Severo dano | Melhorar a eficiência do tratamento |
| Fábrica de Alimentos | 10 a 20 anos (1x0,8) | Não Informado (2x1) | Mais de 30 mil hab (1X1) | 3,8 | Severo dano | Melhorar a eficiência do tratamento |
| Fábrica de prod. Sanitários | Mais de 20 anos (1x1) | Não informado (2x1) | Mais de 30 mil hab (1X1) | 4 | Severo dano | Melhorar o sistema de tratamento |
| Fábrica de Medicamentos | Mais de 20 anos (1x1) | Não informado (2x1) | Mais de 30 mil hab (1X1) | 4 | Severo dano | Melhorar a eficiência do tratamento |
| Fábrica de concretagem | 10 a 20 anos (1x0,8) | Não informado (2x1) | Mais de 30 mil hab (1X1) | 3,8 | Severo dano | Melhorar a eficiência do tratamento |
| Fábrica de Plástico | 1 a 5 anos (1x0,2) | Não informado (2x1) | Mais de 30 mil hab (1X1) | 3,2 | Dano Moderado | Monitoramento do lançamento |
| Fábrica de Plástico | 1 a 5 anos (1x0,2) | Não informado (2x1) | Mais de 30 mil hab (1X1) | 3,2 | Dano Moderado | Monitoramento do lançamento |
| População que lança | Mais de 20 anos (1x1) | <85% (2x1) | Mais de 30 mil hab (1X1) | 4 | Severo dano | Melhorar o sistema de tratamento |
| Média Geral do grau de severidade $X = \sum \frac{w \cdot f}{n}$ | | | | 3,72 | Severos Danos | |

Fonte: IMA, SEMPMA, Empresas e IBGE (2010) Apud Alves (2013).

Com os valores calculados da frequência dos lançamentos, este sendo 4, e do grau de severidade dos danos para água subterrânea na área de influência do PC 3 também 4, foi realizado o cruzamento entre eles que está conforme Figura 31. Novamente esses valores tiveram o mesmo resultado na matriz de risco dos PC 1 e 2, com nível I e alto, e que o risco também não é aceitável para essa área.

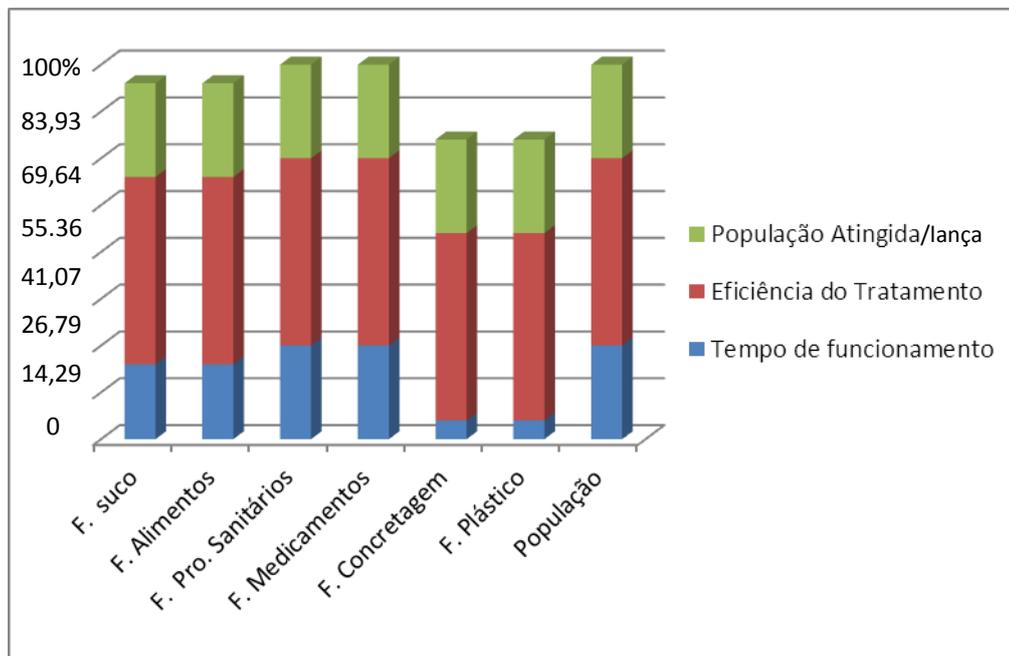
Figura 31 – Matriz de Classificação de Níveis de Risco para água subterrânea no PC3



Fonte: Adaptado de Araujo et al. (2001).

Conforme o Gráfico da Figura 32 as atividades que mais contribuíram para o risco na área de influência do PC 3 para água subterrânea foram as mesmas dos PC 1 e 2, Produtos Sanitários, Medicamentos e População e o fator de risco também foi a eficiência do tratamento.

Figura 32 – Atividades com mais risco para água subterrânea no PC 3



Fonte: IMA, SEMPMA, Empresas e IBGE Senso (2010) apud Alves (2013).

Água Superficial

O valor da frequência para água superficial no PC 3, conforme a Tabela 23, é exatamente 4, e para a severidade após o cálculo também 4.

Tabela 23 - Frequência de lançamento de efluentes para Água superficial na Área de Influência do PC 3

| EMPREENHIMENTO | FREQUÊNCIA DO LANÇAMENTO | PESOS |
|--|--------------------------|----------|
| Fábrica de bebidas | Diário | 4 |
| Fábrica de fertilizantes | Diário | 4 |
| População que lança | Diário | 4 |
| MÉDIA GERAL DA FREQUÊNCIA $\gamma = \frac{12}{3}$ | | 4 |

Fonte: IMA, SEMPMA e empresas, (2013).

Tabela 24 – Severidade dos Danos na área de Influência no PC 3 para água superficial

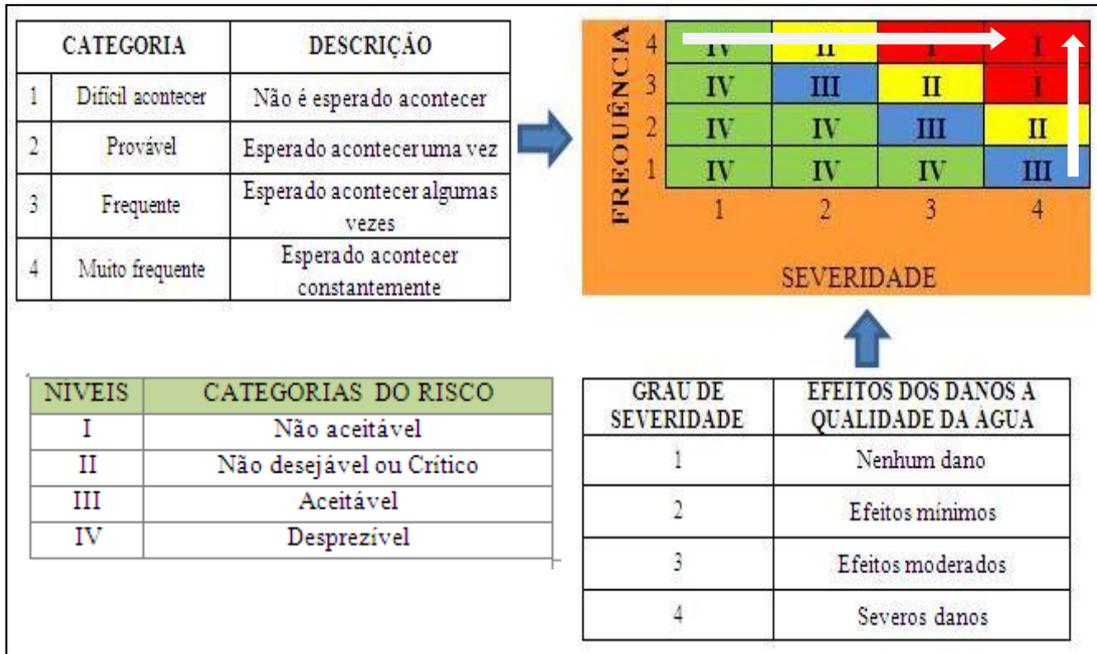
| Empreendimento | Tempo de funcionamento (w x f) | Eficiência do tratamento (w x f) | População atingida na área de influência do PC 3 (w x f) | Grau de severidade | Dano para o rio | Medida Mitigadora |
|---|--------------------------------|----------------------------------|--|--------------------|----------------------|-------------------------------------|
| Fábrica de Bebidas | Mais de 20 anos (1x1) | Não informado (2x1) | Mais de 30 mil hab (1X1) | 4 | Severo dano | Melhorar a eficiência do tratamento |
| Fábrica de Fertilizantes | Mais de 20 anos (1x1) | Não Informado (2x1) | Mais de 30 mil hab (1X1) | 4 | Severo dano | Melhorar a eficiência do tratamento |
| População que lança | Mais de 20 anos (1x1) | <85% (2x1) | Mais de 30 mil hab (1X1) | 4 | Severo dano | Melhorar a eficiência do tratamento |
| Média Geral do grau de severidade $X = \sum \frac{w \cdot f}{n}$ | | | | 4 | Severos Danos | |

Fonte: IMA, SEMPMA, Empresas e IBGE (2010) apud Alves (2013).

Com os cálculos da frequência e da severidade para água superficial conforme Tabela 23 e Tabela 24, foi realizado o cruzamento na Matriz de Risco conforme Figura 33. Mais uma vez o resultado foi igual aos PCs 1 e 2, com Nível I e vermelho de risco, não sendo aceitável também para área de influência do PC 3 para água superficial. Destaca-se a

população que é atingida após o PC 3, como o PC 3 está bem próximo a foz e o rio deságua no oceano, essa população é considerada inexistente ou zero.

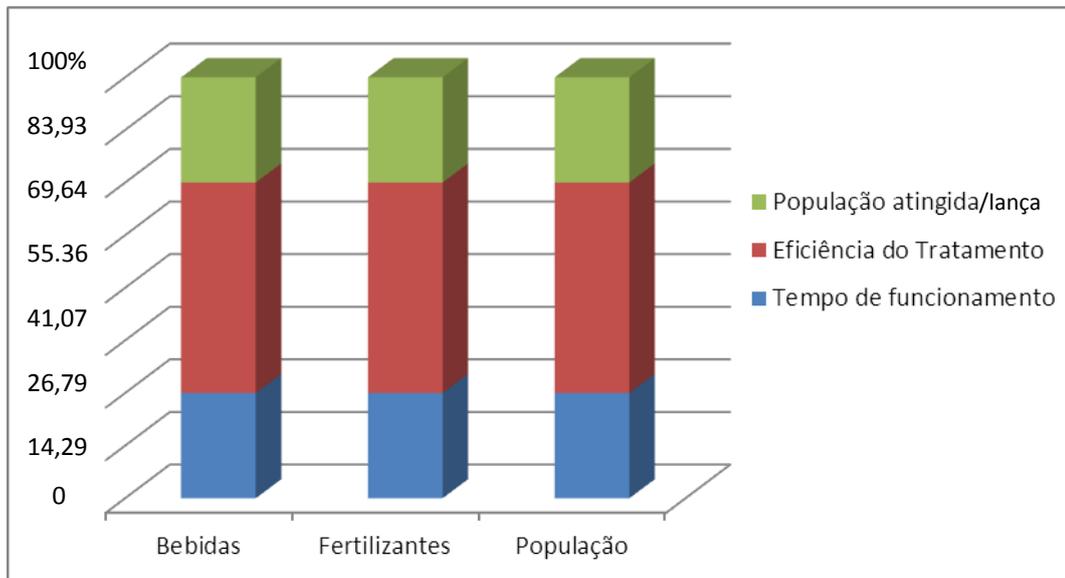
Figura 33 – Matriz de Classificação de Níveis de Risco para água superficial no PC3



Fonte: Adaptado de Araujo et al. (2001).

Conforme especificado nos outros Pontos de Controle 1 e 2 para água superficial o resultado foi o mesmo para o PC 3 com as atividades contribuindo igualmente para o risco e para o fator preponderante como é visto na Figura 34.

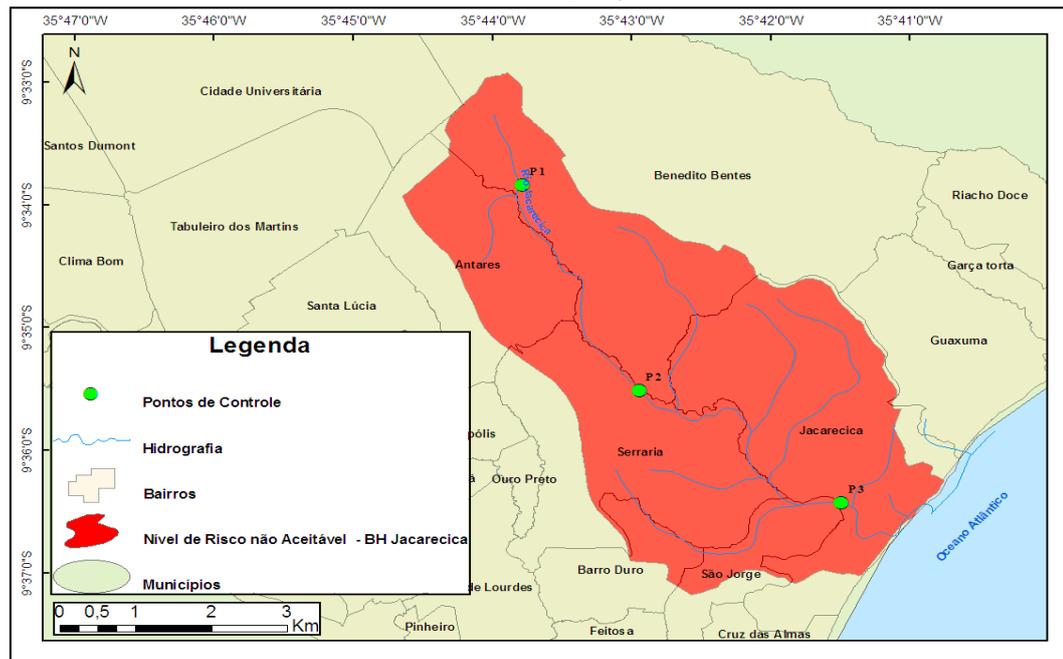
Figura 34 – Atividades com mais risco para água superficial no PC 3



Fonte: IMA, SEMPMA, Empresas e IBGE Senso (2010) apud Alves (2013).

De acordo com a análise de risco efetuada e levando em consideração que o PC 3 está próximo à foz do Rio Jacarecica que deságua no Oceano, pode-se entender que toda área da bacia pode ser classificada como nível I após a junção dos níveis de risco encontrado através da metodologia, ou seja, toda a bacia está sujeita a um nível muito alto e não aceitável de contaminação conforme se vê na Figura 35.

Figura 35 - Mapa da Bacia do Jacarecica com a junção das Áreas de Risco à Contaminação



Fonte: Autor, (2014).

Para todas essas áreas de influência dos PCs 1, 2 e 3 a metodologia apontou para um risco não aceitável. Com essa característica, essas localidades incidem para um elevado risco de contaminação de suas águas.

Esses resultados vêm a corroborar em parte com as análises realizadas no LSA (Laboratório de Saneamento) do CTEC/UFAL, em que alguns parâmetros extrapolaram os limites estabelecidos e não estando em conformidade com as normas legais, produzindo impactos negativos na área da bacia.

5.3 Comparação dos Parâmetros coletados nos Pontos de Controle com os Parâmetros das dez atividades Potencialmente Poluidoras Informados pelos Órgãos Governamentais Perfazendo um total de 74 % das empresas que lançam efluentes

Visando comparar os dados dos efluentes emitidos pelas Atividades Potencialmente Poluidoras (indústrias) com os dados coletados nos PCs, foram solicitados aos Órgãos Ambientais Licenciadores dessas atividades IMA e SEMPMA, dados de amostras dos

mesmos parâmetros analisados nas coletas de campo, e foram fornecidos os seguintes resultados expressos nas Tabelas 25:

Tabela 25 – Valores dos Parâmetros lançados pelas Empresas

| PARÂMETROS mg/L | | | | | | | | | | |
|---------------------------|-------------------|---------|--------|-------|---------|------|-------------------|---------|-------------|------|
| EMPRES. | Coliformes totais | Cloreto | Dureza | Ferro | Nitrito | pH | Sólido Dissolvido | Sulfato | Turbidez UT | DBO5 |
| Fáb. De Bebidas | Ausente | 28,4 | 31,5 | 0,05 | 0,01 | 5,28 | 255 | 10,4 | 0,28 | 61 |
| Fáb. de Suco | Ausente | 26,4 | 33,4 | 0,07 | 0,05 | 6,23 | 279,4 | 23,5 | 1,3 | 5,3 |
| Fáb de Fertilizantes | 27,1 | 29,4 | 44,5 | 0,09 | 0,08 | 5,23 | 237,4 | 27,2 | 1,7 | 5,6 |
| Fáb. de Tinta | Ausente | 23,4 | 39,5 | 0,08 | 0,06 | 7,01 | 226 | 271 | 1,3 | 5,3 |
| Fáb. de Alimentos | 35,2 | 72,4 | 39,5 | 6,1 | 1,5 | 8,02 | 341,6 | 55,6 | 4,2 | 6,1 |
| Fáb. de Prod. Sani-tários | 12,1 | 42,1 | 120,5 | 0,2 | 0,07 | 8,21 | 432,9 | 76,9 | 3,3 | 2,1 |
| Fáb. de Medicamentos | Ausente | 99 | 271,5 | 0,05 | 0,09 | 5,23 | 123,4 | 97,5 | 1,6 | 4,1 |
| Fáb. de Concre-Tagem | 37 | 77,1 | 81,2 | 0,09 | 0,03 | 8,13 | 313,4 | 55,2 | 2,2 | 4,7 |
| Fáb. de Plásticos | 25,1 | 96,7 | 107,1 | 0,04 | 0,1 | 7,07 | 421,3 | 78 | 4,3 | 4 |
| Fáb. de Plásticos | Ausente | 221,4 | 61,1 | 0,3 | 0,1 | 8,13 | 235,7 | 133,6 | 4,1 | 3,7 |

Fonte: IMA, SEMPMA e Empresas, (2013).

Através dos valores individuais de cada empresa descritos na Tabela 28, observa-se que quase todos eles estão de acordo com a Portaria 2914/11 do Ministério da Saúde sobre padrões de potabilidade da água para consumo humano e a Resolução Conama 357/2005 que trata sobre enquadramento, classificação e lançamento de efluentes em corpos de água, a exceção é o valor da DBO₅ da fábrica de bebidas que apresentou padrões altamente elevados em relação à Conama 357/2005 para à classificação do rio Jacarecica que é de classe 2.

A DBO₅ elevada significa uma grande concentração de matéria orgânica e um baixo teor de Oxigênio, podendo ser nocivo à saúde humana caso se consuma a água com essas características, pois a mesma, nessa circunstância, pode proliferar bactérias que provocam doenças de veiculação hídrica tais como cólera, disenteria infecciosa, febre tifoide e enterites gastrointestinais.

Conforme Bastos et al. (2010) a grande concentração de matéria orgânica elevando os níveis da DBO₅ pode proliferar Cianobactérias que são responsáveis pela liberação de

toxinas, o indivíduo ao ingerir água contaminada com Cianobactéria pode sofrer problemas graves de saúde sendo intoxicado através de três formas, pela hepatotoxina, cilindrospermopsina e neurotoxinas, esta última se ingerida pode causar a morte em poucas horas.

Maherry et al. (2013) esclarece que em determinados ambientes, onde existam várias fontes de prováveis contaminações, mesmo que essas fontes estejam lançando dentro dos limites aceitáveis não significa que o ambiente suporte o carreamento total de seus efluentes.

Fazendo o comparativo através dos dados descritos na Tabela 27 com a legislação em vigor conforme Tabela 26, compreende-se que individualmente as empresas potencialmente poluidoras estão cumprindo a legislação.

Tabela 26 – Parâmetros estabelecidos pela legislação brasileira

| PORTARIA 2914/11 MINISTÉRIO DA SAÚDE | | RESOLUÇÃO CONAMA 357/05 | |
|---|-----------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|
| Parâmetros | Valores Máximos mg/L | Parâmetros | Valores Máximos mg/L Classe 2 |
| Coliformes totais | Ausente/100mL | Coliformes totais | 1000/100mL |
| Cloreto | 250 | Cloreto | 250 |
| Dureza total | 500 | Dureza total | ----- |
| Ferro | 0,3 | Ferro | 0,3 |
| Nitrito | 1,0 | Nitrito | 1,0 |
| pH | 6,0 a 9,0 | pH | ----- |
| Sólidos Dissolvidos | 1000 | Sólidos Dissolvidos | 500 |
| Sulfato | 250 | Sulfato | 250 |
| Turbidez | 5 | Turbidez | 100 UT |
| DBO5 | 60% mL | DBO5 | 5 |

Fonte: Ministério da Saúde, (2011) e Ministério do Meio Ambiente, (2005).

Para avaliar os reais riscos que os lançamentos dessas empresas possam causar aos recursos hídricos na bacia do Jacarecica, foi realizado o comparativo entre os valores lançados por essas empresas vistos na Tabela 27 e as análises feitas nas amostras coletadas em campo tanto para água subterrânea como para água superficial no Ponto de Controle 1 onde é o local de lançamento das lagoas de drenagem da Bacia do Tabuleiro, com isso obteve-se os seguintes resultados (Tabelas 27 e 28):

Tabela 27 – Parâmetros Analisados no Ponto de Controle 1 para Água Superficial

| Valores Médios Obtidos Através de Análise em Laboratório | | | |
|---|---------------------|---------------------|---------------------|
| ----- | VALORES mg/L | ----- | VALORES mg/L |
| Coliformes totais | não analisado | pH | 7,2 |
| Cloreto | 50,8 | Sólidos Dissolvidos | 0,32 |
| Dureza total | não analisado | Sulfato | 15 |
| Ferro | não analisado | Turbidez (UT) | 62 |
| Nitrito | 0,02 | DBO5 | 10 |

Fonte: LSA/CTEC-UFAL, (2013).

Tabela 28 – Parâmetros Analisados no Ponto de Controle 1 para Água Subterrânea

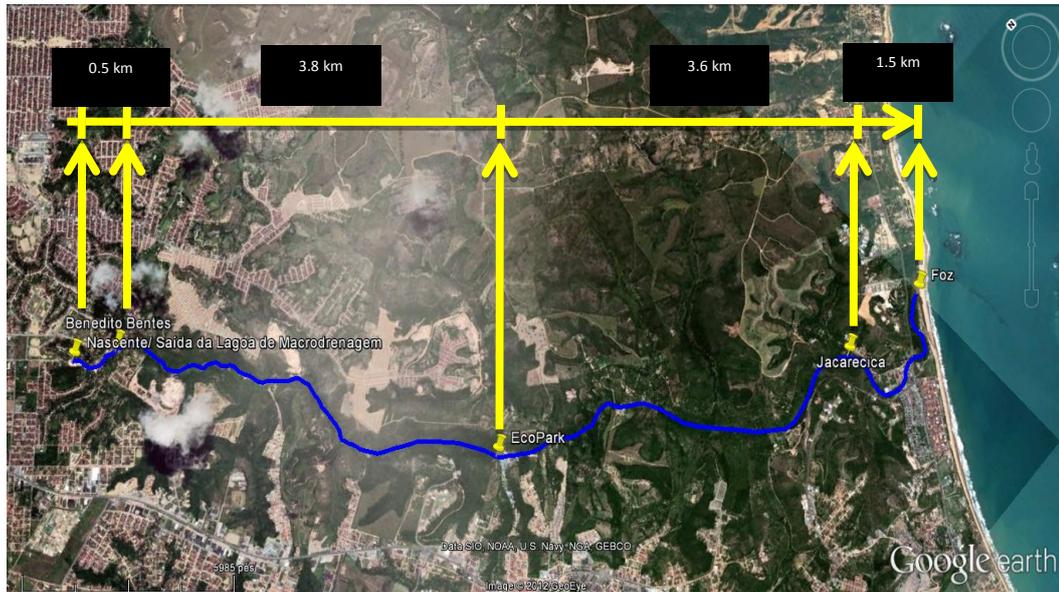
| Valores Médios Obtidos Através de Análise em Laboratório | | | |
|---|---------------------|---------------------|---------------------|
| ----- | VALORES mg/L | ----- | VALORES mg/L |
| Coliformes totais | não analisado | pH | 6.5 |
| Cloreto | 127 | Sólidos Dissolvidos | 0,02 |
| Dureza total | não analisado | Sulfato | 8,3 |
| Ferro | não analisado | Turbidez (UT) | 240 |
| Nitrito | 0,06 | DBO5 | 5 |

Fonte: LSA/CTEC-UFAL, (2013).

Nota-se que para água superficial e subterrânea (Tabelas 29 e 30) os parâmetros analisados estão com valores abaixo dos valores lançados por algumas empresas do Distrito Industrial de Maceió (Tabela 27), que segundo Sá Filho (2012) algumas dessas empresas lançam seus efluentes na lagoa receptora da drenagem da Bacia do Tabuleiro, e essa por sua vez lança na Bacia do Jacarecica. Esses valores também são notados nos Pontos de Controle 2 e 3 apesar de ter um área de contribuição maior que a do PC 1 mas o valores também estão abaixo dos lançados por algumas dessas empresas.

Segundo Chea et al. (2013) os contaminantes em águas superficiais são rapidamente absorvidos pelas moléculas de água, essa rápida absorção tem a ver com a quantidade do contaminante, e a frequência do lançamento, quando ambas forem baixas pode ocorrer uma rápida depuração do contaminante dependendo do volume de água existente no meio. Tem influência ainda a distância do lançamento dos efluentes quanto maior for a distância maior a probabilidade de diluição dos efluentes em pontos mais afastados do lançamento mostrado na Figura 36, é o que talvez tenha ocorrido na localidade do PC 1 para água superficial, apesar do ponto de saída da macrodrenagem distar em apenas 0,5 km do PC 1.

Figura 36 – distância do lançamento da macrodrenagem para os PCs



Fonte: Google Earth (2013).

Para água subterrânea alguns valores encontrados através de análise em laboratório também estão abaixo dos lançados pelas empresas, a provável explicação é que houve uma filtragem através do solo fazendo com que a água chegasse menos contaminada no local da coleta no Ponto de Controle 1.

Conforme Chea et al. (2013), o contaminante que é lançado no ambiente subterrâneo tem um comportamento diferente do lançado na superfície do solo, eles esclarecem ainda que dependendo dos aspectos geológicos do ambiente subterrâneo poderá haver uma maior ou menor absorção do contaminante pela água com maior ou menor velocidade, ou seja, solos com maior permeabilidade têm grande probabilidade do contaminante chegar mais rápido ao corpo aquoso com suas características originais de contaminação.

Mesmo com essas diferenças entre os valores lançados pelas empresas e os analisados através de coleta de campo, foram observados resultados fora das normas legais, são eles a turbidez e a DBO₅.

5.4 Comparação do mapa de risco com o mapa de vulnerabilidade

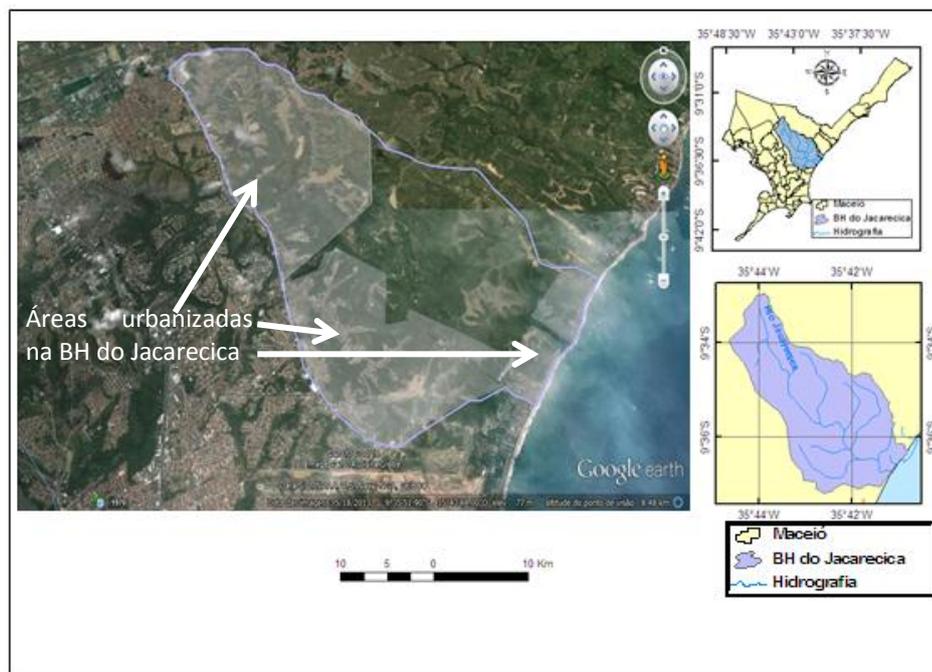
5.4.1 Análise de risco *versus* vulnerabilidade do aquífero

Observando o modelo do Método POSH, as áreas onde se encontram os Pontos de Controle 1, 2 e 3 para água subterrânea podem também ser classificadas como elevada na geração de efluentes, e que segundo Silva (2012) quando mapeou as áreas vulneráveis da

região metropolitana de Maceió utilizando os métodos DRASTIC, GOD e IS essas áreas apresentam locais de vulnerabilidade alta e de média a baixa à contaminação, sendo essa vulnerabilidade apresentada em todas as áreas de influência do PCs.

Através dos resultados obtidos neste trabalho foi elaborado o mapa de área com nível de risco à contaminação na Bacia do Rio Jacarecica, conforme visto nas Figuras 38. Portanto as áreas que são mais susceptíveis à contaminação na Bacia Hidrográfica do Rio Jacarecica, encontradas através da metodologia utilizada, engloba tanto as localidades mais urbanizadas da bacia, como também as áreas que estão preservadas como é visto na Figura 37.

Figura 37 – Imagem de Satélite das Áreas urbanizadas dentro da bacia com maior risco de contaminação

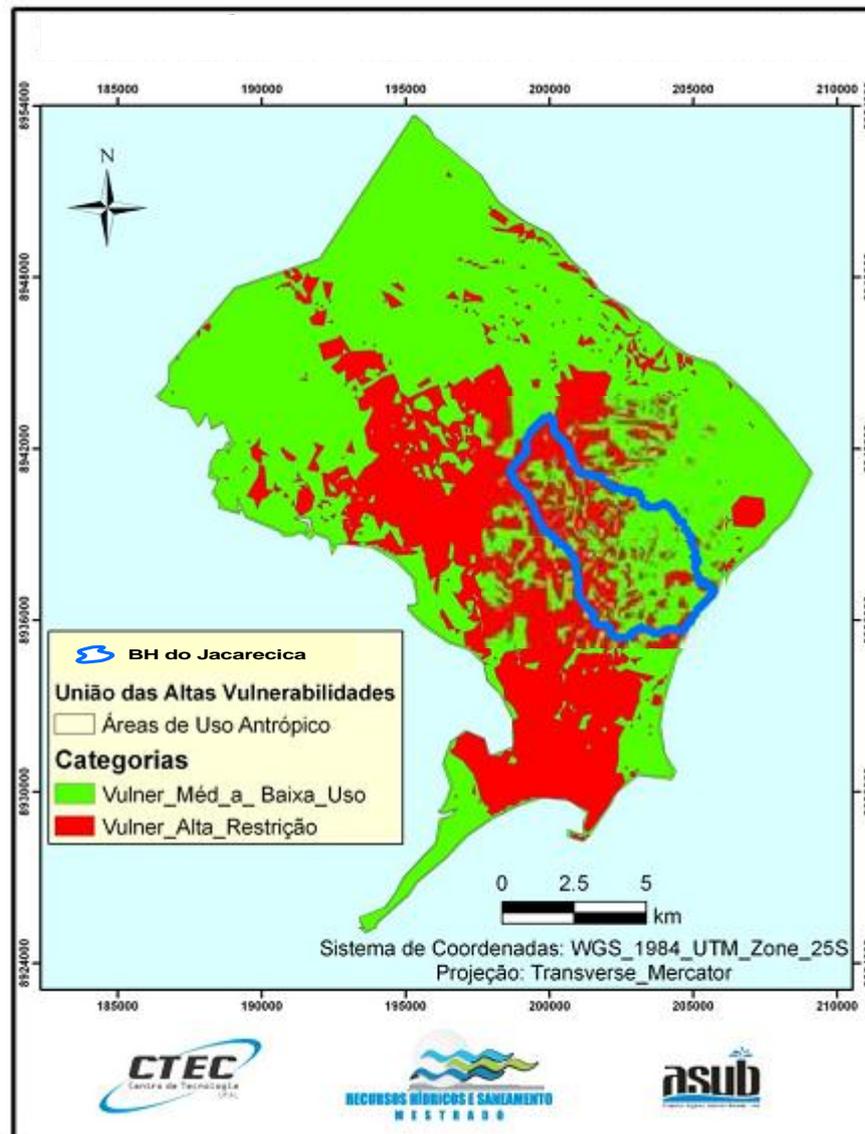


Fonte: Google Earth e autor, (2014).

5.4.2 Comparativo das áreas de risco com as áreas vulneráveis da bacia

Fazendo a comparação com o mapa de vulnerabilidade no trabalho realizado por Silva (2012), o qual tratou de mapear as áreas mais vulneráveis na região metropolitana de Maceió para água subterrânea, percebe-se nitidamente na Figura 38 que algumas áreas de vulnerabilidade alta mapeadas por Silva coincidem com as áreas de risco da Bacia.

Figura 38 – Mapa comparativo das áreas de risco à contaminação com as áreas mais Vulneráveis na BH do Jacarecica



Fonte: Silva (2012).

Conforme Silva (2012) as áreas mais vulneráveis são as que o uso e ocupação do solo são mais intensos de forma desordenada, e as menos vulneráveis são áreas propícias à ocupação.

Souza (2012) salienta que áreas propícias a ocupações podem elevar os impactos negativos aos recursos naturais principalmente à contaminação dos recursos hídricos, caso venha ser ocupadas desordenadamente, em especial à vegetação e aos recursos hídricos. Essa afirmação é corroborada com as análises de qualidade da água realizadas neste trabalho, em que áreas onde as condições ambientais são mais favoráveis apresentaram uma melhoria na qualidade da água analisada.

Os resultados obtidos neste trabalho, levam a estabelecer que possíveis danos a saúde podem ocorrer, pondo em risco a vida das pessoas que utilizam da água da bacia, principalmente para o consumo humano.

5.5 Compatibilidade da análise de risco com os dados coletados em campo

A análise de risco mostrou através do método utilizado que toda área da bacia está em elevado risco de contaminação. As análises dos dados coletados em campo, em parte, corroboram com essa afirmação, já que alguns parâmetros analisados nos Pontos de Controle 1 2 e 3 tiveram seus valores acima do permitido pela legislação, com destaque para o Fósforo e a DBO₅ que tanto para água subterrânea como para água superficial apresentaram valores acima do permitido em todos os Pontos de Controle conforme é visto nas Tabelas 29 e 30.

Tabela 29 - Fósforo e DBO₅ com valores acima do permitido nos Pontos de Controle Para água subterrânea

| PARÂMETROS | PONTOS DE CONTROLE | | |
|-----------------------|--------------------|------|------|
| | PC1 | PC2 | PC3 |
| Fósforo (mg/L) | 1,9 | 0,6 | 2,05 |
| DBO ₅ mg/L | 5,03 | 5,02 | 5,2 |

Fonte: LSA/CTEC-UFAL, (2013).

Tabela 30 - Fósforo e DBO com valores acima do permitido nos Pontos de Controle Para água superficial

| PARÂMETROS | PONTOS DE CONTROLE | | |
|-------------------------|--------------------|-----|-----|
| | PC1 | PC2 | PC3 |
| Fósforo (mg/L) | 0,9 | 1,4 | 1,2 |
| DBO ₅ (mg/L) | 10,2 | 7,5 | 6,6 |

Fonte: LSA/CTEC-UFAL, (2013).

O fósforo é um elemento que estar presente tanto nos efluentes domésticos como nos efluentes industriais, nesse aspecto através desse elemento há compatibilidade entre a análise de risco realizada neste trabalho com os dados coletados em campo.

Quanto à DBO₅, ela está relacionada com a quantidade de matéria orgânica, que também está intrinsecamente ligada à quantidade de fósforo constante na água.

Esses elementos são importantes bioindicadores de contaminação da água, e que se apresentaram elevados em todos os Pontos de Controle, estabelecendo uma relação de compatibilidade entre a análise de risco e os dados obtidos através das análises coletas em campo.

Apesar dos valores coletados nos Pontos de Controle 1, 2 e 3 estarem bem abaixo dos lançados pelas atividades potencialmente poluidoras, mesmo assim eles são compatíveis em parte com a análise de risco por estarem acima do permitido por lei.

A não compatibilidade entre a análise de risco e as análises em campo, está explícita apenas nos valores comparativos entre os lançados pelas atividades potencialmente poluidoras e os coletados em campo.

Mesmo assim ambos os dados justificam a análise de risco exposta neste trabalho, principalmente quando se compara com a legislação que estabelece parâmetros de qualidade para o consumo de água tanto oriunda de fontes subterrâneas como de fontes superficiais.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1 Conclusões

A dificuldade de coleta de dados junto aos órgãos governamentais e privados dificultaram o andamento da pesquisa, mas não comprometeu o conteúdo exposto neste trabalho.

A respeito de áreas propícias à contaminação observou-se que o perigo que ameaça os recursos naturais é advindo de diversas fontes como expressa algumas literaturas, pondo em risco não só o ambiente natural, mas também áreas antropizadas.

A geomorfologia de áreas próximas à bacia permite que o escoamento subterrâneo prevaleça sobre o superficial, mas dentro da bacia principalmente nas proximidades do PC 1 o escoamento superficial fica mais evidente, pois onde corre o rio principal as declividades são acentuadas sendo o vale escavo em “V” evidenciando o escoamento superficial.

A bacia está totalmente inserida na área urbana da cidade de Maceió, aumentando os riscos aos recursos hídricos, mesmo sendo uma bacia urbana e tendo parte do seu espaço com grande ocupação, ainda apresenta localidades preservada com vegetação remanescentes da mata atlântica.

Os perigos identificados como as atividades potencialmente poluidoras mesmo sendo fora da bacia além da população que lança efluente, contribuem com os riscos de contaminação aos recursos hídricos, pois os lançamentos de algumas dessas atividades são jogados na macrodrenagem que carregam esses efluentes para o rio Jacarecica, e a população lançando diretamente seus efluentes no rio e no subsolo.

As análises realizadas do Ponto de Controle 1, mostraram que alguns parâmetros estão em desacordo com as normas, isso é explicado porque a localidade é densamente povoada e que a maioria das residências lançam seu efluentes sem tratamento tanto no subsolo como superficialmente, contribuindo para aumentar os impactos nos recursos hídricos.

Contudo não isenta as atividades potencialmente poluidoras de fazerem parte desse cenário impactante, apesar de sua contribuição supostamente não estar sendo suficiente para elevar os valores de alguns parâmetros, como mostrou as análises de laboratório, mas quando se junta a outras fontes como as domésticas pode de maneira significativa aumentar os riscos de contaminação.

As análises dos parâmetros do Ponto de Controle 2 que poderia apresentar índices mais elevados, porque sua área de influência de contaminação é muito maior englobando o Ponto de Controle 1, mas as análises de laboratório não confirmaram.

Conclui-se, então, que vários fatores contribuíram para esse resultado no PC 2, parte preservada da bacia pode ter influenciado, mostrando que provavelmente isso é fator preponderante. Outra justificativa diz respeito às contribuições das interligações laterais dos aquíferos, além da população na área de influência ser menor que a do PC 1 e, também, a contribuição das drenagens superficiais existentes na bacia entre os trechos do PC 1 e PC 2.

Nas análises do Ponto de Controle 3 ocorreu a mesma situação do Ponto de Controle 2, mesmo recebendo as cargas dos outros Pontos de Controle a montante, os impactos sobre os recursos hídricos poderiam ser maiores. Mas isso não ocorreu, chegando a mesma conclusão do apontado no Ponto de Controle 2.

Alguns resultados coletados nos Pontos de Controle com alguns parâmetros fora das normas, evidencia que as atividades humanas tanto dentro como fora da bacia pode está influenciando negativamente, proporcionando impactos advindos dessas atividades nas águas da localidade.

Analisando a estimativa dos riscos de contaminação que podem ocorrer na Bacia do Jacarecica através do método usado, conclui-se que toda área da bacia corre risco de contaminação alto, levando-se em consideração os perigos de contaminação gerados através de efluentes de indústrias e da população residente na bacia.

Chama-se a atenção, no entanto, que os perigos estão instalados e são considerados potencialmente poluidores, mesmo com as análises apontando para uma suposta depuração dos contaminantes, as mesmas podem contaminar os recursos hídricos na área da bacia.

Os resultados de análise de risco obtidos, de acordo com o método utilizado neste trabalho, indicam que o risco de contaminação na bacia não é aceitável, sendo arriscado para saúde humana o consumo de suas águas, como comprovaram as análises em que alguns parâmetros estavam fora das normas.

Com os dados cedidos pelos órgãos governamentais conclui-se que todas as empresas analisadas individualmente estão dentro das normas, mas pode representar um risco para a bacia a depender das cargas lançadas por cada empresa.

Alguns parâmetros das empresas analisadas ficaram acima dos analisados em campo, constatou-se que alguns parâmetros analisados não coincidem com os valores lançados pelas

atividades potencialmente poluidoras, esses valores estão abaixo dos lançados por essas atividades.

Então conclui-se que as características físicas do ambiente contribuiu para uma autodepuração dos contaminantes, podendo ter ocorrido uma filtragem dos efluentes pelo solo no caso da água subterrânea e para água superficial o próprio rios conseguiu depurar os efluentes.

Outra hipótese é que os locais de lançamentos das atividades potencialmente poluidoras informados pelos órgãos governamentais e elencados em trabalhos de pesquisa não estão sendo utilizados na prática, levando a um possível entendimento que esses lançamentos possam estar ocorrendo em locais fora da bacia.

Comparando as áreas de risco com as áreas mais vulneráveis, estas coincidiram para algumas localidades na bacia, ou seja, em todos os Pontos de Controle existem áreas em que o risco de contaminação coincide com as áreas mais vulneráveis.

Foram constatadas disparidades entre os valores dos parâmetros das atividades potencialmente poluidoras (fornecidas pelos órgãos ambientais licenciadores) e das amostras de água coletadas em campo e analisadas, tendo este último apresentando valores bem inferiores em alguns parâmetros.

Partindo do pressuposto que a análise de risco tem como princípio avaliar condicionantes que indiquem o quanto uma atividade, considerada como perigo de contaminação, coloque em risco uma determinada região, considera-se que, há compatibilidade entre a análise de risco e os dados coletados nos Pontos de Controle, principalmente no tocante a alguns parâmetros que se mostraram elevados em todos os PCs como foi o caso do Fósforo e da DBO₅.

Portanto, conclui-se que áreas onde aglomerados urbanos e atividades humanas são mais acentuados, os riscos de contaminação aos recursos naturais são mais propícios quando não se toma medidas preventivas para coibir estes riscos.

As atividades potencialmente poluidoras podem ser exercidas em consonância com os recursos naturais, desde que medidas preventivas, baseadas em análise de risco sejam efetivamente implementadas.

6.2 Recomendações

Diante do exposto neste trabalho recomenda-se que:

- Sejam elaborados planos de saneamento nas comunidades que estão dentro da bacia do rio Jacarecica;
- Há necessidade de realizar campanhas educativas junto às comunidades que estão dentro da bacia, para conscientizá-las da importância de preservar os recursos hídricos daquela localidade;
- Sejam criados mecanismos visando manter as áreas que ainda estão preservadas e se possível ampliá-las, principalmente através do plantio de vegetação nativa;
- O espaço da bacia seja ordenado através com base em análise de risco e fazendo uso de atos fiscalizatórios visando orientar e disciplinar as atividades consideradas como perigos de contaminação;
- Que as coletas e análises dos efluentes lançados pelas atividades potencialmente poluidoras sejam realizadas e fiscalizadas com frequência, a fim de coibir possíveis lançamentos irregulares por parte dessas atividades.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As bacias urbanas vêm ao longo do tempo sofrendo com degradações das diversas ordens, dentre estas degradações estão os usos múltiplos irracionais e os despejos de efluentes por empreendimentos industriais, comerciais e residenciais.

A bacia do Jacarecica que foi objeto de estudo deste trabalho, é uma bacia urbana que passa pelo processo de contaminação de suas águas em toda sua área como mostrou o estudo, os despejos de efluentes industriais mesmo de fora da bacia pode contribuir com significativos impactos em suas águas.

Os grandes aglomerados urbanos dentro da bacia do Jacarecica na sua grande maioria despejam seus efluentes sem tratamento contribuindo com o risco de contaminação de suas águas, essas atividades perigosas descritas neste trabalho dentro e fora da bacia lançando seus efluentes em suas águas, justificam estudos como este, que expõe o risco a que estão expostas as bacias urbanas, justifica ainda um maior aprofundamento de pesquisas ligadas a mensuração de riscos de suas águas.

REFERÊNCIAS

ALAGOAS, Gabinete Civil do Governador. **Lei 6.787 de 22 de dezembro de 2006**. Dispões sobre a consolidação dos procedimentos adotados quanto ao licenciamento ambiental, das infrações administrativas, e dá outras providências. Maceió, 22 dezembro de 2006.

ALAGOAS, Secretaria de Estado do Planejamento e do Desenvolvimento econômico - **Resumo Executivo de Projetos Industriais 2007-2013**. Maceió, nov. de 2013.

ALAGOAS, Instituto do Meio Ambiente. Diretoria de Licenciamento Ambiental. **Análise de processos de estudos ambientais de atividades potencialmente poluidoras para licenciamento**. Maceió, ago. de 2013.

ARAÚJO, F. J. C.; ADISSI, P. J.; LUCAS FILHO, M. Riscos Ambientais em Recursos Hídricos. In: **Simpósio Brasileiro de Captação de água de Chuva no Semiárido**, 3. 2001, Campina Grande. Anais. Paraíba, 2001.

BASTOS, J. C.; OLIVEIRA M. M.; NEVES, M. H. C. B.; SILVA FILHO, M. V. Toxinas de cianobactérias e microalgas marinhas: um desafio para a ecotoxicologia aquática. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego**, Campos dos Goytacazes/RJ, v. 4 n. 1, p. 57-80, jan. / jun. 2010.

BAUN, A.; FJORDBOGE, A. S.; KJELDTSEN, P.; VASTRUP, T. Zero valent iron reduces toxicity and concentrations of organophosphate pesticides in contaminated groundwater. **Chemosphere**, n. 90, p. 627-633, 2013.

BEN-DHIA, H.; BOURI, S.; SAIDI, S. Groundwater vulnerability and risk mapping of the Hajebjelma aquifer (Central Tunisia) using a GIS-based DRASTIC model. **Environ Earth Sci**, p. 1579–1588, 2010.

BETANCUR, T.; GAVIRIA, J. I.; PALÁCIO, C.; RUEDA, M. Methodological proposal to assess groundwater contamination danger: study case of Bajo Cauca aquifer (Colombia). **Environ Earth Sci**, 19 January 2013.

BRASIL, Casa Civil. **Lei Federal nº 12. 651, de 25 de maio de 2012 Institui o novo Código Florestal**. In: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/112651.htm>. acesso em novembro de 2013.

BRASIL, Presidência da República. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução CONAMA 237 de 19 de dezembro de 1997**. Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental. Brasília, 22 de dezembro de 1997.

BRASIL, Presidência da República. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução CONAMA 357 de 18 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e

diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento e efluentes, e dá outras providências.

BRASIL, Presidência da República. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução CONAMA 396 de 3 de abril de 2008**. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Brasília, 3 de abril de 2008.

BRASIL, Ministério da Saúde. **Portaria 2914 de 12 de dezembro de 2011**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília, 12 de dezembro de 2011.

BRASIL, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 21 de setembro de 2013.

BUDAKÇI, M.; PELIT H.; SONMEZ A. The color changing effect of the moisture content of wood materials on water borne varnishes. **Bioresources**, v. 7, p. 5448-5459, 2012.

BUENO, I. E.; LOMBILLO, A. S.; MEGHELLA, M.; ORTUÑO, M. M. A European Methodology for the Security Assessment of Dam – **Deliverable** n. 3, V.02, 2008.

CABRAL, S. L. **Avaliação dos Processos Sedimentológicos na Bacia do Rio Jacarecica, em Maceió-AL**. Maceió, 2011, 131f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento) - Universidade Federal de Alagoas, 2011.

CAMPOS, J. E. G.; CUTRIM, A. O. Avaliação da Vulnerabilidade e Perigo à Contaminação do Aquífero Furnas na Cidade de Rondonópolis (MT) com Aplicação do Método GOD e POSH. São Paulo, UNESP, **Geociências**, v. 29 n. 3, p. 401-411, 2010.

CARVALHO, F.; MELO, R. Avaliação de Risco: comparação entre vários métodos de avaliação de riscos. **Revista da Universidade Coimbra**, n. 43, p. 123-135, 2010.

CASALI, D. J. **Tratamento de efluente de uma recicladora de plástico utilizando coagulante não metálico e compostagem**. Santa Maria, 2011, 146f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia de Processos) – Universidade Federal de Santa Maria, 2011.

CENTLER, F.; HEBE, F.; THULLNER, M.. Estimating pathway-specific contributions to biodegradation in aquifers based on dual isotope analysis: Theoretical analysis and reactive transport simulations. **Journal of Contaminant Hydrology**, 11 July 2013.

CHOI, K. K.; PARK, J. H. Risk assessment of soil, water and crops in abandoned Geumryeong mine in South Korea. **Journal of Geochemical Exploration**, n. 152, p. 97-116, 09 February 2013.

CHEA, E.; GUPTA, B. S.; O'NEILL, A.; PHILLIPS, D. D.; KOK, S.; SENG, B. Arsenic in groundwater and its influence on exposure risks through traditionally cooked rice in Prey Vêng Province, Cambodia **Journal of Hazardous Materials**, 2013.

COUTINHO, P. N.; LIMA, R. C. A.; MANSO, V. A. V. Estudo sedimentológico, geológico e das unidades geoambientais do sistema estuarino lagunar Mundaú. In: ARAUJO, L. M. (Org.). **Geografia: espaço, tempo e planejamento**. Maceió: Edufal, 2004, p. 269-290.

CRUZ, C. J.; SILVEIRA, G. L. Disponibilidade Hídrica para Ortoga (II): avaliação integrada por bacia. **REGA**, vol. 4, n. 2, p. 65-76, 2007.

DAUGHNEY, J.; MOREAU-FOURNIER, M.; MORGENSTERN, U.; RAAIJ, R.; RAIBER, M. Use of hierarchical cluster analysis to assess the representativeness of a baseline groundwater quality monitoring network: comparison of New Zealand's national and regional groundwater monitoring programs. **Hydrogeology Journal**, n. 20, p. 185-200, 2012.

DAVID, H.; HICKS, R.; LEE, P. Z.; YE, M.; RIOS, J. F.; WANG, L. **ArcNLET: A GIS-based software to simulate groundwater nitrate load from septic systems to surface water bodies**. **Computers & Geosciences**, n. 52, p. 108-116, 2013.

D'ELIA, M.; FOSTER, S.; GOMES, D.; HIRATA, R.; PARIS, M. Groundwater quality protection: a guide for water service companies, municipal authorities and environment agencies. World Bank, **GWMATE**. Washington, 2002.

ENGESGAARD, P.; FRANDSEN, M.; JEPPESEN, E.; LANDKILDEHUS, F.; NILSSON, B.; KIDMOSE, J.; SØNDERGAARD, M.; Risk assessment of soil, water and crops in abandoned Geumryeong mine in South Korea. **Journal of Geochemical Exploration**, n. 152, p.97-116, 09 February 2013.

FERREIRA NETO, J. V. F.; SANTOS R. J. Q.; WANDERLEY, P. R. B.; WANDERLEY, P. R. M.; CAVALCANTE, A.T. Vulnerabilidade Natural das Águas Subterrâneas em Área do Tabuleiro dos Martins – Maceió – Alagoas - BR. **Revista Águas Subterrâneas** nº 16, Maio de 2002.

FOSTER, S. S. D.; HIRATA, R. **Groundwater pollution Risk Assessment: a methodology using available data**. Washington, Word Bank, 2002.

GAGANIS, P.; SMITH, L. A bayesian approach to the quantification of the effector of model error on the prediction of groundwater models. **Water Resources Research**, v. 37, n. 9, p. 2309-2322, 2001.

GOMES, M. A. F. **Uso Agrícola nas Áreas de Afloramento do Aquífero Guarani no Brasil: implicações para a água subterrânea e proposta de gestão com enfoque agroambiental**. Brasília, EMBRAPA 2008, 417p.

GÓMEZ, H. L.; PÓRCEL, R. A. D.; SCHÜTH, Christoph. Urban impacts analysis on hydrochemical and hydrogeological evolution of groundwater in shallow aquifer Linares, Mexico. **Environ Earth Sci**, n. 66, p. 1871-1880, 2012.

HAMDAN, A. M. A.; RADY, A. R. A. Vulnerability of the groundwater in the quaternary aquiferat El Shalal-Kema area, Aswan, Egypt. **Arab J Geosci**, n. 6, 337-358, 2013.

IRSA, J.; JIAO, J.; ZHANG Y. Christoph. Three-dimensional aquifer inversion under unknown boundary conditions. **Journal of Hydrology**, n. 509, p. 416-429, 2014.

JAVIE, H. P.; WITHERS, P. J. A. Quantifying the impact of septic tank systems on eutrophication risk in rural headwaters **Environment International** n. 37, p. 644-653, 31 de January 2011.

LEITE, S. **Notícias Maceió (2009)**. Alagoas 24 horas. Disponível em: <<http://www.alagoas24horas.com.br>>. Acesso em: 22 de dez. de 2013.

Li, P.; QIAN, H.; WU, J.. Comparison of three methods of hydrogeological parameter estimation in leaky aquifers using transient flow pumping tests. **Hydrological Processes** n. 28, p.2293-2301, 27 March 2013.

LIMA, R. C. A.; FERREIRA NETO, J. V.; SANTOS, R. J. Q. Os recursos hídricos da área do Tabuleiro dos Martins – Maceió/AL. In: ARAUJO, L. M. (Org.). **Geografia: espaço, tempo e planejamento**. Maceió: Edufal, 2004, p. 231-254.

MAHERRY, A.; TOTTRUPP, C.; STENDEL, M.; VILLHOLTH, K. G. Integrated mapping of groundwater drought risk in the Southern African Development Community (SADC) region. **Hydrogeology Journal**, p.863-885, 21 February 2013..

NOBRE, R. C. M. **Avaliação de risco para uso e proteção de aquífero**. Estudo de caso: Região Metropolitana de Maceió-AL. Rio de Janeiro, 2006, 311f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2006.

OLIVEIRA, A. I. L. **Modelagem da Vulnerabilidade e Perigo de Contaminação da Água Subterrânea pela Atividade Agrícola no Alto Trecho da Bacia do Paraguaçu Estado da Bahia**. Feira de Santana, 2011, 157f. Dissertação de Mestrado (Mestrado de Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente) – Universidade Estadual de Feira de Santana, 2011.

PEDRO, R. Método de Avaliação e Identificação de Riscos nos Locais de Trabalho. **TECNOMETAL**, nº 167 p. 1-8, Dez. 2006.

SÁ FILHO J. A. R. **Avaliação Qualitativa das Águas no Sistema da Macrodrenagem da Bacia do Tabuleiro dos Martins – Maceió/AL**. Maceió, 2010, 162f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento) – Universidade Federal de Alagoas, 2012.

SETH, R. The effects of urbanization on the hydrochemistry of base flow within the Chattahoochee River Basin (Georgia, USA). **Journal of Hydrogeology**, n. 341, p. 42-52, 2007.

SILVA, W. F. **Análise da Vulnerabilidade Natural à Contaminação das Águas Subterrâneas na Região Metropolitana de Maceió**. Maceió, 2011, 166f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento) – Universidade Federal de Alagoas, 2011.

SILVEIRA, C, H; GARRET, R, O, S. **Noções de Higiene Ocupacional e Segurança do Trabalho**. Itajubá, Editora da UNIFEI, 2013.

SOUZA M. C. B. **Influência da Mata Ciliar na Qualidade da Água de Trecho do Rio Jacarecica**. Maceió, 2012, 158f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento) – Universidade Federal de Alagoas, 2012.

TUNDISI, J. G. Novas Perspectivas para a Gestão de Recursos Hídricos. **Revista USP**, n.70, p. 24-35 agosto de 2006.

ZUFFO, M. S. R. **Análise de Risco em Barragens**: um índice de priorização. Campinas-SP, 2010, 286f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil, na Área de Concentração de Recursos Hídricos) Universidade Estadual de Campinas, 2010.