



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**

**CENTRO DE TECNOLOGIA**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**– MESTRADO –**

**CADEIA CAUSAL DA DEGRADAÇÃO DE NASCENTES NA BACIA  
HIDROGRÁFICA DO RIO GRAMAME - PARAÍBA**

**GABRIELA CRISTINA DA SILVA SOARES**

Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade Federal da Paraíba para  
obtenção do grau de Mestre

**João Pessoa - Paraíba**

**Julho - 2015**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**

**CENTRO DE TECNOLOGIA**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**– MESTRADO –**

**CADEIA CAUSAL DA DEGRADAÇÃO DE NASCENTES NA BACIA  
HIDROGRÁFICA DO RIO GRAMAME - PARAÍBA**

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

**Gabriela Cristina da Silva Soares**

**Orientadora:** Dr<sup>a</sup>. Carmem Lúcia Moreira Gadelha

**Coorientador:** Dr. Hamilcar José Almeida Filgueira

**João Pessoa - Paraíba**

**Julho – 2015**

S676c Soares, Gabriela Cristina da Silva.  
Cadeia causal da degradação de nascentes na bacia hidrográfica do rio Gramame - Paraíba / Gabriela Cristina da Silva Soares.- João Pessoa, 2016.  
123f. : il.  
Orientadora: Carmem Lúcia Moreira Gadelha  
Coorientador: Hamilcar José Almeida Filgueira  
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CT  
1. Engenharia civil e ambiental. 2. Análise ambiental.  
3. Matriz de cadeia causal. 4. Políticas públicas - conservação - recursos naturais. 5. Nascentes - Rio Gramame-PB.

UFPB/BC

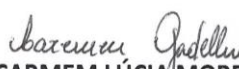
CDU: 624:504(043)

**"CADEIA CAUSAL DA DEGRADAÇÃO DE NASCENTES NA BACIA HIDROGRÁFICA DO  
RIO GRAMAME - PARAÍBA"**

**GABRIELA CRISTINA DA SILVA SOARES**

**Dissertação aprovada em 13 de julho de 2015**

**Período Letivo: 2015.1**

  
**Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> CARMEM LÚCIA MOREIRA GADELHA – UFPB**  
**Orientadora**

  
**Prof. Dr. HAMÍLCAR JOSÉ ALMEIDA FILGUEIRA – UFPB**  
**Coorientador**

  
**Prof. Dr. TARCISO CABRAL DA SILVA – UFPB**  
**Examinador Interno**

  
**Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> MÁRCIA MARIA RIOS RIBEIRO – UFCG**  
**Examinadora Externa**

**João Pessoa/PB  
2015**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por ter sido a minha força, coragem, e por ter iluminado meu caminho para que eu pudesse concluir mais uma etapa da minha vida, pois sem ele nada teria sido possível; e à minha Mãe Rainha, Nossa Senhora das Graças, pela intercessão, inspiração e ensinamentos, que me ajudaram a chegar ao fim desta nova etapa da minha vida.

Aos meus pais Valdecir de Azevedo Soares e Neuza Ana da Silva Soares, e irmãos Rafael Soares e Miguel Soares, pois sem a força e apoio deles em minha vida eu nada teria alcançado.

Ao meu noivo Robson da Fonseca Rodrigues, pelo seu incentivo, paciência, por ter sempre me apoiado nesses dois anos de curso e pelo apoio em diversos trabalhos de campo ao longo do Mestrado.

Ao meu cunhado Renato da Fonseca Rodrigues, pelos seus ensinamentos, paciência, amizade e por ter sempre me apoiado nesses dois anos de curso.

A minha família, em especial às minhas Tias Luciana Lins, Ozane e Maria Aparecida, agradeço pelo apoio nos momentos difíceis, pela força, dedicação, amor e apoio recebido sempre.

A minha orientadora, a Professora Dr<sup>a</sup>. Carmem Lúcia Moreira Gadelha, por toda a orientação, ao longo do curso, apoio, conselhos, paciência, conversas, ensinamentos e amizade.

Ao meu coorientador, o Professor Dr. Hamilcar José Almeida Filgueira, por disponibilizar dados imprescindíveis, pela amizade, ensinamentos e pela grande contribuição para a conclusão desse trabalho.

Aos Professores do PPGECA - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, por todo o conhecimento adquirido ao longo dos dois anos do Mestrado.

Ao Professor Ronildo e ao técnico Edilson do Laboratório de Mecânica dos solos, pela ajuda, pelo companheirismo e pelas idas ao campo.

Aos amigos e colegas do curso de Mestrado, em especial a André Pires, Andréa Cavalcanti, Patrícia, Eliamin, Tatyane Nadja, Christiane Neres, Luana e Felipe pela convivência, pela verdadeira amizade, apoio nos momentos difíceis e por todos os momentos que passamos juntos durante esses dois anos.

Aos amigos, em especial a André Luiz da Silva, pela convivência, pelo apoio em diversos trabalho de campo ao longo do Mestrado, e por todos os momentos que passamos juntos durante esses dois anos.

Aos amigos-irmãos Marcus Raffael, Juscelino, Izolda, Déborah e Alexandre do grupo PEKOS que sempre me apoiaram e me deram forças a continuar.

A minha madrinha Wilsa Cardoso Padilha por ser um exemplo de fé, pelo apoio e amizade.

Ao Doutor Carlos Henrique, por ser um exemplo, pela amizade, e por ter sempre me apoiado em minhas pesquisas.

Ao Professor Doutor Marcus Tullius Scotti, Luciana Scotti e Lélia Scotti por serem um grande referencial em minha vida e pela amizade.

Ao meu amigo, Josias Dias dos Santos, pela verdadeira amizade, apoio nos momentos difíceis e por todos os momentos que passamos juntos durante esses dois anos.

Aos irmãos de comunidade em especial às minhas coordenadoras Joseana e Francisca, assim como à minha Madrinha Janaína pela compreensão e apoio sempre.

Aos meus sobrinhos Gabriel Wagne e Evelyn Gabrielle e à minha irmã de coração Janaína pelo apoio e pela motivação durante o trabalho.

Aos professores, funcionários e alunos que frequentam diariamente o LARHENA (Laboratório de Recursos Hídricos e Engenharia Ambiental) e o Laboratório de Saneamento, pela equipe de trabalho e amizade construída.

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão da bolsa de estudos para a realização do Mestrado.

## **RESUMO**

A bacia hidrográfica do rio Gramame, que abastece cerca de 70% da população da área metropolitana da cidade de João Pessoa e várias comunidades ribeirinhas, tem um número significativo de nascentes localizadas no município de Pedras de Fogo. Este trabalho apresenta um estudo realizado na área de três dessas nascentes: uma periurbana (Cacimba da Rosa) e duas rurais (Nova Aurora e Fazendinha), face aos problemas ambientais e de gestão que lá ocorrem. A metodologia do estudo foi baseada na aplicação de matriz de cadeia causal, como etapa que se sucedeu ao diagnóstico socioeconômico e ambiental das áreas de abrangência ou em torno das nascentes. Para tanto, identificamos e classificamos os principais problemas ambientais e de gestão das águas nessas áreas. Entre eles foram destacados: os conflitos pelo uso da água; o nível socioeconômico e as fontes de poluição, a partir de caminhadas exploratórias e registros fotográficos. Esses problemas foram analisados segundo as causas técnicas, gerenciais, político-sociais e econômico-culturais, construindo-se para cada um deles uma matriz de cadeia causal. A análise dessas matrizes revelaram que os conflitos pelo uso da água se apresentam como problema de prioridade 1 e com tendência crescente; o nível socioeconômico aparece como problema de prioridade 2 e com tendência estável; e as fontes de poluição são um problema de prioridade 3 e com tendência crescente nas áreas em torno das três nascentes em estudo. Também constatou-se que a construção de matriz de cadeia causal é ferramenta útil à formulação e execução de políticas públicas de conservação dos recursos naturais.

**PALAVRAS-CHAVE** – análise ambiental; matriz de cadeia causal; nascentes.

## **ABSTRACT**

The river Gramame's hydrographic basin – which supplies 70% of the population in the metropolitan area of João Pessoa-PB and several riverside communities – has a significant number of sources located in Pedras de Fogo-PB. This paper presents the results of a study conducted around three of the said sources: one located in the peri-urban area (Cacimba da Rosa) and another two located in the rural area (Nova Aurora and Fazendinha), due to the environmental and management problems that occur there. The study's methodology is inspired on the application of the causal chain matrix as a step that followed the socioeconomic and environmental diagnosis of the areas around the sources. In order to do so, we identified and classified the main environmental and water management problems in that area: the conflicts for the use of water; the socioeconomic level and the sources of pollution, via exploratory walks and photographic records. These problems were analyzed according to the technical, managerial, political-social and cultural-economic causes – setting up the causal chain matrix for each of them. The analysis of each matrix revealed that the conflicts over the water use are presented as priority problem 1 with an increasing trend; the socioeconomic level is presented as a priority issue 2 and with stability tendency; and the sources of pollution are a priority issue 3 with an increasing trend in the areas around the three sources studied. We have also proved that the causal chain matrix is a useful tool to the formulation and implementation of public policies on conservation of natural resources.

**KEYWORDS:** environmental analysis; causal chain matrix; sources.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|                                                                                                                                                                                                    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1– Nascente sem acúmulo inicial de água.....                                                                                                                                                | 24 |
| Figura 2– Nascente com acúmulo inicial de água. ....                                                                                                                                               | 24 |
| Figura 3 – Componentes do modelo de análise da cadeia causal do projeto GIWA UNEP/GEF .....                                                                                                        | 36 |
| Figura 4 - Matriz de cadeia causal (adaptada por Silans et al. 2007).....                                                                                                                          | 41 |
| Figura 5 – Divisão territorial do estado da Paraíba, com o município de Pedras de Fogo em destaque. ....                                                                                           | 42 |
| Figura 6 – Localização geográfica da área de estudo na bacia hidrográfica do rio Gramame, Paraíba .....                                                                                            | 43 |
| Figura 7– Localização das nascentes Fazendinha, Nova Aurora e Cacimba da Rosa na bacia hidrográfica do rio Gramame, no município de Pedras de Fogo – PB.....                                       | 47 |
| Figura 8 – Matriz de cadeia causal - conflitos de destinação de uso, disponibilidade qualitativa e quantitativa da água nas áreas em torno da nascente Cacimba da Rosa – Pedras de Fogo – PB ..... | 54 |
| Figura 9 – Matriz de cadeia causal - conflitos de destinação de uso, disponibilidade qualitativa e quantitativa da água nas áreas em torno da nascente Nova Aurora – Pedras de Fogo –PB ..         | 55 |
| Figura 10 – Matriz de cadeia causal - conflitos de destinação de uso, disponibilidade qualitativa e quantitativa da água nas áreas em torno da nascente Fazendinha – Pedras de Fogo – PB .....     | 56 |
| Figura 11 – Nascente Cacimba da Rosa antes do aterramento – Pedras de Fogo – PB .....                                                                                                              | 57 |
| Figura 12 – Situação de degradação ambiental na nascente Cacimba da Rosa após chuva intensa que ocasionou o seu aterramento – Pedras de Fogo – PB.....                                             | 58 |
| Figura 13 – Cercamento de proteção da área no entorno da nascente Cacimba da Rosa – Pedras de Fogo – PB, derrubado por ação antrópica.....                                                         | 59 |
| Figura 14 – Presença de animais entorno da nascente Cacimba da Rosa – Pedras de Fogo – PB .....                                                                                                    | 59 |
| Figura 15 – Nascente Nova Aurora – Pedras de Fogo – PB.....                                                                                                                                        | 60 |
| Figura 16 – Loteamento da comunidade rural de Nova Aurora ao redor da nascente Nova Aurora – Pedras de Fogo – PB .....                                                                             | 61 |
| Figura 17 – Nascente Fazendinha – Pedras de fogo – PB.....                                                                                                                                         | 62 |
| Figura 18 – Loteamento da comunidade rural de Fazendinha – Pedras de Fogo – PB .....                                                                                                               | 62 |
| Figura 19 – Matriz de cadeia causal – nível socioeconômico nas áreas em torno da nascente Cacimba da Rosa – Pedras de Fogo – PB.....                                                               | 78 |

|                                                                                                                                                |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 20 – Matriz de cadeia causal – nível socioeconômico nas áreas em torno da nascente Nova Aurora – Pedras de Fogo – PB.....               | 79  |
| Figura 21 – Matriz de cadeia causal – nível socioeconômico nas áreas em torno da nascente Fazendinha – Pedras de Fogo – PB .....               | 80  |
| Figura 22 – Matriz de cadeia causal – fontes de poluição nas áreas em torno da nascente Cacimba da Rosa – Pedras de Fogo – PB.....             | 91  |
| Figura 23 – Matriz de cadeia causal – fontes de poluição nas áreas em torno da nascente Nova Aurora – Pedras de Fogo – PB .....                | 92  |
| Figura 24 – Matriz de cadeia causal – fontes de poluição nas áreas em torno da nascente Fazendinha – Pedras de Fogo – PB .....                 | 93  |
| Figura 25 – Casa de farinha a montante e bem próxima a área de captação da nascente Cacimba da Rosa – Pedras de Fogo – PB.....                 | 96  |
| Figura 26 – Lançamento da manipueira em direção à nascente Cacimba da Rosa – Pedras de Fogo – PB .....                                         | 97  |
| Figura 27 – Descarte inadequado de resíduos sólidos na área em torno da nascente Fazendinha – Pedras de Fogo – PB.....                         | 98  |
| Figura 28 – Pontos de acúmulo de lixo a céu aberto no município de Pedras de Fogo (Fazenda Bulhões) – PB.....                                  | 105 |
| Figura 29 – Pontos onde ocorre a prática inadequada de queima de resíduos sólidos, no município de Pedras de Fogo (Fazenda Bulhões) – PB ..... | 105 |
| Figura 30 – Plantação de cana-de-açúcar na zona rural de Pedras de Fogo – PB.....                                                              | 110 |

## **LISTA DE TABELAS**

|                                                                                                                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1 – Problemas ambientais e respectivos aspectos ambientais relacionados com a degradação dos recursos hídricos, segundo a metodologia do projeto GIWA UNEP/GEF ..... | 34 |
| Tabela 2 – Identificação dos problemas críticos na área em torno das nascentes .....                                                                                        | 52 |
| Tabela 3 – Resultado das análises físico-químicas dos parâmetros das amostras de água das nascentes, no período de 2010-2012*e no ano de 2014. ....                         | 65 |
| Tabela 4 – Resultados das análises de coliformes termotolerantes na água das nascentes (2010-2011) .....                                                                    | 66 |
| Tabela 5 – Valores médios das vazões das nascentes (2010-2012) .....                                                                                                        | 67 |

## **LISTA DE QUADROS**

|                                                                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Quadro 1 – Características das captações estudadas .....                                                            | 48 |
| Quadro 2 – Metodologia analítica adotada na determinação dos parâmetros físico-químicos da água das nascentes ..... | 49 |

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba

APP – Área de Preservação Permanente

ADT – Análise de Diagnóstico Transfronteiriço

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

CAGEPA – Companhia de Água e Esgoto da Paraíba

CNPQ – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

EMATER – Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

GEF – Global Environmental Facility

GIWA – Avaliação Global de Águas Internacionais

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDH – Índice de Desenvolvimento Humano

INCRA – Instituto Nacional de Colonização de Reforma Agrária

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

PNUD – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento

UTM – Universal Transverse Mercator

PNUMA – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente

PRONEA – Programa Nacional de Educação Ambiental

PMSB – Plano Municipal de Saneamento Básico

SISNAMA – Sistema Nacional de Meio Ambiente

## Sumário

|                                                                         |           |
|-------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO .....</b>                                               | <b>16</b> |
| 1.1 Objetivos .....                                                     | 19        |
| 1.1.1 Objetivo geral .....                                              | 19        |
| 1.1.2 Objetivos específicos.....                                        | 19        |
| <b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>                                     | <b>20</b> |
| 2.1 Degradação e poluição dos corpos hídricos.....                      | 20        |
| 2.1.1 As nascentes de corpos hídricos.....                              | 22        |
| 2.2 Conflitos pelo uso da água em bacias hidrográficas e nascentes..... | 27        |
| 2.3 Bacia hidrográfica: unidade de planejamento ambiental .....         | 30        |
| 2.4 Planejamento Ambiental.....                                         | 31        |
| 2.4.1 Planejamento estratégico.....                                     | 32        |
| 2.4.2 Ferramenta de planejamento: análise de cadeia causal .....        | 33        |
| <b>3 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....</b>                              | <b>42</b> |
| 3.1 Localização .....                                                   | 42        |
| 3.2 Clima.....                                                          | 43        |
| 3.3 Solos.....                                                          | 43        |
| 3.4 Geomorfologia .....                                                 | 44        |
| 3.5 Vegetação.....                                                      | 44        |
| 3.6 Aspectos socioeconômicos .....                                      | 45        |
| <b>4 METODOLOGIA.....</b>                                               | <b>46</b> |
| 4.1 Seleção das Nascentes .....                                         | 46        |
| 4.2 Levantamento de dados .....                                         | 48        |
| 4.2.1 Medição de vazão.....                                             | 48        |
| 4.2.2 Análises físico-químicas da água das nascentes .....              | 49        |
| 4.3 Construção das matrizes de cadeia causal .....                      | 50        |
| <b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>                                   | <b>52</b> |
| 5.1 Matriz de conflitos pelo uso da água .....                          | 52        |
| 5.1.1 Causas técnicas dos conflitos pelo uso da água .....              | 56        |
| 5.1.2 Causas gerenciais dos conflitos pela água.....                    | 69        |

|                                                                      |            |
|----------------------------------------------------------------------|------------|
| 5.1.3 Causas político-sociais dos conflitos pela água .....          | 72         |
| 5.1.4 Causas econômico-culturais dos conflitos pelo uso da água..... | 75         |
| 5.2 Matriz de nível socioeconômico .....                             | 77         |
| 5.2.1 Causas técnicas do nível socioeconômico.....                   | 81         |
| 5.2.2 Causas gerenciais do nível socioeconômico .....                | 83         |
| 5.2.3 Causas político-sociais do nível socioeconômico .....          | 86         |
| 5.3 Matrizes de fontes de poluição .....                             | 90         |
| 5.3.1 Causas técnicas de fontes de poluição.....                     | 94         |
| 5.3.2 Causas gerenciais de fontes de poluição .....                  | 102        |
| 5.3.3 Causas político-sociais de poluição da água .....              | 106        |
| 5.3.4 Causas econômico-culturais de poluição .....                   | 109        |
| <b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES .....</b>                  | <b>111</b> |
| <b>REFERÊNCIAS .....</b>                                             | <b>115</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

Enfrentar a escassez e garantir água de qualidade e em quantidade para atender à crescente população mundial de forma sustentável tem sido uma das grandes preocupações e prioridades de planejadores e tomadores de decisões. A questão da sustentabilidade aqui referida, centraliza-se, em especial, na gestão dos usos da água para o consumo humano, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas próprias necessidades. Diante disso, o desafio de sustentabilidade se inicia no campo e envolve trabalhos de recuperação e preservação de áreas de afloramentos do lençol hídrico subterrâneo, também chamadas de nascentes.

Antigamente as demandas hídricas podiam ser atendidas pelas disponibilidades naturais sem amplos investimentos, além daqueles indispensáveis para a captação. Porém, o desenvolvimento econômico, mais intenso nas regiões de relativa abundância hídrica e o aumento populacional acabaram por reduzir os recursos hídricos, tanto em quantidade como em qualidade satisfatória necessitando de maiores investimentos para obtê-los (LANNA, 1993, p.739).

Segundo Valente e Gomes (2002), nascentes são manifestações superficiais de aquíferos subterrâneos, frequentemente conhecidos por lençóis subterrâneos, tanto freáticos (aqueles que apresentam uma camada impermeável presente só na base) como artesianos ou confinados (quando a água está localizada entre duas camadas impermeáveis). Para Castro e Lopes (2001), as nascentes são locais onde se iniciam os cursos d'água (córrego, ribeirão, etc.), que abastecem as zonas urbanas e rurais, sendo de grande importância ambiental, social e econômica no contexto de qualquer região.

A exploração desordenada dos recursos naturais, o uso inadequado dos solos, o desmatamento sem controle e a aplicação indiscriminada de fertilizantes, corretivos e agrotóxicos vêm provocando inúmeros problemas ambientais, principalmente em áreas de nascentes e ribeirinhas, alterando a qualidade e quantidade de água drenada pela bacia hidrográfica (PINTO et al. 2004). Para Rocha et al. (2008) a qualidade da água de uma nascente também é influenciada pela interação de diversos fatores dentre eles o clima, a cobertura vegetal, a topografia, os aspectos referentes à hidrogeologia local, a formação geológica, bem como o tipo, o uso e o manejo do solo na bacia hidrográfica.

Dessa forma, Souza e Fernandes (2000), relacionam a proteção das nascentes com as práticas corretas do manejo integrado de bacias hidrográficas. Esse manejo envolve a

elaboração de diagnósticos que levantam os problemas da bacia hidrográfica, identificam os conflitos e indicam as possíveis soluções em todos os níveis, integrando conclusões e recomendações para a recuperação total do meio ambiente (SILVA e RAMOS, 2001). Por isso, as bacias hidrográficas vêm se consolidando como compartimentos geográficos coerentes para planejamento integrado do uso e ocupação dos espaços rurais e urbanos, tendo em vista o desenvolvimento sustentado no qual se compatibilizam atividades econômicas com qualidade ambiental (SOUZA e FERNANDES, 2000).

Santos (2004) afirma que o planejamento ambiental fundamenta-se na interação e integração dos sistemas que compõem o ambiente, com o intuito de estabelecer relações entre os sistemas ecológicos e os processos da sociedade. Geralmente, esse planejamento consiste na adequação de ações à potencialidade, capacidade local e de suporte, buscando o desenvolvimento harmônico da região e a manutenção da qualidade do ambiente físico, biológico e social. Além disso, o autor supracitado relata que o planejamento ambiental utiliza-se da estratégia de estabelecer ações dentro de contextos e não isoladamente, obtendo-se, assim, um melhor aproveitamento do espaço físico e dos recursos naturais, entre outros.

De acordo com Cabral da Silva et al. (2011), a bacia hidrográfica do rio Gramame, apesar de possuir fundamental importância para o abastecimento de água de cerca de 70% da população da Grande João Pessoa, compreendendo as cidades de João Pessoa (capital da Paraíba), Cabedelo, Bayeux e parte de Santa Rita e de várias comunidades ribeirinhas, caracteriza-se por ser palco de uma série de conflitos em torno da água sendo o mais notável o de disponibilidade quantitativa entre a irrigação e o abastecimento humano. Registram-se ainda conflitos entre a atividade da pesca e a industrial, entre outros.

Para Gadelha et al. (2001), a bacia hidrográfica do rio Gramame possui uma base essencialmente rural, na qual as atividades de irrigação têm-se destacado para racionalizar e intensificar sua produção agrícola. Isso tem ocasionado grande consumo de fertilizantes e agrotóxicos (inseticidas, fungicidas e herbicidas), em grandes áreas da bacia hidrográfica, inclusive a montante do ponto de captação de água para o sistema de abastecimento da Grande João Pessoa, comprometendo a qualidade da água.

De acordo com o exposto no Plano Diretor da Bacia Hidrográfica do rio Gramame (PARAÍBA, 2000), essa bacia hidrográfica apresenta um elevado grau de exploração antrópica frente às outras bacias litorâneas do Estado, tendo a maior parte de sua área ocupada pela exploração agrícola, que também é a maior responsável pelo consumo de água. A irrigação destaca-se principalmente no consumo de água pela cultura de cana-de-açúcar. Com o aparecimento das usinas de processamento de cana-de-açúcar, as áreas canavieiras

expandiram-se, passando a ocupar também os tabuleiros, além dos terraços recentes de fundo de vale. Diante disso, a cobertura vegetal atual no baixo, médio e alto curso dos rios que formam a bacia hidrográfica do rio Gramame apresentam um índice elevado de devastação (aproximadamente, 10% da cobertura vegetal), como consequência, principalmente da exploração desordenada, voltada para diversas atividades, como a agrícola, a industrial, de mineração, turismo e lazer, além da urbanização crescente no território da bacia.

As demandas hídricas da bacia hidrográfica do rio Gramame referem-se a: os usos consuntivos para abastecimento da população humana urbana (núcleos urbanos) e rural; o abastecimento animal; e a pôr fim às necessidades de água para indústrias, e para irrigação. Identificam-se, por esse fato, áreas de vulnerabilidade e que, se não existir um mecanismo eficaz de gestão dos recursos hídricos, estarão sujeitas a conflitos de disponibilidade quantitativa e qualitativa entre os diferentes usuários (PARAÍBA, 2000).

Segundo Costa (2011), a bacia hidrográfica do rio Gramame possui um número significativo de nascentes localizadas no município de Pedras de Fogo– PB, que apresentam uma série de conflitos envolvendo a disponibilidade e a qualidade da água para usos múltiplos. Além disso, a região vem sendo foco de sérios problemas ambientais como o desmatamento. A retirada da cobertura florestal nativa vem ocorrendo nas margens de rios e do entorno das nascentes para a exploração agrícola, principalmente, a cultura da cana-de-açúcar, em larga escala, e pequenas lavouras como batata-doce, mandioca, inhame e abacaxi, entre outras.

Filgueira et al. (2010) em estudo realizado no alto curso do rio Gramame, envolvendo os usos e usuários da água das nascentes, verificaram que, do total dos moradores locais entrevistados, 56,9% são usuários de água de nascentes, enquanto 43,1% utilizam outras fontes de água, como, por exemplo, poços rasos. Além disso, os autores supracitados relatam que 37,9% da população local utilizam a água diariamente: em primeiro lugar para lavagem de utensílios domésticos e roupas; em segundo, para irrigação de pequenas lavouras, popularmente chamadas de “lavouras brancas” (batata-doce, inhame e macaxeira); e, por último, para dessedentação de animais e beber.

Assim, diante dessa realidade, é importante o desenvolvimento de estudos que subsidiem o planejamento ambiental e as melhores estratégias para a recuperação e preservação das nascentes da bacia hidrográfica do rio Gramame.

## 1.1 Objetivos

### 1.1.1 Objetivo geral

Analisar o processo de degradação de áreas de captações de água de nascentes na bacia hidrográfica do rio Gramame/PB, no município de Pedras de Fogo, utilizando como ferramenta a matriz de cadeia causal.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- Levantar as principais fontes de poluição da água das nascentes Cacimba da Rosa, Nova Aurora e Fazendinha;
- Identificar as principais variáveis sociais e ambientais envolvidas no processo de degradação das áreas das nascentes;
- Identificar as causas técnicas, gerenciais, político-sociais e econômico-culturais verificadas nos principais problemas nas áreas em torno das nascentes estudadas;
- Construir a matriz de cadeia causal para os principais problemas identificados nas áreas em torno das nascentes;
- Realizar uma análise ambiental integrada das áreas das nascentes como suporte técnico aos tomadores de decisão no que concerne à formulação e execução de políticas públicas de conservação das nascentes.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Degradação e poluição dos corpos hídricos

De acordo com a Lei Federal 6.938/81, que institui a Política Nacional do Meio Ambiente seus fins, mecanismos de formulação e aplicação, entende-se como degradação da qualidade ambiental:

A alteração adversa das características do meio ambiente, e por poluição, a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente: a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; c) afetem desfavoravelmente a biota; d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos (BRASIL, 1981).

Quando a poluição de um determinado corpo hídrico causa consequências à saúde do homem, diz-se que há contaminação. Assim, a contaminação pode ser compreendida como um caso particular de poluição. Um corpo hídrico está contaminado quando recebe ou microrganismos ou substâncias químicas ou radioativas. Para *Dores e Freire (2001)*, a preocupação com a contaminação de corpos hídricos superficiais e subterrâneos tem crescido no meio científico, principalmente, quando a contaminação ocorre por agrotóxicos, sendo a preocupação ainda maior quando a água dos corpos hídricos é utilizada para o consumo humano.

A poluição das águas é consequência de praticamente todas as atividades humanas, sejam elas domésticas, comerciais ou industriais. Cada uma dessas atividades produz poluentes específicos que causarão determinadas consequências na qualidade da água do corpo receptor (*PEREIRA, 2004*). As consequências de cada poluente estão relacionadas com suas concentrações, o tipo de corpo hídrico receptor, assim como os usos da água deste. *Silans et al. (2005)*, afirmam que a poluição da água significa qualquer alteração de suas propriedades físicas, químicas ou biológicas, que possa resultar em prejuízo à saúde, à segurança e ao bem estar das populações, causar dano à flora e à fauna, ou comprometer o seu uso para fins sociais e econômicos.

Diante disso, a expansão da agricultura tem colaborado para a poluição do solo e das águas. Para *Gadelha et al. (2001)*, os fertilizantes sintéticos e defensivos agrícolas (inseticidas, fungicidas, cupinícida, nematocida e herbicidas) usados em quantidades inadequadas ou indiscriminadamente nas lavouras, poluem o solo e as águas dos rios e lagos, onde intoxicam

e matam diversos organismos desses ecossistemas. Causam também problemas para o homem e os animais, porque apresentam alta toxidez e efeitos cumulativos, e são de difícil decomposição química. Silans et al. (2005) afirmam que as águas são poluídas, principalmente, por dois tipos de resíduos: os orgânicos, formados por cadeias de carbono ligadas a moléculas de oxigênio, hidrogênio e nitrogênio, e os inorgânicos, que possuem composições diferentes. Os resíduos orgânicos normalmente possuem origem animal ou vegetal e provêm dos esgotos domésticos e de diversos processos industriais ou agropecuários. São biodegradáveis, ou seja, são destruídos naturalmente por microrganismos. Porém, esse processo de destruição acaba consumindo a maior parte do oxigênio dissolvido na água, o que pode comprometer a sobrevivência de organismos aquáticos. Já os resíduos inorgânicos vêm, geralmente, de indústrias, principalmente as químicas e petroquímicas, de agrotóxicos e fertilizantes e não podem ser decompostos naturalmente. Entre os mais comuns estão os metais pesados. Conforme sua composição e concentração, os poluentes hídricos possuem a capacidade de intoxicar e matar microrganismos, fauna e flora aquática, assim podendo tornar a água imprópria para o consumo humano.

Segundo von Sperling (2005), geralmente os poluentes podem atingir os corpos hídricos de duas maneiras diferentes: a primeira ocorre por meio de uma fonte pontual, onde os poluentes atingem o corpo de água de forma concentrada no espaço. É o que ocorre, por exemplo, em lançamentos de esgotos industriais em um determinado corpo hídrico. A segunda ocorre a partir de fonte difusa, isto é, os poluentes alcançam os mananciais devido ao seu deslocamento a partir de extensas áreas, de forma espalhada ou distribuída; geralmente, os poluentes são transportados por correntes aéreas, chuva ou pela atividade agrícola com o uso de agrotóxicos. Para Silans et al. (2005), em concentrações urbanas, onde não existe rede de esgotamento sanitário, as fossas sépticas e sumidouros estão de tal forma regularmente espaçadas que o conjunto acaba por ser uma fonte difusa de poluição. Esse tipo de poluição apresenta baixa concentração, atinge áreas extensas e seus efeitos só se tornam visíveis depois que se encontram concentrados na biota, sendo essa fonte de poluição mais complexa de controlar.

A degradação ambiental é consequência da dinâmica entre componentes socioeconômicos, institucionais e atividades tecnológicas. Fatores como o crescimento econômico, da agricultura e da população, a pobreza, urbanização, o aumento do uso de transportes e as necessidades de novas fontes de energia, resultam em problemas ambientais. Assim, as causas ou fatores de degradação ambiental são resultado de características sociais, econômicas e ambientais de uma determinada região (CRUZ et al., 2008).

De acordo com o exposto no Plano Diretor da Bacia Hidrográfica do Rio Gramame (PARAÍBA, 2000), a degradação do meio ambiente é geralmente associada à industrialização realizada, sem levar em consideração os princípios ecológicos e a integridade dos recursos naturais. Resultado então, de todas as ações e/ou omissões humanas, adquire proporções de poluição da água, do ar e do solo, com danos à qualidade de vida, ao bem estar e ao desenvolvimento socioeconômico.

Para Jesus (2006), a fragilidade ambiental associada a fatores antrópicos pressionados por situações de pobreza e baixos níveis tecnológicos causa a degradação do ambiente. Nesse cenário destaca-se o estado da Paraíba na região Nordeste do Brasil. As práticas econômicas que ocorrem no Estado desde os primórdios do descobrimento do Brasil, têm sido predatórias nos seus diferentes espaços geográficos. Diante disso, tem-se verificado que os recursos naturais ainda disponíveis vêm sendo explorados de forma imediatista, apresentando níveis de degradação ambiental bastante evidente, quase sempre, nas áreas onde as condições hidrometeorológicas são menos favoráveis.

Assim, os recursos hídricos e seus ecossistemas associados são os mais prejudicados pela falta de cuidados ambientais. Devido principalmente ao elevado crescimento populacional e à ocupação desordenada do solo, tem-se observado a poluição e contaminação dos corpos hídricos superficiais e subterrâneos, com o comprometimento da quantidade e da qualidade da água para os seus múltiplos usos. Para Costa (2011), estudos de tratamentos ambientais são fundamentais para se obter a melhor compreensão das inter-relações entre o homem e o meio ambiente.

### 2.1.1 As nascentes de corpos hídricos

Muitos mananciais vêm sendo cada vez mais e de diversas formas contaminados e também, em alguns casos, já são constatadas relevantes reduções na sua vazão ou até mesmo seu desaparecimento (CASTRO et al. 2007). Entre os vários tipos de mananciais existentes, as nascentes são de fundamental importância, uma vez que a maioria delas pode fornecer água durante o ano inteiro, mesmo em períodos de estiagem, assim como também são responsáveis pela formação dos cursos de água. Por isso, profissionais de órgãos governamentais e outras instituições, engajados na preservação dos recursos hídricos, têm destinado um empenho especial à preservação das nascentes.

De acordo com Felipe e Magalhães Jr. (2009), para gerir os recursos hídricos e garantir o suprimento de água em qualidade e quantidade adequada, para seus usos múltiplos,

é de extrema importância o monitoramento e o acompanhamento de ações de preservação das áreas de nascentes de corpos hídricos. Estes são ambientes fundamentais para a manutenção do equilíbrio hidrológico e ambiental das bacias hidrográficas.

Barreto et al. (2007) afirmam que, além da quantidade e qualidade de água da nascente, é importante manter a sua vazão ao longo do tempo, de modo que ela apresente volume médio de produção, principalmente nos períodos mais secos. Para que isso ocorra é necessário que a nascente esteja localizada em uma bacia hidrográfica conservada, na qual os solos sejam permeáveis, possibilitando assim, o processo de infiltração.

A nascente ideal é aquela que fornece água de boa qualidade, abundantemente e de forma contínua. Também, é necessário que, além da quantidade de água produzida pela nascente, ela tenha boa distribuição no tempo, assim, a variação da vazão situe-se dentro do mínimo adequado ao longo do ano. Esse fato pressupõe que a bacia hidrográfica não deve funcionar como um recipiente impermeável, escoando em curto espaço de tempo toda a água recebida durante uma precipitação pluvial. Pelo contrário, essa deve absorver boa parte dessa água por meio do solo, armazená-la em seu lençol subterrâneo e cedê-la, aos poucos, aos cursos d'água através das nascentes, inclusive mantendo a vazão, sobretudo durante os períodos de seca. Isso é primordial tanto para o uso econômico e social da água – bebedouros, irrigação e abastecimento público, como para a manutenção do regime hídrico do corpo d'água principal, assegurando a disponibilidade de água no período do ano em que mais se precisa dela (CALHEIROS et al., 2009).

As nascentes podem ser divididas de acordo com o regime de água, em perenes (de fluxo contínuo), temporárias (só permanecem ao longo da estação chuvosa) ou efêmeras (só aparecem temporariamente após as chuvas e duram poucos dias ou horas) (BARRETO et al., 2007).

Para Castro et al. (2007), o aparecimento de água na superfície do solo resultante do lençol freático ocorre principalmente de duas formas diferentes e, assim, as nascentes podem ser pontuais ou de encostas e difusas. A nascente pontual ocorre quando a camada impermeável apresenta uma inclinação menor em relação à encosta. Isso ocasiona o encontro entre elas, e a água brota em um único local do terreno, formando assim a nascente ou “olho d'água”. A nascente difusa ocorre quando a camada impermeável do terreno encontra-se praticamente paralela à superfície do terreno, na sua parte mais baixa. Com isso, o fluxo de água das encostas promoverá uma elevação do nível do lençol freático que poderá atingir a superfície do terreno. Nessas condições, o solo apresentará características de encharcamento,

caracterizando brejos, onde as pequenas nascentes brotam de maneira desordenada em toda superfície do terreno.

Segundo Calheiros et al. (2004), as nascentes pontuais ou de encosta (Figura 1) ainda podem ser classificadas com relação à sua formação, em nascentes sem acúmulo de água inicial.

Figura 1– Nascente sem acúmulo inicial de água



Fonte: Calheiros et al. (2004)

Em relação às nascentes difusas, se a vazão for pequena poderá apenas molhar o terreno; do contrário, pode originar o tipo de nascente com acúmulo de água inicial que, devido às suas características, acabará formando um lago (Figura 2).

Figura 2– Nascente com acúmulo inicial de água.



Fonte: Calheiros et al. (2004)

As nascentes também se classificam, em relação ao estado de conservação, em três categorias: preservadas, perturbadas e degradadas. São preservadas as que possuem pelo menos 50 metros de vegetação natural no seu entorno, medidos a partir do “olho d’água” em nascentes pontuais ou partir do “olho d’água” principal em nascentes difusas; perturbadas, quando não possuem 50 metros de vegetação natural no seu entorno, mas com bom estado de conservação, em parte, ocupadas por pastagem e/ou agricultura; degradadas, as que possuem um alto grau de perturbação, pouco vegetada, solo compactado, presença de gado, com erosões e voçorocas (PINTO et al. 2004).

De acordo com Mello et al. (2010), estudos sobre o uso e ocupação do solo em áreas de recarga de nascentes são cada vez mais relevantes, tendo em vista a escassez de estudos referentes à dinâmica da água nessas áreas. Além disso, os autores supracitados relatam que principalmente com relação “as nascentes”, ocorre um evidente interesse na preservação e melhoria da qualidade, quantidade e uniformidade de produção de água. Com isso, destaca-se a importância de estudos científicos sobre o controle ambiental, com aplicação em pesquisas em regiões hidrológicas e uma maior conscientização e envolvimento da sociedade nos desafios relacionados à gestão dos recursos hídricos.

Soares et al. (2010), avaliaram as pressões antrópicas, consequentes do uso da terra, em três nascentes pertencentes à sub-bacia hidrográfica do córrego do Caeté –MT, sendo, duas localizadas na zona rural do distrito de Sonho Azul, em Mirassol D’Oeste - MT (nascentes Zé Cassete e Carnaíba). A terceira, a nascente do córrego Tereré, situa-se na zona urbana de São José dos Quatro Marcos-MT. Os autores verificaram que apenas a nascente do córrego Carnaíba encontra-se preservada, em razão da menor pressão de atividades econômicas no seu entorno. A nascente do córrego Zé Cassete apresenta a situação mais crítica devido à redução de fertilidade do solo no seu entorno, ocasionado, principalmente, pelo cultivo de cana-de-açúcar. Já a nascente do córrego Tereré perdeu suas características naturais em razão da urbanização que existe no seu entorno. Concluíram sobre a necessária intervenção nas nascentes estudadas para que essas possam permanecer contribuindo com a sub-bacia hidrográfica.

Pedrosa (2014) afirma que, há pelo menos um ano, a crise hídrica vem ocupando espaço diariamente entre as principais manchetes da imprensa brasileira. Como se tivesse ocorrido de repente, sem previsões e alertas há décadas.

Uma pesquisa realizada pela Universidade Estadual Paulista (Unesp) publicada no Jornal Hoje, mostrou o interior do estado de São Paulo em uma situação alarmante, pois mais da metade das 54 nascentes de água que estavam sendo monitoradas desde 2003 secaram na

última década. Os autores supracitados afirmam que a falta de chuvas agravou o problema, mas uma das causas principais desse grave problema foi o desmatamento das matas ciliares. Das 54 nascentes analisadas na pesquisa, 34 tem menos da metade de água que tinham há dez anos e 29 estão secas. Uma das nascentes que secaram pertencia ao rio São José dos Dourados, um dos mais importantes da região Noroeste de São Paulo (CASATTI et al. 2014).

Estudo veiculado pelo Jornal Bom Dia Brasil mostra que, no município de Jundiá, no interior de São Paulo, 225 nascentes correm o risco de desaparecer. Com isso, o rio Jundiá Mirim, que abastece o município, também pode ter o volume reduzido. Os autores também alertam que a estiagem e a falta de vegetação já fizeram um córrego secar e que as nascentes precisam ser protegidas por mata nativa, para ajudar a manter o volume de água e impedir o assoreamento. Sem as áreas verdes no seu entorno, as nascentes secam no período de estiagem, o que compromete o volume dos rios e reservatórios (RIBEIRO et al. 2015).

Menezes (2014) afirma que a crise hídrica tão falada em São Paulo e Minas Gerais, de fato uma condição permanente há séculos no Nordeste do Brasil, é nada mais do que um retrato da crise nacional em gestão de recursos hídricos, afinal existem leis, planos e agências reguladoras dos recursos hídricos e outras instâncias, porém a gestão integrada desses recursos com a clara e objetiva definição de quem faz o quê, como e onde, nem sempre é praticada.

De acordo com a Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012, que institui o atual Código Florestal (BRASIL, 2012), alterado pela Lei Federal 12.727, de outubro de 2012, fruto da conversão da Medida Provisória Nº 571/2012 em Lei, consideram-se Áreas de Preservação Permanente – APP's, as “áreas protegidas, cobertas ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas”. A mesma Lei, também determina que as APP's, em meios rurais ou urbanos, “são áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros”, ou seja, aquelas nascentes ou olhos d'água que apresentam água temporariamente, ou só durante uma estação do ano, não estão inclusos.

Para cursos d'água, a área de preservação varia conforme a largura do rio, mas apenas para os perenes e intermitentes, excluídos os efêmeros, que são aqueles que apresentam água apenas após uma grande precipitação.

Segundo o Artigo 39 Lei de Crimes Ambientais Nº 9.605/98 (BRASIL, 1998), é proibido destruir ou danificar floresta considerada da área de preservação permanente, sem

permissão da autoridade competente, sendo prevista pena de detenção, de um a três anos, ou multa, ou ambas as penas, cumulativamente.

A Lei Federal Nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, dentre os instrumentos estabelecidos por esta, segundo seu Art. 5º, destacam-se os Planos de Recursos Hídricos que apresentam, como conteúdo mínimo, o diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos, a análise das alternativas de crescimento demográfico, a modificação dos padrões de ocupação do solo; a realização do balanço entre disponibilidades e demandas futuras dos recursos hídricos, em quantidade e qualidade, com identificação de conflitos potenciais; as metas de racionalização de uso, aumento da quantidade e qualidade dos recursos hídricos disponíveis, assim como, avaliar medidas a serem tomadas, programas para serem aprimorados e projetos para serem estabelecidos (BRASIL,1997).

Como se pode perceber, a Lei Nº 9.433, visa à segurança deste recurso natural de extrema importância para a sobrevivência humana e de toda biodiversidade brasileira. No entanto, com relação à aplicação e fiscalização desta Lei, vale salientar que, na grande maioria das vezes em nosso país, ela não é efetivamente aplicada. Desta forma, são inúmeros os problemas ambientais que ocorrem no País, como lançamento de efluentes industriais e resíduos gerados nos mananciais, quase sempre, sem nenhum tratamento, que levam prejuízos à fauna e flora, podendo alcançar também a vida humana através da cadeia alimentar.

## 2.2 Conflitos pelo uso da água em bacias hidrográficas e nascentes

Garreta-Harkot et al. (1991 apud MARCELINO, 2000, p. 21), define o uso conflitante como sendo:

Aquelas formas antrópicas de apropriação e utilização do ambiente, realizadas sem respeito aos limites impostos pelas feições, processos moduladores e características de determinada unidade de recurso ambiental, capazes de desestruturar suas funções dentro do ecossistema, e de, quando demasiada intensas, impedir a recuperação dos atributos que as distingue das demais.

Marcelino (2000) afirma que os conflitos de usos dos recursos naturais estão associados à presença humana no ambiente e às diversas formas de ocupação do espaço. As desigualdades sociais e a má distribuição de renda contribuem indiretamente para o conflito de uso dos recursos naturais, quando contribui para o surgimento de massa desempregada, sem condições de moradia nas cidades, sem planejamento ou infraestrutura urbana, resultando

assim, na poluição da água, na degradação da paisagem, na modificação de habitats e comunidades, entre outros e, com frequência, no esgotamento dos recursos naturais.

Para Alves e Azevedo (2014), os conflitos ambientais ocorrem na sociedade desde tempos remotos, ocasionados pela escassez ou pelas falhas no controle e/ou gestão de um determinado recurso natural. Os conflitos relacionados aos recursos hídricos são conhecidos, especialmente os que procedem da intensificação e diversificação de demandas, decorrentes em partes do aumento populacional e da urbanização, que colaboram para que os segmentos econômicos e industriais necessitem cada vez mais de disponibilidade hídrica. Além disso, os autores supracitados relatam que apesar de o Brasil ser um país com uma considerável disponibilidade de recursos hídricos, estes são emblemáticos no que se refere à geração de conflitos, relacionados aos usos múltiplos da água. Na região semiárida brasileira, em consequência das instabilidades climáticas e má gestão que condicionam a oferta de recursos hídricos, esses conflitos são ainda mais frequentes e por vezes catastróficos, não ganhando geralmente a importância que deveriam.

A crescente necessidade por água potável, juntamente com a diminuição da sua disponibilidade, tanto em quantidade quanto em qualidade, tem aumentando os conflitos pelo acesso, uso, consumo e gestão desse recurso, estabelecendo assim um problema de aspecto ecológico, cultural, social e de política de gestão pública. É importante destacar que a sua disponibilidade no tempo e no espaço sofreu alterações, tornando-se cada vez mais escassa, consequência do aumento da demanda agrícola, industrial e demográfica, juntamente com a contaminação, desperdício e a degradação dos corpos hídricos. O problema aumenta ainda mais devido à água ser um recurso voltado a usos múltiplos, que geralmente são simultâneos entre si. Dessa forma, Brito (2008), considera que os usos múltiplos dos recursos hídricos constituem um dos grandes desafios para as populações atuais.

Para Pinheiro et al. (2007), a sociedade moderna ampliou a diversidade de usos dos recursos hídricos, assim como intensificou a exploração deste. No passado, a pequena demanda hídrica correspondia ao uso doméstico, à criação de animais, ao uso agrícola, e à dessedentação. A partir do aumento da diversidade dos usos praticados, originaram-se os usos múltiplos, isto é, aqueles que atendem às diversas demandas e não se restringem a um único uso. Dentre os usos múltiplos dos recursos hídricos estão: abastecimento público; consumo industrial; irrigação; recreação; dessedentação de animais; geração de energia elétrica; transporte; diluição de despejos; preservação da fauna e da flora.

De acordo com Ferreira et al. (2004), em estudo realizado na bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG, envolvendo o uso conflitante presente nas áreas de recarga

de 177 nascentes, foram considerados como uso conflitante os usos que não eram de vegetação nativa presente nas APP's das nascentes. Das 177 nascentes perenes desta bacia, 44 (24,86%) foram identificadas como degradadas, 107 perturbadas (60,45%) e apenas 26 (14,69%) encontravam-se preservadas. As áreas de recarga das nascentes ocupam uma área de 1.404 ha da bacia hidrográfica, dos quais 9,3% estavam ocupados por algum tipo de uso conflitantes. A pastagem representou o uso predominante sendo responsável por 78,45% dos 9,3% de uso conflitante presente nas áreas de recarga das nascentes. Além disso, os autores também afirmam que as nascentes ainda foram classificadas em seis categorias: preservada pontual (10,17%), preservada difusa (4,53%), perturbada pontual (34,46%), perturbada difusa (25,99%), degradada pontual (8,46%) e degradada difusa (16,38%). As principais perturbações identificadas foram: compactação do solo pelo gado e pelas práticas de preparo para o plantio de culturas agrícolas, presença de lixo, estrume, erosão, grandes voçorocas e desmatamento.

A sociedade moderna tem aumentado consideravelmente a diversidade de usos da água ocasionando demandas conflitantes. Nas regiões industrializadas, de exploração mineral e de alta concentração populacional, ocorre a degradação dos recursos hídricos constituindo conflitos com aqueles usuários que necessitam de melhores condições qualitativas da água. Esses conflitos podem derivar da disponibilidade quantitativa, da qualidade e das destinações de uso da água (LANNA, 1993, p.740).

Os conflitos relacionados ao uso da água podem ser classificados como:

- **Conflitos de destinação de uso** - situação que ocorre quando a água é utilizada para destinações outras que não aquelas estabelecidas por decisões políticas, que as reservariam para o atendimento de demandas sociais, ambientais e econômicas. Por exemplo, a retirada de água de reserva ecológica para a irrigação: deste modo, acaba sendo utilizada para outros fins.

- **Conflitos de disponibilidade qualitativa**- situação própria de uso de água em corpos hídricos poluídos. Existe um aspecto vicioso nesses conflitos, pois o consumo exagerado reduz a vazão de estiagem deteriorando a qualidade das águas já comprometidas primeiramente pelo lançamento de poluentes. Isso torna impossível o uso do recurso hídrico para os usos múltiplos (dessedentação, abastecimento público, etc.) por torná-la inadequada para o consumo.

- **Conflitos de disponibilidade quantitativa** - condição característica do esgotamento da disponibilidade quantitativa da reserva hídrica devido ao uso intensivo, podendo ser consuntivo e não consuntivo. Consuntivo: uso intensivo de água para irrigação evitando outro

usuário de captá-la, podendo ocorrer também entre dois usos não-consuntivos, por exemplo, na operação de uma hidrelétrica que estabelece variações nos níveis de água acarretando danos à navegação (LANNA, 1993, p. 741; LANNA, 1997; SETTI et al., 2000).

### 2.3 Bacia hidrográfica: unidade de planejamento ambiental

A bacia hidrográfica é definida como um conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes e constituída nas regiões mais altas do relevo por divisores de água, nas quais as águas das chuvas, ou escoam superficialmente formando os riachos e rios, ou infiltram no solo para formação das nascentes e dos lençóis freáticos (BARRELLA 2001, apud TEODORO et al. 2007).

A Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei nº 9.433/1997, incorpora fundamentos, princípios, normas e instrumentos para o gerenciamento de recursos hídricos seguindo a definição de bacias hidrográficas como unidade de estudo e gestão. Ainda de acordo com esta Lei, em seu Artigo 1º, a “bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, onde a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades”.

De acordo com o exposto no Plano Diretor da Bacia Hidrográfica do Rio Gramame, a bacia de drenagem ou bacia hidrográfica atua como um coletor das águas pluviais precipitadas na sua área, conduzindo-as a partir da rede fluvial como escoamento ao exutório da bacia. Nesse processo, o relevo, a forma, a rede de drenagem, a vegetação, a natureza do solo e o embasamento geológico da bacia são determinantes na relação espaço – temporal entre a chuva e a vazão resultante nos cursos d’água (PARAÍBA, 2000).

De acordo com Kobiyama et al. (2008) a bacia hidrográfica é uma unidade ideal para o gerenciamento integrado dos recursos hídricos e pode ser entendida como uma área geográfica que abrange todas as nascentes de um rio principal e de seus rios afluentes, região na qual o escoamento superficial em qualquer ponto converge para um único ponto de saída, chamado exutório.

Para Rocha e Vianna (2008), a bacia hidrográfica é tradicionalmente considerada como a unidade fisiográfica mais apropriada para o planejamento dos recursos hídricos, por ser composta de um sistema aberto de fluxo hídrico a montante do ponto onde a vazão do curso principal deve ser medida.

## 2.4 Planejamento Ambiental

Pereira (2010) considera que o processo de planejamento é válido para todo e qualquer tipo de organização, seja ela pública, privada ou não governamental. É adequado também para governos municipais, estaduais e para o federal e seus ministérios. Claramente, para cada tipo de organização deve-se conhecer a devida contextualização, isto é, considerar as demandas e especificidades de determinada organização em que se está realizando o planejamento.

Franco (2001) afirma que o planejamento ambiental ou das ações humanas em um determinado território, deve levar em conta a capacidade de suporte dos ecossistemas a nível local e regional, sem perder de vista as questões de equilíbrio em escalas maiores, tais como, a continental e a planetária, visando à melhoria da qualidade de vida humana, dentro de uma ética ecológica. Ainda de acordo com Franco (2001), o principal objetivo do planejamento ambiental é alcançar o desenvolvimento sustentável dos agroecossistemas e dos ecossistemas urbanos (cidades), minimizando os riscos e impactos ambientais, buscando manter sua biodiversidade e a cadeia ecológica da qual o homem também faz parte. Assim, pressupõe-se, três fundamentos de ações humanas que são a de preservação, recuperação e conservação do meio ambiente. Dessa forma, o planejamento ambiental é também um planejamento territorial estratégico, ecológico-econômico, sociocultural, agrícola e paisagístico.

Para Rodriguez et al. (2004), o processo de planejamento ambiental se apresenta como um valioso instrumento para auxiliar os tomadores de decisão na implementação de estratégias mais efetivas para realizar o desenvolvimento sustentável, uma vez que permite pensar previamente a estratégia de uso e exploração dos recursos naturais e serviços ambientais.

Nesse contexto, Silva et al. (2011), também consideram o planejamento ambiental como um instrumento da Política Ambiental, um suporte articulado ao processo de tomada de decisões, voltado para traçar diretrizes e programar o uso do seu território e dos espaços. Além disto, os autores afirmam que o planejamento ambiental ajuda a direcionar ações e intervenções dos governos, dos atores sociais e dos agentes econômicos, aos sistemas naturais, estando bem direcionado para a organização espacial da bacia hidrográfica.

No caso de bacias hidrográficas e de recursos hídricos, Leal (2012) afirma ser necessário um permanente e contínuo processo de planejamento ambiental, que considere os aspectos naturais, sociais, econômicos e políticos atuantes, de forma integrada e participativa.

#### 2.4.1 Planejamento estratégico

O planejamento estratégico na visão de Souto-Maior (2013), é um instrumento esclarecedor da finalidade de uma determinada organização, ou seja, em que condição ela quer estar no futuro, como vai chegar lá (estratégia), e se está na direção correta (monitoramento). Dessa forma, busca-se tornar as organizações mais eficientes, eficazes e produtivas para que possam ser sustentáveis, por maneiras mais apropriadas para realizar e alcançar seus objetivos e metas, quaisquer que sejam.

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (2006), o enfoque de planejamento e gestão estratégica consiste em uma visão integrada destinada a implantar as ações e as recomendações propostas pelo estudo, buscando desenvolver capacidades gerenciais e ferramentas de apoio para garantir a melhoria contínua do processo de planejamento e implantação de ações. Os resultados obtidos por meio de uma gestão estratégica são superiores a um mero acompanhamento de planos e apontamento de problemas, sendo assim consistente para lidar com ações de longo prazo, além de proteger a programação de possíveis problemas em mudanças de comando, algo recorrente em organizações públicas.

Para Marques (2002), a maioria dos recursos hídricos vêm sendo utilizados de forma não sustentável pelo homem tendo como consequências, alteração de vazões, rebaixamento de lençol freático, poluição da água, modificação ou perda de habitats, contaminação do solo e da água. Logo, a realização de ações, a elaboração de planos e projetos concentram-se na eliminação e/ou minimização desses problemas. No entanto, ainda de acordo com Marques (2002), as várias causas de natureza socioeconômica responsáveis pela degradação ambiental não são verdadeiramente investigadas. Isso ocorre porque inúmeros fatores respondem pela carência de dados e de uma análise mais consistente acerca das pressões antrópicas em diversos níveis que atuam sobre os recursos hídricos. Dentre estes fatores destacam-se, em primeiro lugar, a complexidade intrínseca ao tema e em segundo, a ausência de ferramentas de planejamento ambiental e gestão estratégica adequada.

De acordo com Santana (2009), o planejamento estratégico deve ser elaborado pelo Comitê da Bacia Hidrográfica (CBH), para atender às demandas de suporte técnico, considerando as Comissões Gestoras na Política de Recursos Hídricos, seus usuários e o Conselho de Recursos Hídricos. Além disso, o planejamento estratégico deve buscar identificar as metas e prioridades de ação, articulações, atribuições e parcerias institucionais a serem efetivadas. A implantação e desenvolvimento do sistema de planejamento institucional e de recursos hídricos busca garantir que a atuação efetivamente nas bacias hidrográficas

aconteça, de forma integrada, entre os diversos momentos de planejamento: plano estratégico, plano estadual, plano de bacia, estudos básicos e de viabilidade, planejamento operacional, planejamento anual das disponibilidades hídricas, e projetos básicos.

#### 2.4.2 Ferramenta de planejamento: análise de cadeia causal

A Análise de Cadeia Causal (*Causal Chain Analysis*) foi desenvolvida pelo projeto de Avaliação Global de Águas Internacionais (*Global International Waters Assessment- GIWA*), com o intuito de relacionar as pressões antrópicas, responsáveis pelos problemas ambientais, e as formas como estas são realizadas (Belausteguigoitia, 2004). Assim, essa cadeia é construída para compreender características específicas de problemas ambientais e seus impactos socioeconômicos associados, podendo orientar medidas políticas adequadas para remediação ou mitigação dos problemas identificados.

O Projeto GIWA, dirigido desde 1999 pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e financiado pelo Fundo Global para o Meio Ambiente (*Global Environmental Facility-GEF*), afirma que a cadeia causal é útil para melhor compreender as relações entre os impactos ambientais e socioeconômicos, assim como suas respectivas consequências transfronteiriças. Assim, os problemas percebidos e suas principais causas sociais são relacionadas a partir de uma série de ligações que demonstram e resumem, de forma gradual, as suas correlações. O projeto supracitado mostra que aplicou a análise de cadeia causal (Tabela1), em cinco grandes áreas de problemas ambientais: escassez de água doce; poluição; modificação de habitat e comunidade; exploração não sustentável da pesca e de outros recursos vivos; e mudança global (GIWA, 2002).

Tabela 1 – Problemas ambientais e respectivos aspectos ambientais relacionados com a degradação dos recursos hídricos, segundo a metodologia do projeto GIWA UNEP/GEF

| <b>Problemas Ambientais</b>                                                   | <b>Aspectos Ambientais</b>                                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| I. Escassez de água doce                                                      | 1. Modificação de vazão                                                    |
|                                                                               | 2. Poluição das fontes de abastecimento existentes                         |
|                                                                               | 3. Mudanças no nível freático                                              |
| II. Poluição                                                                  | 4. Microbiológica                                                          |
|                                                                               | 5. Eutrofização                                                            |
|                                                                               | 6. Química                                                                 |
|                                                                               | 7. Sólidos em suspensão                                                    |
|                                                                               | 8. Resíduos Sólidos                                                        |
|                                                                               | 9. Térmica                                                                 |
|                                                                               | 10. Radionuclídeos                                                         |
|                                                                               | 11. Vazamentos                                                             |
| III. Modificação de habitat e comunidades                                     | 12. Perda de ecossistemas                                                  |
|                                                                               | 13. Modificação de ecossistemas ou ecotonos                                |
| IV. Exploração não sustentável de recursos pesqueiros e outros recursos vivos | 14. Sobrepesca                                                             |
|                                                                               | 15. Captura incidental e descarte excessivos                               |
|                                                                               | 16. Práticas de pesca destrutiva                                           |
|                                                                               | 17. Redução da viabilidade dos estoques devido à poluição e doenças        |
|                                                                               | 18. Impacto na diversidade biológica/genética                              |
| V. Mudanças Globais                                                           | 19. Mudanças no ciclo hidrológico                                          |
|                                                                               | 20. Mudanças no nível do mar                                               |
|                                                                               | 21. Aumento na radiação UV-b devido à destruição da camada de ozônio       |
|                                                                               | 22. Mudanças na função do oceano como fonte e sumidouro de CO <sup>2</sup> |

Fonte: GIWA, (2002).

A análise de cadeia causal (Figura 3) desenvolvida por GIWA (2002) foi elaborada principalmente a partir de sucessivas respostas a questão "Por quê?" ou "Qual é a Causa?" dos problemas ambientais identificados nos recursos naturais. Assim, sua construção consiste na identificação das diversas causas (de natureza física e socioeconômica) responsáveis por um determinado problema ambiental e o conhecimento das inter-relações entre as mesmas, formando uma abordagem útil na identificação de tendências. Essas diversas causas são geralmente organizadas em três categorias principais: **Causas imediatas** – são as que pertencem ao mundo físico, isto é, são de natureza física, química ou biológica; **Causas setoriais** - são aquelas associadas às causas imediatas, e relacionadas às atividades de setores econômicos específicos, tais como comércio, indústria, urbanização, transporte, energia, entre outras e que concorrem diretamente para as causas imediatas de um problema ambiental; **Causas raízes** – são associadas às causas setoriais e podem ser definidas como falhas nos

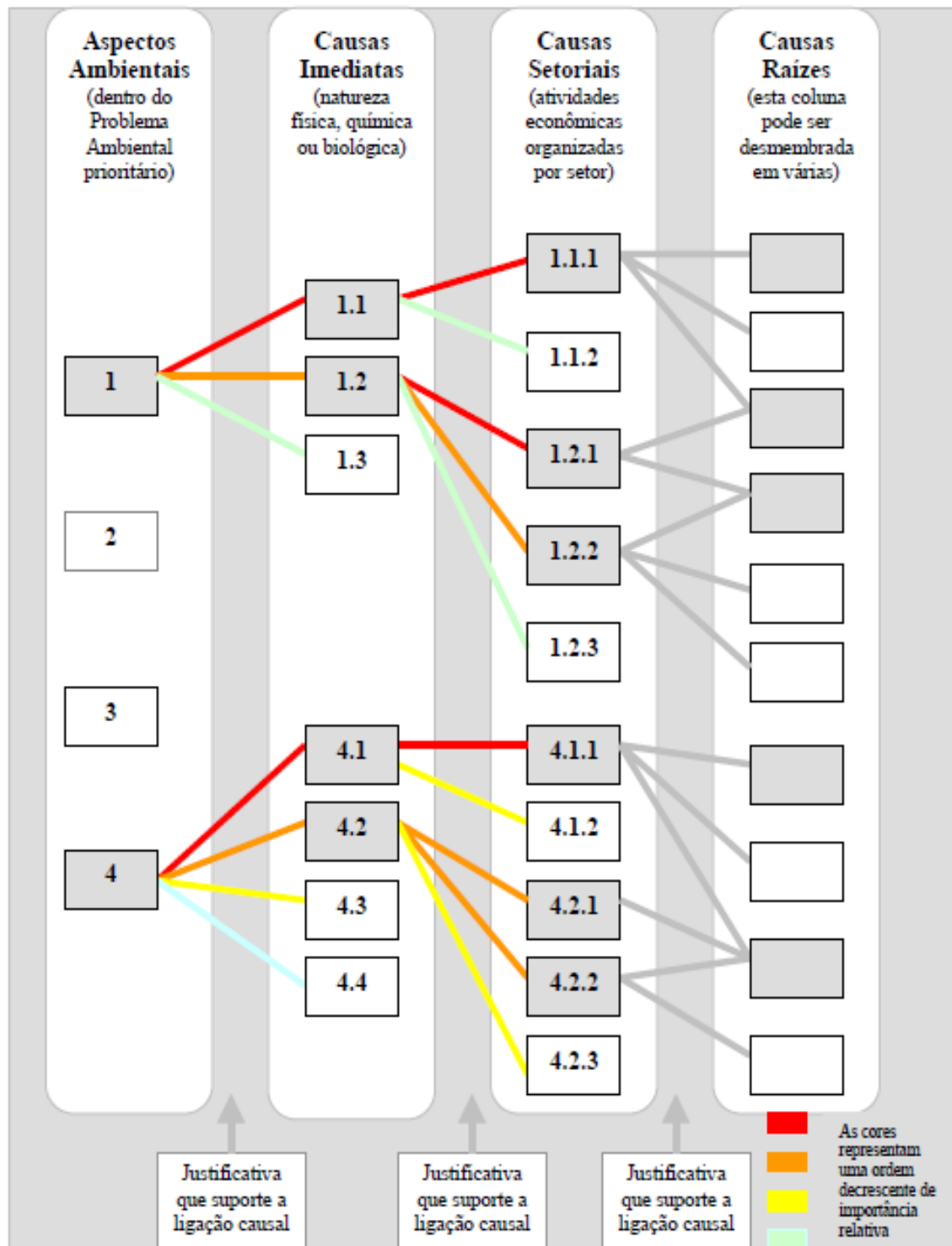
mecanismos de articulação social, em outras palavras, falhas institucionais (MARQUES, 2002).

Para Marques (2002), a análise de cadeia causal destaca-se por ser uma abordagem importante na elaboração de diagnósticos, identificação de tendências, formulação de políticas e na construção de Planos de Ação Estratégica (PAE) eficientes, identificando diversas causas de natureza física e socioeconômica e como elas estão interligadas e responsáveis pela degradação do meio ambiente. Além disso, a autora supracitada relata que a partir da cadeia causal é possível determinar ações para minimizar as pressões antrópicas (ex.: populacional/demográfica, econômica, tecnológica, política), que atuam nas tendências dos processos de degradação ambiental dos recursos hídricos. Compreender estas pressões é de fundamental importância para a realização do planejamento estratégico e para a construção de cenários que envolvam projeções futuras.

De acordo com Silans et al. (2007), a matriz de cadeia causal foi desenvolvida com o intuito de propor diretrizes e normas para melhorar a gestão dos recursos hídricos, combinando uma avaliação ambiental estratégica com a melhoria do desenvolvimento socioeconômico da área circundante.

Também é uma ferramenta de diagnóstico e planejamento ambiental (SILANS et al. 2009), traçando as vias de causa e efeito dos impactos socioeconômicos e ambientais. Apresenta ainda importância na identificação e compreensão das principais causas dos problemas ambientais.

Figura 3 – Componentes do modelo de análise da cadeia causal do projeto GIWA UNEP/GEF



Fonte: Marques, (2002).

A matriz de cadeia causal é uma metodologia de avaliação estratégica de impactos e de formulações de política, que foi aplicada em 66 regiões do mundo, dentre as quais, dez encontram-se na América Latina e Região do Caribe, e quatro incluem o território brasileiro. O intuito é avaliar os impactos ambientais, socioeconômicos e a forte ligação entre os variados usos do solo e seus efeitos sobre o ambiente marinho, em águas transfronteiriças (bacias hidrográficas compartilhadas por dois ou mais países ou estados), respectivas zonas costeiras e recursos vivos associados, ou seja, ecossistemas aquáticos, costeiros, estoques pesqueiros, entre outros (GIWA, 2015).

A localização do projeto GIWA no Brasil, compreende quatro regiões: da plataforma patagônica, compartilhada pelo Brasil, Argentina, Uruguai e Paraguai que inclui, em território brasileiro, as bacias dos rios Paraná, Uruguai e Paraguai; a da Corrente do Brasil, que se localiza apenas no Brasil, inclui as bacias hidrográficas do rio São Francisco, do Atlântico Leste, Sul e Sudeste; a do nordeste brasileiro, que inclui as bacias hidrográficas do Atlântico Nordeste Oriental, do rio Parnaíba e do Atlântico Nordeste Ocidental; e a do Amazonas que abrange toda a bacia hidrográfica do rio Amazonas (compartilhada pela Bolívia, Peru, Equador, Colômbia, Guiana, Venezuela e Brasil) e pela bacia hidrográfica do rio Tocantins (GIWA, 2015).

Segundo Barthem et al. (2004), a bacia hidrográfica do rio Madeira, um dos afluentes principais do rio Amazonas, foi uma das escolhidas pelo projeto GIWA no Brasil para aplicação da matriz de cadeia causal, devido a sua importância socioeconômica para região e por sua natureza transfronteiriça. Essa bacia hidrográfica estende-se pelo Brasil, Bolívia e Peru, e portanto, requer uma gestão transnacional, afim de garantir um manejo dos recursos hídricos e o estabelecimento de um plano de desenvolvimento socioeconômico adequado. A cadeia causal construída identificou as causas raízes, os impactos ambientais e socioeconômicos, as pressões antrópicas e as propostas de respostas políticas para esta bacia. As principais causas raízes identificadas para a poluição química, por resíduos sólidos, e para a modificação de habitats e comunidades na bacia hidrográfica do rio Madeira foram: falhas do governo; falhas ou deficiências políticas de mercado; pobreza; falta de conhecimento da população e fatores demográficos da região. A análise ainda identificou as principais relações entre os impactos ambientais e socioeconômicos, as suas causas principais, as atividades humanas relacionadas, os setores econômicos responsáveis, e por fim as causas que determinam o comportamento dos setores.

Lanna (2006) utilizou a matriz de cadeia causal juntamente com a Análise de Diagnóstico Transfronteiriço (ADT) na bacia hidrográfica do rio Prata que se estende pela Argentina, Bolívia, Brasil, Paraguai e Uruguai, para realizar o Macro-Análise-Diagnóstico Transfronteiriço, com o intuito de identificar os temas críticos transfronteiriços(TCT) e propor ações mitigadoras. Para cada um dos 11 TCT's identificados, foram construídas cadeias causais. São eles: extremos hidrológicos, conflitos de uso da água nos aspectos quantitativos; inundações e secas; excessos e déficits hídricos; uso não sustentável de aquífero transfronteiriço; barragens; segurança e planos de emergência; qualidade de água; erosão, transporte e sedimentação em corpos de água; degradação de solos; alteração da biodiversidade limitações à navegação; uso não-sustentável dos recursos pesqueiros; insalubridade relacionada às águas e impactos ambientais dos cultivos irrigados. A partir da construção das cadeias causais foi possível identificar as causas raízes e seus respectivos efeitos para cada tema crítico da área estudada, assim como a seleção daquelas sobre as quais é possível agir, através de um acordo prévio entre os países que a integram. Foram também determinados os principais problemas da bacia do Prata, permitindo selecionar aqueles os quais seria possível atuar na implementação de ações mitigadoras.

Rosa et al. (2007), realizaram um trabalho no rio Morto, pertencente a bacia hidrográfica de Jacarepaguá - BHJ, localizada no litoral sul do estado do Rio de Janeiro, para apresentar as interrelações dos componentes da matriz de cadeia causal dos principais problemas ambientais identificados para auxiliar na elaboração do plano estratégico da cidade do Rio de Janeiro. O estudo mostrou que a modificação de vazão – enchentes, foi o problema ambiental prioritário para a BHJ. Além disso, os autores referenciados relatam que, as causas imediatas para este possuem duas origens: antropogênica e natural. As de origem natural são: aspectos topográficos; rede fluvial – lagoas litorâneas. De origem antrópica são: remoção da cobertura vegetal nativa, impermeabilização da superfície; canalização/retificação da superfície. A cadeia causal elaborada, identificou as causas imediatas, setoriais e raízes, impactos ambientais e socioeconômicos, para a área de estudo. Também foram apresentadas algumas sugestões no contexto do planejamento integrado urbano e dos recursos hídricos para mitigar os impactos da problemática ambiental apresentada.

Yongli et al. (2009), analisaram o nível de degradação ambiental no rio Taihu, pertencente a bacia hidrográfica Taihu, considerada uma região densamente povoada na costa leste da China que enfrenta complexos problemas sociais, econômicos e técnicos que atravessam províncias, utilizando a matriz de cadeia causal associada a uma análise de diagnóstico transfronteiriço (ADT). Conforme esse estudo, a poluição foi identificada como o

problema de maior preocupação ambiental. E para este foi elaborada a cadeia causal, determinando as principais causas, os impactos ambientais e as propostas de respostas políticas frente o acelerado processo de poluição da área. As principais causas observadas na área foram: densa população; alta urbanização; industrialização pesada; rápido desenvolvimento econômico; tratamento de esgoto insuficiente; falta de capacidade institucional; monitoramento insuficiente e falta de aplicação da lei. E os principais impactos ambientais percebidos: eutrofização; proliferação de algas; perda da qualidade da água; redução da biodiversidade e degradação do solo. Para os autores supracitados, a cadeia causal associada a ADT, se mostrou eficiente para auxiliar em questões transfronteiriças complexas e para ajudar a desenvolver políticas para mitigar problemas ambientais em escalas regionais, provinciais e nacionais.

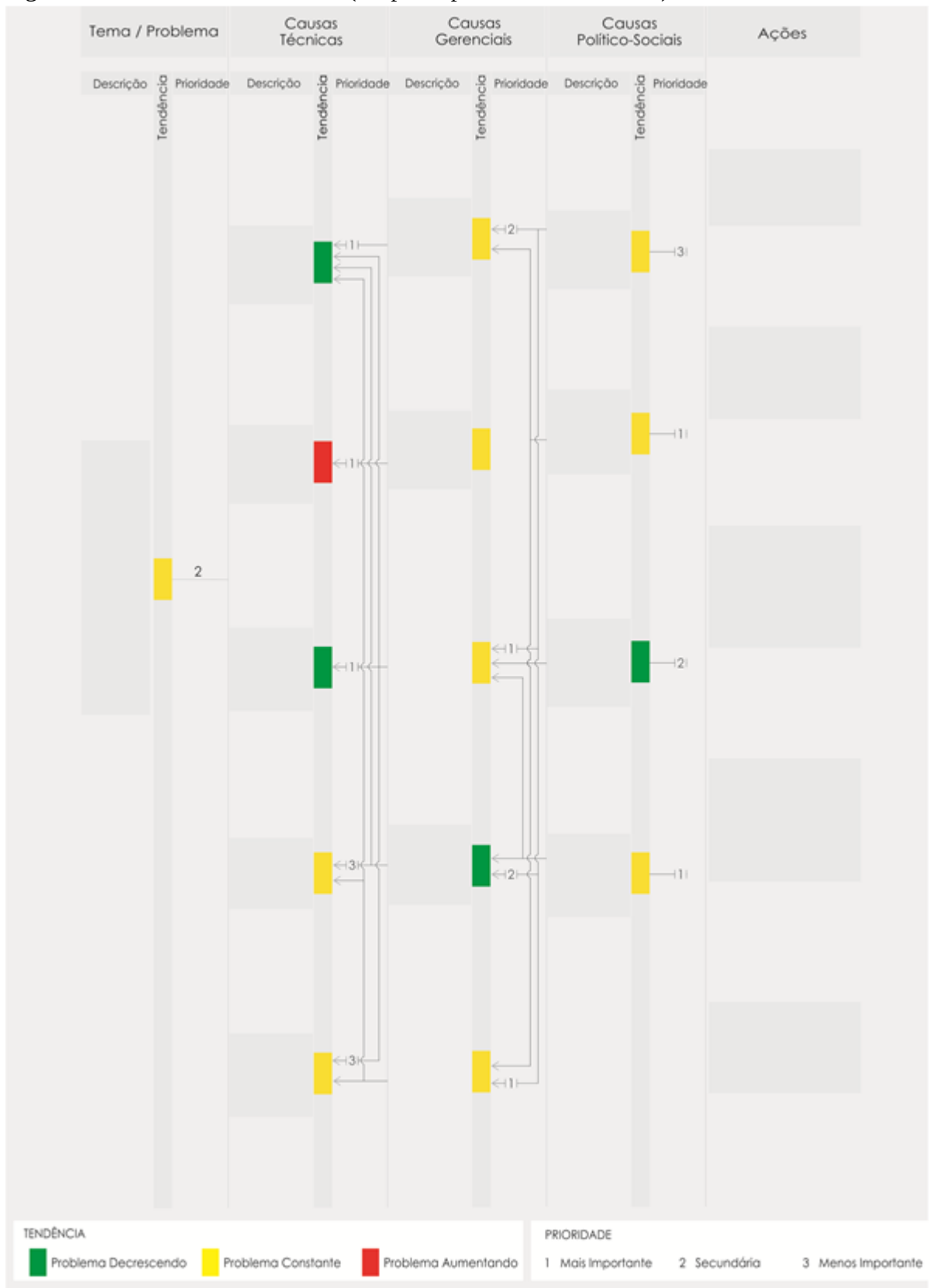
Marques et al. (2010), aplicaram a cadeia causal com o intuito de identificar problemas e impactos ambientais nos ecossistemas aquáticos do rio Tocantins relacionados com o desenvolvimento do seu potencial hidroelétrico, de maneira a cooperar com a compatibilização de geração de energia, conservação da biodiversidade e manutenção dos fluxos gênicos. Os autores referenciados conseguiram identificar os problemas e impactos ambientais prioritários e as relações destes com diferentes causas imediatas, setoriais e raízes. Os impactos ambientais mais relevantes no estudo foram: queda na qualidade dos recursos hídricos; perda e alteração de habitats; mudanças na estabilidade dos ecossistemas, redução de recursos pesqueiros, interferência com as comunidades de bentos e de microorganismos, alteração nas cadeias alimentares e interferência na dispersão de comunidades de mamíferos.

Liang et al. (2011), utilizaram a cadeia causal juntamente com a ADT, com intuito de analisar o desastre de inundação da bacia hidrográfica do rio Taihu, localizada na costa leste da China. A cadeia causal construída identificou as causas raízes, os impactos ambientais, as pressões antrópicas e as propostas de respostas políticas relacionadas ao risco de desastre de inundação. As causas raízes foram: demografia (dinâmica populacional humana); urbanização; clima; governo; institucional; mudança de uso da terra; relevo e a falta de colaboração. Como principais impactos ambientais foram mencionados: perda econômica; qualidade da água; biodiversidade; erosão do solo e áreas inundadas. Também apresentaram, por meio de exemplos, como essas análises podem ajudar a desenvolver políticas públicas para prever e reduzir os desastres de inundação em escala regional, provincial e nacional. Os autores concluíram que a cadeia causal associada a ADT, foi uma ferramenta eficaz para o desenvolvimento de políticas para essas questões transfronteiriças complexas, pertencentes ao projeto GIWA.

A matriz de cadeia causal foi adaptada por Silans et al. (2007) e aplicada na região de influência direta do açude público Presidente Epitácio Pessoa, inserido no semiárido nordestino, na microrregião do Cariri Oriental paraibano. Teve como objetivo a identificação e classificação dos problemas/temas de maior relevância, segundo uma ordem de ação. Sua aplicação se deu em etapa posterior ao diagnóstico socioeconômico e ambiental da região.

As adaptações na matriz (Figura 4), realizadas por Silans et al. (2007), ocorreram principalmente na nomenclatura: causas setoriais, imediatas e raízes passaram para técnicas, gerenciais, político-sociais e econômico-culturais. Também foi acrescentada na matriz uma coluna com recomendações. Dessa forma os autores consideraram ser a matriz uma ferramenta útil no apoio aos tomadores de decisão, no que concerne à formulação e execução de políticas públicas de conservação dos recursos naturais.

Figura 4 - Matriz de cadeia causal (adaptada por Silans et al. 2007)

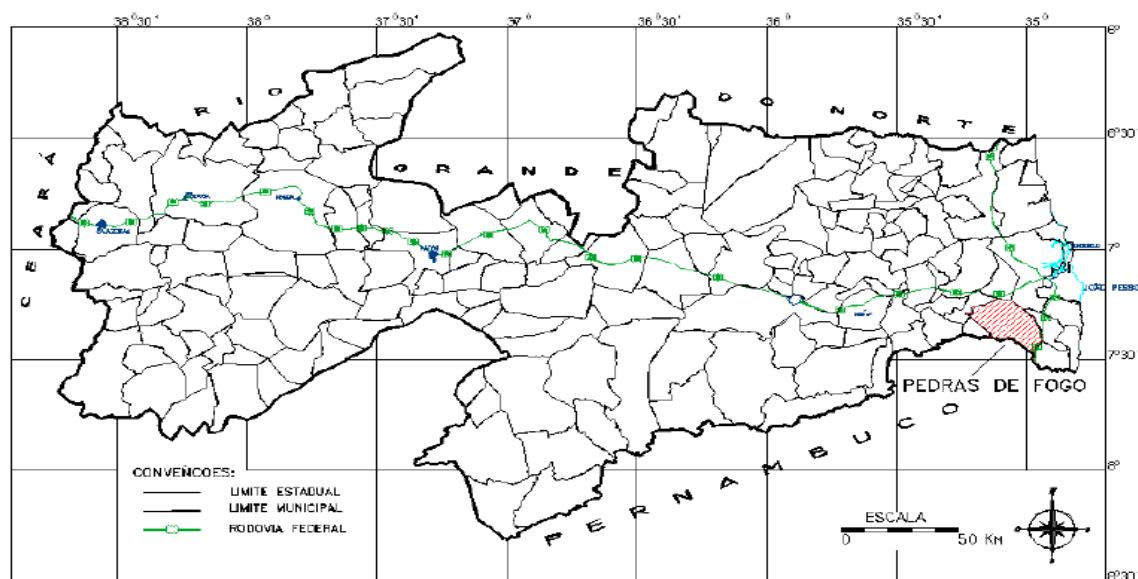


### 3 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

#### 3.1 Localização

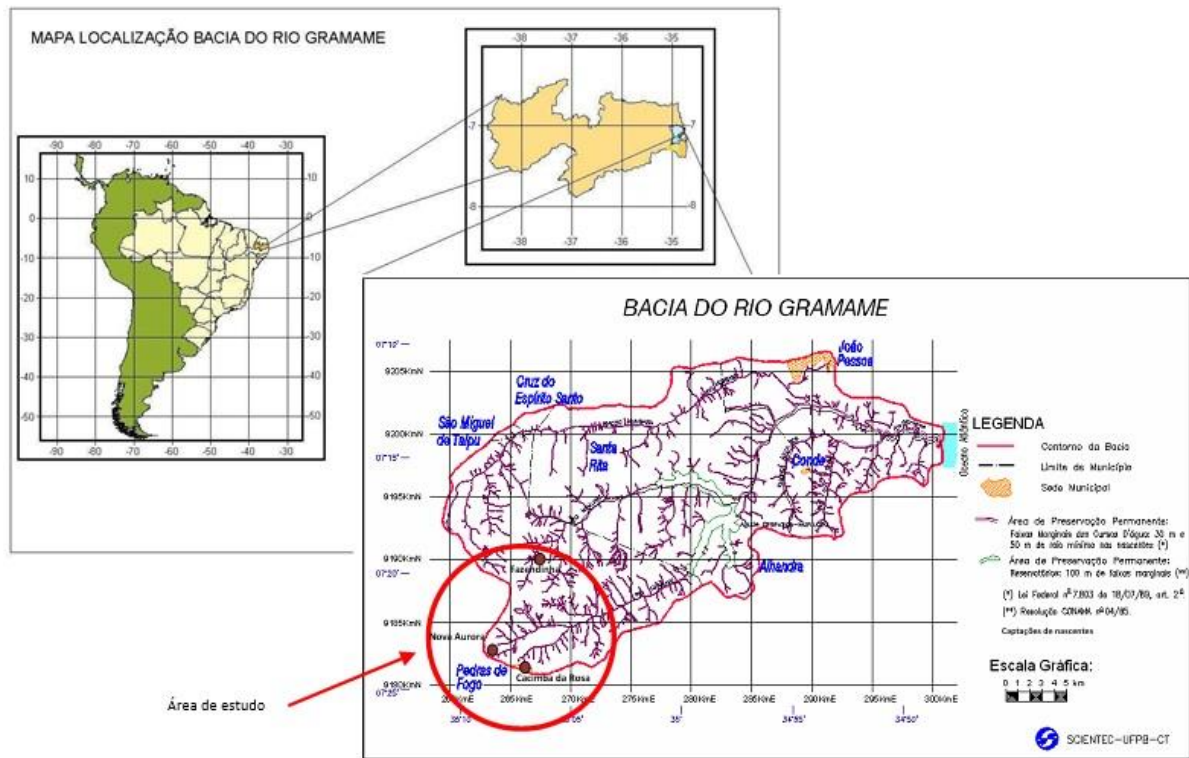
As nascentes estudadas estão localizadas na bacia hidrográfica do rio Gramame, entre as latitudes 9.204.728m S e 9.210.728m S e as longitudes 280.619m E e 290.619m E (em coordenadas UTM, SAD 69, Zona 25), na zona rural do município de Pedras de Fogo (Figura 5), que fica situado na mesorregião da Mata Paraibana. O município de Pedras de Fogo foi criado pela Lei estadual nº 895, de 11 de março de 1953, e tem uma área total de 404,882 km<sup>2</sup>, representando 0,7107% da área territorial do Estado e pertence à microrregião do Litoral Sul da Paraíba (Figura 6). Limita-se a Norte com Cruz do Espírito Santo e ao Sul com Itambé/PE; a leste com os municípios de Santa Rita, Alhandra e Caaporã; a oeste com Juripiranga e São Miguel de Taipu. Sua sede municipal se encontra 161 metros de altitude, com uma distância de cerca de 42 km de João Pessoa, capital do estado da Paraíba.

Figura 5 – Divisão territorial do estado da Paraíba, com o município de Pedras de Fogo em destaque.



Fonte: Plano Diretor do Município de Pedras de Fogo (2006).

Figura 6 – Localização geográfica da área de estudo na bacia hidrográfica do rio Gramame, Paraíba



Fonte: Filgueira et al. (2010)

### 3.2 Clima

O município de Pedras de Fogo apresenta, de acordo com a classificação de Köppen, o tipo climático AS' – quente e úmido, com chuvas de outono/inverno iniciando em abril e podendo prolongar-se até os meses de junho/julho. A precipitação pluviométrica média anual é de 1.500 mm, com uma temperatura que varia de 18°C a 30°C. As baixas de temperaturas podem ocorrer nos meses de julho e agosto, com a mínima de 10°C e a umidade relativa do ar média é de 80% (LIMEIRA, 2008).

### 3.3 Solos

As principais unidades de solos identificadas na Mesorregião da Mata Paraibana são: Alissolos, Neossolos Flúvicos e Neossolos Quartzarênicos. Segundo Limeira (2008), a maior limitação destes solos ao uso na agricultura ocorre devido à sua baixa fertilidade natural, necessitando, assim, de calagem e adubação para utilização agrícola intensa. Os solos

Neossolos Flúvicos, são do tipo profundos e heterogêneos em suas propriedades físicas e químicas. Apresentam como principais restrições: riscos de inundação, baixa fertilidade natural, excesso de umidade pela presença do lençol freático próximo à superfície e dificuldade no manejo mecanizado quando apresentam a textura muito fina. Quando a textura é média, com boa drenagem, oferecem alto potencial para o uso na agropecuária.

Os solos Neossolos Quartzarênicos são de grande profundidade efetiva, topografia aplanada e boas condições climáticas regionais. Têm como principais limitações a baixa fertilidade natural, a textura extremamente arenosa, e a baixa capacidade de retenção de água e nutrientes. No caso dos hidromórficos, são do tipo que apresentam a presença do lençol freático bem próximo à superfície, sendo assim, pouco cultivados, constatando-se apenas o uso casual para a cultura do coco e caju. Nas áreas desprovidas de hidromorfismo são cultivados para as culturas de mandioca, mangueira, mangabeira, cajazeira, entre outras (OLIVEIRA NETO e SILVA, 2011).

No subsolo do município de Pedras de Fogo podem ser encontradas jazidas de pedras calcárias, argilas e reservas de caulim (PARAÍBA, 2000).

### 3.4 Geomorfologia

O território do município de Pedras de Fogo apresenta terrenos ondulados, com colinas, tabuleiros e várzeas. A sede do município situa-se em uma superfície plana, sendo suavemente inclinado, podendo proporcionar um desenvolvimento da cidade de forma ordenada (LIMEIRA, 2008)

De acordo com Beltrão et al. (2005), o município de Pedras de Fogo está inserido na unidade Geoambiental dos Tabuleiros Costeiros. Esta se estende por todo litoral do Nordeste e apresenta altitude média de 50 a 100 metros. Compreende platôs de origem sedimentar, que apresentam grau de entalhamento variável, ora com vales estreitos e encostas abruptas, ora abertos com encostas suaves e fundos com amplas várzeas.

### 3.5 Vegetação

No município ocorre a predominância de uma paisagem coberta pela cultura da cana-de-açúcar, em larga escala. Nos últimos 20 anos essa cultura tem se expandido deixando marcas em toda região, pois os canaviais se estendem pelas várzeas, colinas e tabuleiros do território (LIMEIRA, 2008).

As espécies florestais nativas são raras. As várzeas que, antigamente apresentavam uma fauna numerosa, de árvores de grande porte, como a oiticica (*Licania rigida Benth.*), a sapucaia (*Lecythis pisonis Camb.*), a parahyba (*Schizolobium parahyba*), a imberiba (*Eschweilera ovata Cambiss.*), o pau-ferro (*Caesalpineae ferrea*), o pau-brasil (*Caesalpinia echinata Lam.*), o pau d'arco amarelo (*Tabebuia chrysotricha*) entre outras, foram quase completamente destruídas. Porém, ainda são consideradas terras férteis, onde se cultiva principalmente a cana-de-açúcar. Também se cultivam legumes, inhame, abacaxi, mandioca, dentre outras culturas. Nas colinas, localizam-se ainda fragmentos de Mata Atlântica, como macaíba (*Acrocomia intumescens Drude*), imbaúba (*Cecropia pachystachya Trec.*), pau cinza (*Ingastipularis DC.*), genipapo (*Genipa americana L.*), entre outras (COSTA, 2011).

### 3.6 Aspectos socioeconômicos

De acordo com Limeira (2008), Pedras de Fogo foi um dos poucos municípios da Paraíba em que o número de habitantes na zona urbana chegou a ficar muito próximo da rural. Sua população em 2004 foi estimada pelo IBGE em 26.034 habitantes, sendo 13.910 na zona urbana e 12.124 na rural. Já no ano de 2010, a população do município de Pedras de Fogo era de 27.032 habitantes, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), sendo 16.358 habitantes na zona urbana e 10.674 na rural. Sua densidade demográfica (hab./km<sup>2</sup>) era de 67,51 (IBGE, 2010).

Segundo o Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (2013), o município de Pedras de Fogo apresenta um Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) de 0,590. Para os índices específicos do IDHM, como renda, longevidade e educação este apresenta, respectivamente, os valores: 0,568, 0,771 e 0,468 (PNUD, 2013).

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 Seleção das Nascentes

Para o desenvolvimento deste trabalho foram selecionadas três nascentes (Figura 7), dentre as 71 catalogadas na bacia hidrográfica do rio Gramame por Di Lorenzo (2007). Estas nascentes foram selecionadas, após várias inspeções no campo, por serem representativas para as comunidades locais, pois estão localizadas próximas a comunidades rurais de exploração agrícola familiar e de fácil acesso. Das nascentes selecionadas, duas estão localizadas na sub-bacia hidrográfica do rio Gramame: Cacimba da Rosa (9.181.542m S e 265.632m E) e Nova Aurora (9.182.495m S e 263.233m E). A terceira está inserida na sub-bacia hidrográfica do rio Mumbaba, na Comunidade Fazendinha (9.192.080m S e 262.473m E). Estas já vinham sendo estudadas pelo projeto de pesquisa “Análise do potencial de ações integradas para a restauração das funções ecológicas nas nascentes do rio Gramame (PB), sob influência de unidades rurais de produção familiar”, da Universidade Federal da Paraíba, com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Edital MCT/CNPq/CT-Agronegócio/CT-Hidro – Nº 27/2008) e sob a coordenação do prof. Dr. Hamilcar José Almeida Filgueira, da UFPB/CT/DECA. Esse projeto ficou conhecido como “Restauração das nascentes do rio Gramame”.

As três nascentes selecionadas são do tipo freática e perene, e contam com estruturas simples de captação. Em Cacimba da Rosa e Fazendinha, a captação é feita por meio de poço construído em alvenaria e em Nova Aurora, o poço raso é de manilha de concreto. Todas as nascentes são de pequeno porte, mas Cacimba da Rosa e Nova Aurora, apresentam-se em estado impróprio de conservação. O Quadro 1 resume alguns aspectos das captações das nascentes estudadas, segundo Cabral da Silva et al. (2011).

Figura 7– Localização das nascentes Fazendinha, Nova Aurora e Cacimba da Rosa na bacia hidrográfica do rio Gramame, no município de Pedras de Fogo – PB



Fonte: Rodrigues (2015) adaptado de Filgueira et al. (2012).

Quadro 1 – Características das captações estudadas

| <b>Captação</b> | <b>Bacia hidrográfica</b> | <b>Tipo de nascente</b> | <b>Tipo de captação</b>                  |
|-----------------|---------------------------|-------------------------|------------------------------------------|
| Nova Aurora     | Gramame                   | Freática                | Poço raso de manilha de concreto         |
| Cacimba da Rosa | Gramame                   | Freática                | Poço raso em alvenaria, seção retangular |
| Fazendinha      | Mumbaba                   | Freática                | Poço raso em alvenaria, seção circular   |

Fonte: adaptado de Cabral da Silva et al. (2011).

#### 4.2 Levantamento de dados

Realizou-se uma pesquisa bibliográfica utilizando Periódicos CAPES, Scopus, Web of Science, Scielo, anais de congressos, com o objetivo de encontrar artigos técnico-científicos publicados, que tomam por base a temática abordada na pesquisa. Também foram realizadas visitas a órgãos públicos, como a Prefeitura Municipal de Pedras de Fogo/PB e a Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA) de Pedras de Fogo. No campo foram realizadas, no período de dezembro de 2013 a outubro de 2014, caminhadas exploratórias na área das nascentes para: medição de vazão, coleta de água para análise físico-química e registros fotográficos, com o intuito de identificar o processo de degradação ambiental.

##### 4.2.1 Medição de vazão

As vazões foram medidas utilizando-se métodos simples e apropriados a cada tipo de captação. O procedimento empregado para poços rasos foi desenvolvido por Daker (1983). Esse método consiste em extrair água do poço até que o seu nível interior atinja uma altura  $\Delta a$  (m), anotando-se o intervalo de tempo  $\Delta t$  (s) necessário para o nível subir novamente até à altura inicial. Sendo  $S$  (m<sup>2</sup>) a área da seção transversal do poço, a vazão  $Q$  (m<sup>3</sup>/s) é expressa conforme a (equação 1). Repetiu-se o procedimento três vezes, em cada dia de medição, adotando-se a média aritmética como o valor final da vazão desse dia (CABRAL DA SILVA et al. 2011).

$$Q = \frac{S \cdot \Delta a}{\Delta t} \quad (1)$$

#### 4.2.2 Análises físico-químicas da água das nascentes

Realizaram-se as seguintes análises das amostras de água coletadas das nascentes estudadas: temperatura, pH, cor verdadeira, turbidez, condutividade, sólidos dissolvidos totais (SDT), alcalinidade, acidez, cloreto total, dureza total, sulfato total, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DQO), amônia, nitrito e nitrato.

As análises físico-químicas foram realizadas no Laboratório de Saneamento, Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, Campus I, João Pessoa, PB. Todos os procedimentos de coleta, acondicionamento e preservação das amostras, assim como as análises, foram realizados conforme métodos especificados em *Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water*, editado pela *American Public Health Association* (APHA et al. 2005). As amostras foram coletadas em julho e outubro de 2014. O Quadro 2 apresenta os métodos e equipamentos específicos utilizados para análise físico-química.

Quadro 2 – Metodologia analítica adotada na determinação dos parâmetros físico-químicos da água das nascentes

| PARÂMETROS                                                       | METODOLOGIA*                                                      |
|------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Temperatura (°C)                                                 | Termômetro de campo                                               |
| pH (à 25°C)                                                      | Método eletrométrico                                              |
| Cor verdadeira (mg Pt L <sup>-1</sup> )                          | Método colorimétrico                                              |
| Turbidez (UNT)                                                   | Método turbidimétrico                                             |
| Condutividade (µS/cm à 25°C)                                     | Método condutimétrico                                             |
| SDT (mg L <sup>-1</sup> )                                        | Gravimétrico                                                      |
| Alcalinidade (mg L <sup>-1</sup> CaCO <sub>3</sub> )             | Titulação potenciométrica                                         |
| Acidez (mg L <sup>-1</sup> CaCO <sub>3</sub> )                   | Método titulométrico com indicador                                |
| Cloretos (mg L <sup>-1</sup> Cl <sup>-</sup> )                   | Método de Mohr (Argentométrico)                                   |
| Dureza total (mg L <sup>-1</sup> CaCO <sub>3</sub> )             | Titulação com EDTA                                                |
| Sulfato total (mg L <sup>-1</sup> SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> ) | Método turbidimétrico                                             |
| DBO (mg L <sup>-1</sup> O <sub>2</sub> )                         | Métodos dos frascos padrão e Winkler modificado pela azida sódica |
| OD (mg L <sup>-1</sup> O <sub>2</sub> )                          | Método eletrométrico                                              |
| DQO (mg L <sup>-1</sup> O <sub>2</sub> )                         | Método da refluxação fechada ou da digestão de pequenas amostras  |
| Amônia (mg L <sup>-1</sup> N-NH <sub>3</sub> )                   | Sonda multiparâmetros                                             |
| Nitrito (mg L <sup>-1</sup> N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )     | Método sulfanilamida – etilmenodiamina                            |
| Nitrato (mg L <sup>-1</sup> N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )     | Sonda multiparâmetros                                             |

Fonte: \*APHA et al. (2005) Associação Americana de saúde pública

Como não há legislação específica acerca do enquadramento de nascentes de rios em classe de qualidade da água superficial, na análise dos resultados desse trabalho foram considerados os padrões de qualidade de água doce, classe I e II, estabelecidos na Resolução nº 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) (BRASIL, 2005), tendo em vista o seu uso doméstico. A classe especial da Resolução citada, não foi considerada, pois não são mantidas as condições naturais das nascentes, já que se trata de captações em poços construídos pela própria poluição local.

#### 4.3 Construção das matrizes de cadeia causal

Utilizou-se, como ferramenta para análise dos problemas ambientais e de gestão que ocorrem nas áreas das nascentes, matrizes de cadeia causal, adaptadas de GIWA (2002). A construção dessas matrizes sucedeu a elaboração do diagnóstico socioeconômico e ambiental realizado por Costa (2011) e Bomfim (2013) na área de estudo.

Para a construção da matriz de cadeia causal foi feita a identificação e classificação, segundo a ordem de importância, dos problemas/temas com relação à degradação e a gestão da água das nascentes. Esses problemas/temas foram analisados segundo as causas técnicas, gerenciais, político-sociais e econômico-sociais:

- i. Causas técnicas – São aquelas cuja minimização dos efeitos necessita de soluções técnicas. Na maioria das vezes as soluções técnicas são inviáveis ou não foram adotadas por falta de ações gerenciais, de políticas públicas, de regulamentações, ou mesmo da falta de condições econômicas e/ou culturais.
- ii. Causas gerenciais – São as que, quando minimizadas, permitem uma adequada ordenação das ações programadas e uma melhor operação do sistema, facilitando, em todos os casos, as tomadas de decisões.
- iii. Causas político-sociais – São aquelas que se demonstram por meio de um desequilíbrio ou um desordenamento de questões sociais ou políticas. Que geralmente podem ser minimizadas com a implantação de políticas públicas, redefinições de arranjos institucionais, legais e de regulamentações.
- iv. Causas econômico-culturais – São as estabelecidas e bastante sedimentadas por motivos de ordem cultural ou econômico.

Em cada uma dessas causas foram identificadas tendências do problema, isto é, se tendem a aumentar ( $\uparrow$ ), a permanecer com a mesma gravidade ( $\rightarrow$ ), ou a diminuir ( $\downarrow$ ), assim como, a ordem de prioridade (mais importante, secundária e menos importante).

Também foram estabelecidas as prioridades de ação sob a forma de uma nota entre 1 e 3, sendo 1 correspondente a maior prioridade e 3 a menor. Essas tendências de avanço dos problemas e das causas foram representadas na forma de cor. A cor é vermelha quando o problema ou a causa apresenta uma tendência a aumentar. A amarela é quando o problema ou a causa não deve evoluir naturalmente no tempo no sentido de piorar ou melhorar e é verde quando o problema ou causa tende a diminuir.

As causas dos problemas críticos, definidas segundo sua tipologia, foram organizadas seguindo um determinado encadeamento, culminando com as diretrizes e recomendações de ações para eliminar ou minimizar o problema.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Constam, na Tabela 2, os problemas críticos de maior importância identificados na região de influência direta das nascentes Cacimba da Rosa, Fazendinha e Nova Aurora, sua ordem de prioridade e sua tendência a aumentar, a permanecer com a mesma gravidade, ou a diminuir.

Tabela 2 – Identificação dos problemas críticos na área em torno das nascentes

| <b>Problema Crítico</b>    | <b>Prioridade</b> | <b>Tendência</b> |
|----------------------------|-------------------|------------------|
| Conflitos pelo uso da água | 1                 | ↑                |
| Nível socioeconômico       | 2                 | →                |
| Fontes de poluição         | 3                 | ↑                |

Prioridades: menor número significa maior prioridade

Tendências: ↑ = aumentar; → = estável; e ↓ = diminuir

Pode-se observar que esses problemas são: os conflitos pelo uso da água; o nível socioeconômico e as fontes de poluição. Esses problemas foram identificados a partir das caminhadas exploratórias e de registros fotográficos, para o reconhecimento das áreas das nascentes. Suas prioridades e tendências foram estabelecidas após a análise dos diagnósticos socioeconômicos e ambientais realizados por Costa (2011) e Bomfim (2013), e após a avaliação dos resultados obtidos na aplicação de questionários realizados em amostras aleatórias, com a população residente na zona rural da área de estudo por Filgueira et al. (2010). Também consideraram-se as informações fornecidas pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente do município de Pedras de Fogo e da Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA) de Pedras de Fogo.

### 5.1 Matriz de conflitos pelo uso da água

Segundo a Tabela 2, os conflitos pelo uso da água apresentam-se como problema de prioridade 1 e com tendência crescente, nas três nascentes em estudo. Esses conflitos ocorrem em termos de disponibilidade quantitativa (que se dá entre a oferta e a demanda da água), de disponibilidade qualitativa (que afetam o equilíbrio na utilização múltipla da água das nascentes, pois, algumas atividades podem causar modificações nas suas características, em prejuízo de outras), e de destinação de uso (a água sendo utilizada para vários fins).

Dessa forma, os conflitos pelo uso da água das nascentes estudadas ocorrem pela destinação de usos (beber, uso doméstico, irrigação, dessedentação animal, lavagem de

veículos e lavagem de animais); pela disponibilidade qualitativa (qualidade da água, degradação em torno da nascente devido a atividades humanas) e pela disponibilidade quantitativa (múltiplo uso da água, incerteza sobre o volume ofertado de água, variação climática, degradação em torno da nascente (aterramento), falta de conhecimento das demandas atuais e futuras).

A cadeia causal para os conflitos pela água, isto é, destinação de uso, disponibilidade qualitativa e quantitativa foi elaborada para cada uma das três nascentes estudadas. As associações entre as causas técnicas, gerenciais, político-sociais e econômico-culturais, e sua importância relativa para os conflitos pela água estão indicadas nas Figuras 8, 9 e 10. No geral, as nascentes estudadas apresentaram causas semelhantes para este problema identificado, porém com tendências diferentes.

Observa-se pelas Figuras 8, 9 e 10 que as principais causas técnicas identificadas por meio da matriz de cadeia causal foram: degradação em torno da nascente; qualidade da água; incerteza sobre o volume ofertado de água; incerteza climática, falta de conhecimento sistemático das demandas atuais e futuras e o uso múltiplo da água (beber, uso doméstico, irrigação, dessedentação animal, lavagem de veículos e lavagem de animais). Com relação às causas gerenciais, estas foram identificadas: falta de aplicação do zoneamento de uso e ocupação do solo; o monitoramento qualiquantitativo da água é inexistente; falta uma associação dos usuários da água; falta controle sobre os usos da água; quem organiza o uso da água da nascente? E há falta de fiscalização dos usuários da água. Já as causas político-sociais foram: falta de aplicação de diretrizes políticas para o aproveitamento múltiplo da água como fator propulsor do desenvolvimento socioeconômico; falta atualizar o plano diretor de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Gramame; falta aplicar o plano diretor municipal e falta um instrumento regulador. Por fim, as causas econômico-culturais identificadas foram: falta valorizar a nascente como propulsora de sustentabilidade; falta valorizar a nascente enquanto contribuinte para a formação dos corpos hídricos, desconhece-se o valor econômico da água e falta consciência coletiva no trato do bem público.

Figura 8 – Matriz de cadeia causal - conflitos de destinação de uso, disponibilidade qualitativa e quantitativa da água nas áreas em torno da nascente Cacimba da Rosa – Pedras de Fogo – PB

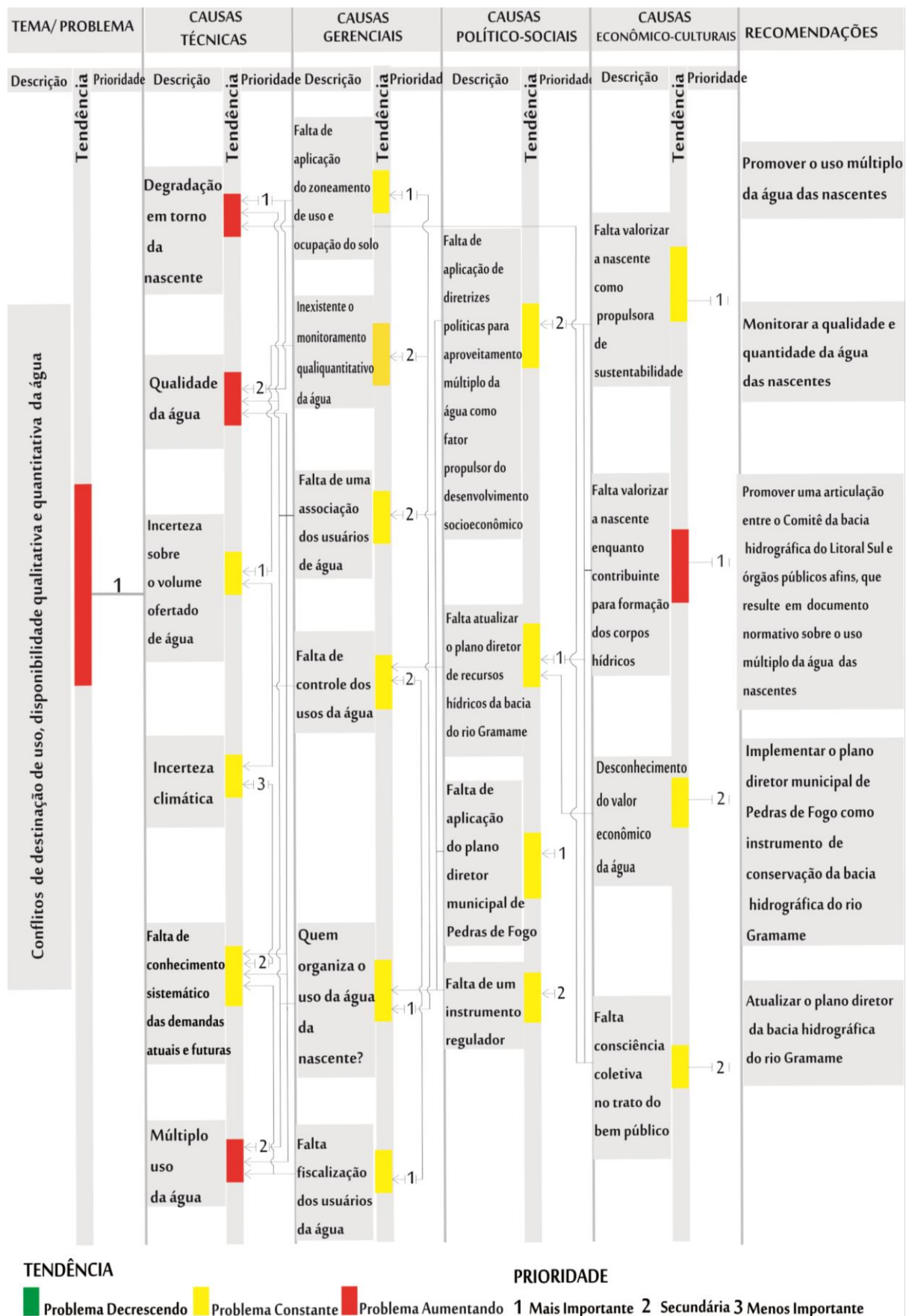


Figura 9 – Matriz de cadeia causal - conflitos de destinação de uso, disponibilidade qualitativa e quantitativa da água nas áreas em torno da nascente Nova Aurora – Pedras de Fogo –PB

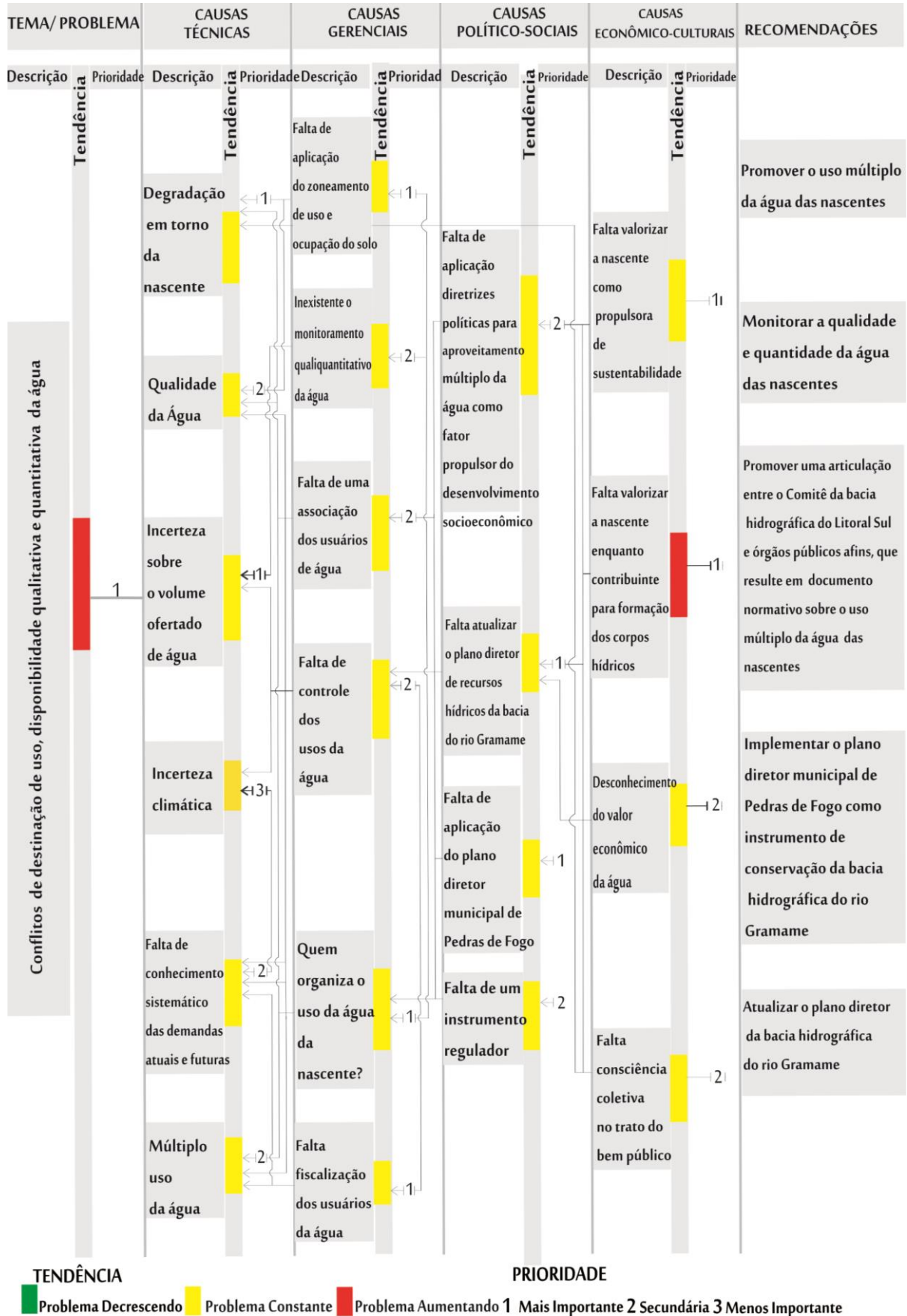
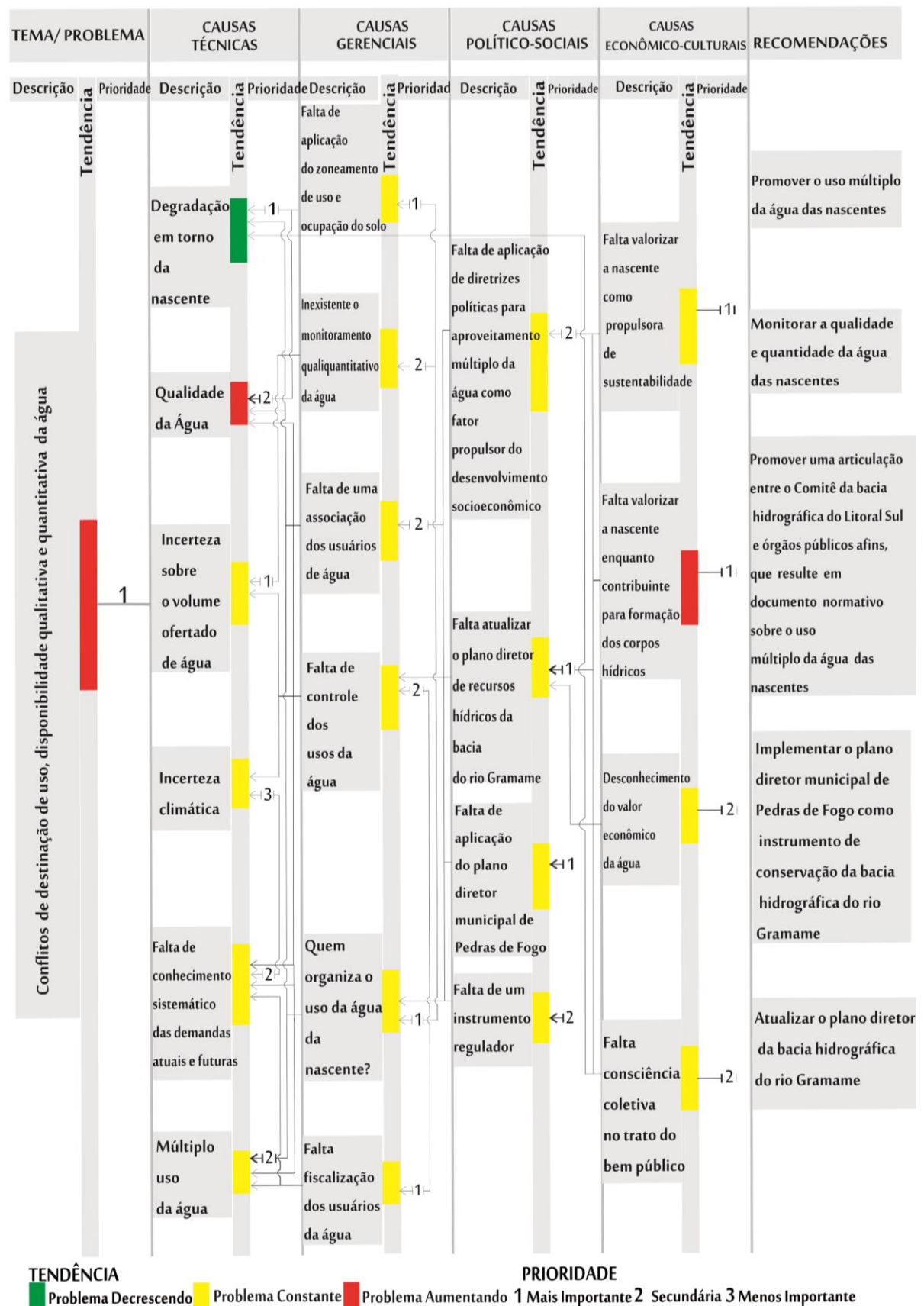


Figura 10 – Matriz de cadeia causal - conflitos de destinação de uso, disponibilidade qualitativa e quantitativa da água nas áreas em torno da nascente Fazendinha – Pedras de Fogo – PB



- Degradação em torno das nascentes

Segundo informações de moradores da área de estudo, a nascente Cacimba da Rosa já foi bem conservada, com significativa diversidade de espécies da fauna e flora nativa. Apresentava uma boa vazão, sendo considerada a principal fonte de água para abastecimento de parte dos habitantes da região. Porém, com o desenvolvimento e crescimento do município de Pedras de Fogo, a degradação aumentou de forma acelerada, com o uso inadequado do solo, principalmente, para práticas agrícolas e pecuárias sem nenhum controle técnico.

Também, é importante destacar a construção de uma casa de farinha a montante da área de captação da nascente, que contribui bastante com a sua degradação, principalmente, por causa da manipueira produzida e despejada a céu aberto na sua direção, sem nenhum tratamento.

Nas diversas inspeções realizadas na área da nascente Cacimba da Rosa (Figura 11), foi possível verificar que o seu entorno, se encontra bastante compactado, principalmente devido à construção de um anel viário na região. Ainda pode se perceber a extinção das espécies da fauna e flora nativas, a predominância do cultivo das culturas de batata-doce, inhame e macaxeira, com utilização de defensivos agrícolas, geralmente de forma inadequada, acarretando danos ao solo, a biota e aos recursos hídricos (COSTA, 2011).

Figura 11 – Nascente Cacimba da Rosa antes do aterramento – Pedras de Fogo – PB



Foto: autora (2014).

Na Figura 8, correspondente à matriz de cadeia causal construída para a área no entorno da nascente Cacimba da Rosa, observa-se que a causa técnica da degradação ambiental apresenta-se com uma tendência crescente e com prioridade 1.

Em uma das últimas atividades de campo no período estudado, constatou-se seu aterramento (Figura 12), devido à movimentação de terra provocada pelas chuvas locais juntamente com o despejo de manipueira produzida por uma casa de farinha a montante e bem próxima à captação de água. Esse fato comprometeu a quantidade e qualidade de água local. Também constatou-se em campo que o cercamento realizado pelo projeto "Restauração das nascentes do rio Gramame", em um raio de 25 metros entorno da nascente, limite permitido pelo proprietário da área, foi parcialmente derrubado (Figura 13), para a entrada de animais e caminhões que utilizam a água para lavagem. Dessa forma é frequente a presença de animais e pessoas no local (Figura 14).

Figura 12 – Situação de degradação ambiental na nascente Cacimba da Rosa após chuva intensa que ocasionou o seu aterramento – Pedras de Fogo – PB



Fotos: autora (2014)

Figura 13 – Cercamento de proteção da área no entorno da nascente Cacimba da Rosa – Pedras de Fogo – PB, derrubado por ação antrópica



Fotos: autora (2014)

Figura 14 – Presença de animais entorno da nascente Cacimba da Rosa – Pedras de Fogo – PB



Fotos: autora (2014)

A Figura 9, correspondente à matriz de cadeia causal construída para a área em torno da nascente Nova Aurora, indica que a causa técnica da degradação ambiental apresenta-se com prioridade 1 e com tendência constante, diferentemente da nascente Cacimba da Rosa, em que esse problema é crescente. Caracterizada como difusa, a nascente Nova Aurora (Figura 15) está inserida na fazenda de mesmo nome, que foi desmembrada e vendida para o Instituto Nacional de Reforma Agrária (INCRA), este que, por sua vez, instalou um

assentamento rural, repassando lotes (Figura 16) para pequenos agricultores. A partir do loteamento realizado pelo INCRA, e sendo os usos da terra destinados para objetivos diferentes, a nascente sofreu impactos ambientais significativos, boa parte deles de caráter irreversível. São vinte e quatro lotes em seu entorno, com diferentes atividades, como agricultura de subsistência (milho, arroz, feijão), e também de cana-de-açúcar, com o uso inadequado da água, despejos de resíduos domésticos, uso de agrotóxicos, introdução de bovinos, caprinos, entre outros, com consequências diretas para a nascente.

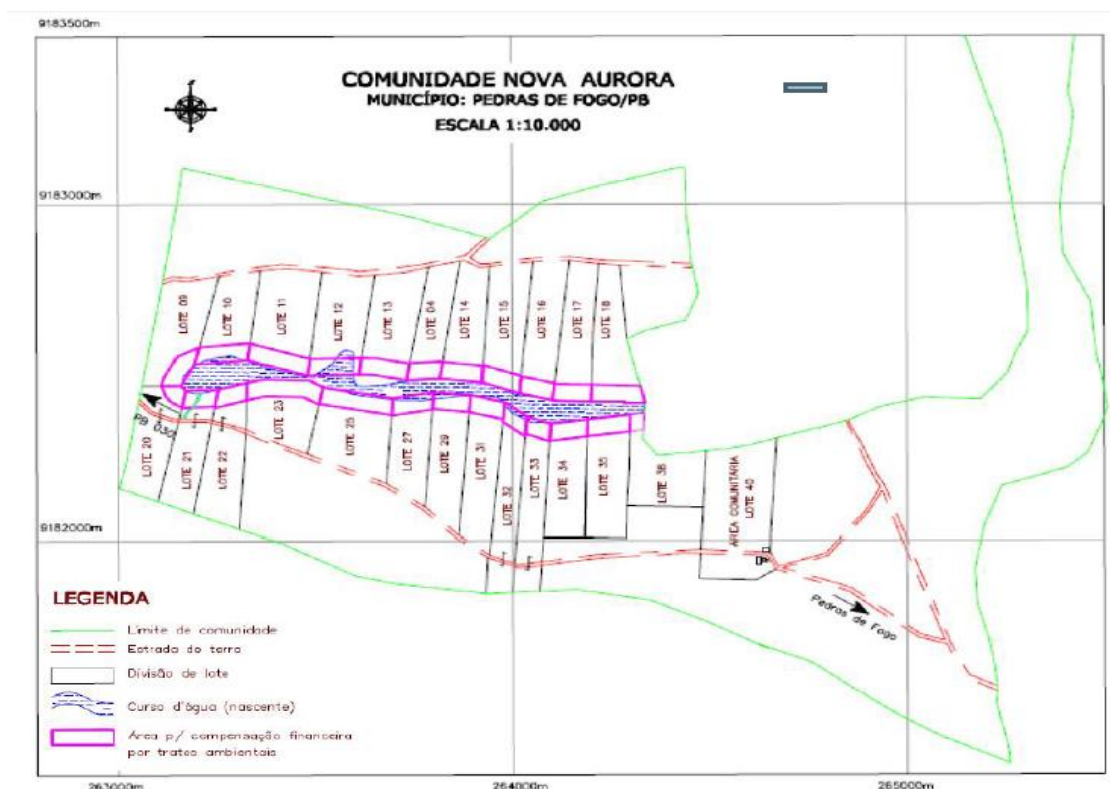
Segundo Costa (2011), na área entorno dessa nascente, a flora e fauna nativas foram gradativamente reduzidas, para a exploração agrícola, principalmente, para cultura da cana-de-açúcar, em larga escala, e para pequenas lavouras como batata-doce, mandioca, inhame e abacaxi, entre outras.

Figura 15 – Nascente Nova Aurora – Pedras de Fogo – PB



Foto: autora (2014).

Figura 16 – Loteamento da comunidade rural de Nova Aurora ao redor da nascente Nova Aurora – Pedras de Fogo – PB



Fonte: Costa (2011)

A nascente Fazendinha, do tipo pontual, está inserida em área de assentamento, mas, apesar dos produtores rurais apresentarem objetivos diferentes, a área não foi desmatada e nem compactada de forma a necessitar de reflorestamento (Figura 17). Dessa forma, entre as nascentes estudadas, Fazendinha se diferencia das outras, pela presença de espécies vegetais de grande porte em seu entorno. Assim, a Figura 10, correspondente a matriz de cadeia causal sobre os conflitos pela água na área entorno da nascente, mostra que a causa técnica de degradação ambiental apresenta-se com uma tendência decrescente e prioridade 1. No entanto, nas inspeções de campo observou-se que a população local tem o hábito de lavar roupas diretamente sobre a estrutura que a protege. Esse fato pode provocar a poluição do solo e a perda da qualidade da água. Além disso, a população deixa no local embalagens vazias de produtos de limpeza e sacolas de sabão em pó, entre outros resíduos.

Segundo a população local, já funcionou na área da nascente de forma intensa, um engenho de moagem de cana-de-açúcar, mas, mesmo assim, o seu proprietário sempre a protegia e agora a população local aparentemente está também respeitando a legislação brasileira em vigor, a Lei nº 12.651/2012, o novo Código Florestal, que dispõe sobre a

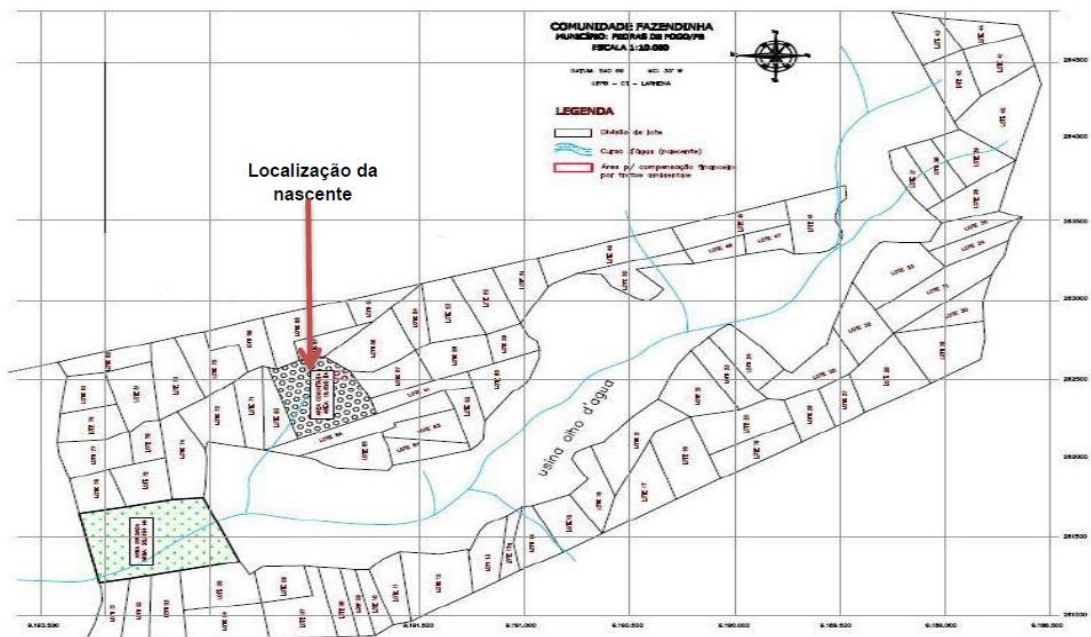
proteção da vegetação nativa. Depois da desativação do engenho, o terreno foi adquirido pelo INCRA para a instalação de um assentamento rural, que recebeu o nome de comunidade Fazendinha (Figura 18).

Figura 17 – Nascente Fazendinha – Pedras de fogo – PB



Foto: autora (2014)

Figura 18 – Loteamento da comunidade rural de Fazendinha – Pedras de Fogo – PB



Fonte: Costa (2011)

- **Qualidade da água**

As Figuras 8 e 10, correspondentes às cadeias causais das nascentes, Cacimba da Rosa e Fazendinha, respectivamente, mostram que o conflito de disponibilidade qualitativa da água apresenta-se com uma tendência crescente e com prioridade 2. Já a Figura 9, da cadeia causal dos conflitos pela água no entorno da nascente Nova Aurora, mostra que a causa técnica da qualidade da água apresenta-se constante e com prioridade 2.

Bomfim (2013), em estudo realizado no período de 2010-2012 verificou na água das nascentes, baixos valores para o parâmetro oxigênio dissolvido (OD), considerando-se o seu Valor Mínimo Permitido (VMiP) para as classes I e II de qualidade da água (respectivamente 6,0 e 5,0 mgL<sup>-1</sup>O<sub>2</sub>), segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005). Assim, de acordo com a Tabela 3, em Cacimba da Rosa e Fazendinha o OD médio no período estudado foi inferior ao mínimo estabelecido para as classes I e II. Os baixos valores de OD verificados nas nascentes podem estar associados a problemas de poluição da água ou à sua baixa oxigenação em áreas de pequena velocidade do fluxo. Ainda de acordo com o autor supracitado, com relação à análise bacteriológica (Tabela 4), percebeu-se que a variação do parâmetro “coliformes termotolerantes”, para todas as nascentes, manteve-se dentro do limite máximo permitido pela Resolução CONAMA nº 357/2005, para água doce da classe I, com exceção dos meses de outubro e dezembro de 2010 para a nascente Fazendinha e no mês de outubro para a Cacimba da Rosa, onde foram detectados valores acima do estabelecido pela citada Resolução (>200 NMP/100ml). Sendo assim, essas nascentes não se enquadrariam nessa classe de qualidade da água.

Com relação ao pH, a água das nascentes apresenta valor médio de pH abaixo da faixa de 6,0 a 9,0 (Tabela 3) estabelecida pela Resolução citada, para as classes I e II de qualidade da água, o que significa uma condição de acidez, pode-se constatar também que os resultados do pH abaixo de 6,0 foram obtidos para as águas das nascentes em todo o período analisado, porém, deve-se ressaltar que o limite estabelecido pelo CONAMA é fundamental para a sobrevivência da vida aquática.

O pH influi nos ecossistemas aquáticos devido aos seus efeitos sobre a fisiologia das espécies, e por contribuir para a precipitação de elementos químicos tóxicos ou alterar a solubilidade de nutrientes em determinadas condições (CETESB, 2014).

Para von Sperling (2005), a biodiversidade dos ecossistemas aquáticos pode sofrer danos quando os valores de pH estão muito distantes da neutralidade. O autor também afirma que valores de pH muito ácido ou muito alcalino podem estar relacionados à presença de

despejos industriais, mas, também, podem ser ocasionados pelo tipo de solo por onde ocorre o escoamento da água.

O valor médio encontrado para o parâmetro turbidez está em conformidade com a legislação vigente. Porém, para a nascente Cacimba da Rosa o valor do nitrato também ultrapassou o máximo estabelecido pelo CONAMA (Resolução 357/2005) que é de  $10 \text{ mgL}^{-1} \text{ N}$ . Segundo von Sperling (2005), o elevado valor de nitrato está associado a doenças, como a metahemoglobinemia, também conhecida como síndrome do bebê azul. De acordo com a CETESB (2010), o desenvolvimento da metemoglobinemia, por meio do nitrato em águas para consumo humano depende da sua conversão bacteriana para nitrito durante a digestão, que pode ocorrer na saliva e no trato gastrointestinal. Altas concentrações de nitrato podem causar intoxicação em criança e em casos extremos até levá-las à morte por metemoglobinemia (cianose). As crianças, principalmente as menores de 3 anos de idade, são muito susceptíveis ao desenvolvimento dessa doença devido às condições mais alcalinas do seu sistema gastrointestinal, assim como apresenta ação na produção de nitrosaminas e nitrosamidas no estômago de pessoas adultas, sendo estas substâncias conhecidas como carcinogênicas.

Von Sperling (2005), considera que, em um curso de água, a determinação da forma predominante do nitrogênio pode fornecer indicações a respeito do período da poluição possivelmente ocasionada por algum lançamento de esgotos. Se essa poluição for recente, o nitrogênio estará principalmente na forma de amônia e, se antiga, basicamente na de nitrato.

A Tabela 3 também apresenta os resultados das análises físico-químicas realizadas nas nascentes estudadas no ano de 2014 durante o desenvolvimento desta pesquisa. Observa-se que, no geral, os parâmetros de qualidade da água na nascente Cacimba da Rosa foram maiores em 2014, com destaque para a DBO e o nitrato por estarem fora dos limites estabelecidos pela legislação vigente. Esses resultados reforçam a condição de degradação da nascente com tendência crescente.

Tabela 3 – Resultado das análises físico-químicas dos parâmetros das amostras de água das nascentes, no período de 2010-2012\* e no ano de 2014.

| Parâmetros                                                       | Cacimba da Rosa |            | Nova Aurora    |            | Fazendinha     |           | VMP - CONAMA 357 ** |                  |
|------------------------------------------------------------------|-----------------|------------|----------------|------------|----------------|-----------|---------------------|------------------|
|                                                                  | 2010-2012 Méd.  | 2014 Méd.  | 2010-2012 Méd. | 2014 Méd.  | 2010-2012 Méd. | 2014 Méd. | Classe I            | Classe II        |
| Vazão (L/min)                                                    | 57,9 L/min      | 56,6 L/min | 11,9 L/min     | 10,3 L/min | 10,9 L/min     | 12,8      |                     |                  |
| Temperatura (°C)                                                 | 28,4            | 29° C      | 27,6           | 27°        | 26,5           | 27°       | ***                 | ***              |
| PH (à 25°C)                                                      | 5,4             | 5,6        | 5,4            | 5,27       | 5,6            | 5,55      | 6,0 a 9,0           | 6,0 a 9,0        |
| Cor verdadeira (mg Pt L <sup>-1</sup> )                          | 2,7             | 12,54      | 0              | 2,89       | 12,2           | 5,78      | ****                | 75               |
| Turbidez (UNT)                                                   | 2,9             | 21,7       | 1,2            | 5,44       | 8,4            | 1,09      | 40                  | 100              |
| Condutividade (µS/cm à 25°C)                                     | 408,3           | 456        | 105,6          | 95,2       | 103,5          | 89,6      | ***                 | ***              |
| SDT (mg L <sup>-1</sup> )                                        | 203,7           | 228        | 50,2           | 47,6       | 50,9           | 44,8      | 500                 | 500              |
| Alcalinidade (mg L <sup>-1</sup> CaCO <sub>3</sub> )             | 18,4            | 36,5       | 7,8            | 9          | 20,8           | 18        | ***                 | ***              |
| Acidez (mg L <sup>-1</sup> CaCO <sub>3</sub> )                   | 48,2            | 32         | 16,7           | 17         | 29,3           | 8         | ***                 | ***              |
| Cloreto total (mg L <sup>-1</sup> Cl)                            | 103             | 115,1      | 20,4           | 13,37      | 20,2           | 18,59     | 250                 | 250              |
| Dureza total (mg L <sup>-1</sup> CaCO <sub>3</sub> )             | 85,4            | 103        | 16,9           | 15         | 13,5           | 16        | ***                 | ***              |
| Sulfato total (mg L <sup>-1</sup> SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> ) | 1,9             | 2,96       | 0,3            | 6,12       | 0,9            | 5,54      | 250                 | 250              |
| DBO (mg L <sup>-1</sup> O <sub>2</sub> )                         | 1,5             | 9,2        | 0,7            | 0,55       | 1,3            | 0,7       | 3                   | 5                |
| OD (mg L <sup>-1</sup> O <sub>2</sub> )                          | 4,8             | 4,4        | 5,8            | 5,45       | 2,8            | 3,3       | 6 <sup>(1)</sup>    | 5 <sup>(1)</sup> |
| DQO (mg L <sup>-1</sup> O <sub>2</sub> )                         | -               | 44,2       | -              | 13,82      | -              | 21,7      | ***                 | ***              |
| Amônia (mg L <sup>-1</sup> N)                                    | 0,5             | 0,3        | 0,6            | 0          | 0,3            | 0         | 3,7*****            | 3,7*****         |
| Nitrito (mg L <sup>-1</sup> N)                                   | 0,5             | 0,012      | 0,4            | 0          | 0,2            | 0         | 1                   | 1                |
| Nitrato (mg L <sup>-1</sup> N)                                   | 12,9            | 18,6       | 3,4            | 4,8        | 2,2            | 2,35      | 10                  | 10               |

(\*) Fonte: Bomfim (2013)

(\*\*) VMP - Valor Máximo Permitido, segundo a Resolução nº 357 do CONAMA.

(\*\*\*) - Não é citado na Resolução nº 357 do CONAMA. (\*\*\*\*) - Nas águas de classe I deverão ser mantidos os níveis de cor natural do corpo de água em mg Pt L<sup>-1</sup>.

(\*\*\*\*\*) - Nas águas com o pH ≤ 7,5 deverão ser mantidos os níveis de amônia do corpo de água menores ou iguais a 3,7 mg L<sup>-1</sup>N, para ambas as classes consideradas.

Tabela 4 – Resultados das análises de coliformes termotolerantes na água das nascentes (2010-2011)

| Nascentes       | 2010 |     |     |     |       |      |       | 2011 |       |      |     |     |     |     |
|-----------------|------|-----|-----|-----|-------|------|-------|------|-------|------|-----|-----|-----|-----|
|                 | jun  | jul | ago | set | out   | nov  | dez   | jan  | fev   | abr  | jun | ago | out | dez |
| Cacimba da Rosa | 24,0 | 0,0 | 2,3 | 0,4 | 240,0 | 15,0 | 15,0  | 0,0  | 110,0 | 0,9  | 0,9 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Nova Aurora     | 0,0  | 0,0 | 0,0 | 0,4 | 2,3   | 0,0  | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 46,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Fazendinha      | 4,3  | 0,0 | 4,3 | 4,3 | 240,0 | 46,0 | 240,0 | 0,0  | 9,3   | 15,0 | 2,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |

Fonte: Projeto “Restauração das nascentes do rio Gramame” (2010-2012 apud BOMFIM, 2013)

- **Incerteza sobre o volume de água ofertado**

De acordo com as Figuras 8, 9 e 10, observa-se que existem potenciais conflitos relacionados ao volume de água das nascentes, e estes apresentam-se com prioridade 1 e com tendência constante. Para Castro et al. (2007), a disponibilidade da água, por milênios, foi considerada pelo homem como recurso infinito, levando-o a crer que seus abundantes mananciais eram inesgotáveis. Por essa razão, devido ao uso sem controle da água, aliado à sua crescente demanda imposta pelo aumento da população, já é evidente que em algumas regiões do globo vem ocorrendo um decréscimo da disponibilidade de água limpa e, o que é ainda mais preocupante, há locais em que a água já é considerada um recurso escasso, comprometendo o bem estar do homem e a sobrevivência de muitas espécies da fauna e flora.

Com relação à disponibilidade da água, observa-se que existem conflitos relacionados ao seu volume nas nascentes. Segundo Bomfim (2013), no período de 2010 a 2012, a vazão média nas nascentes estudadas variou bastante entre elas. Assim, Cacimba da Rosa apresentou uma média de 57,95 L/min, o suficiente para atender a uma demanda de 570 pessoas/dia. A nascente Nova Aurora apresentou, no mesmo período, uma vazão média de 11,97 L/min, o suficiente para atender a uma demanda de 115 pessoas/dia. Já Fazendinha, com uma vazão média de 10,4 L/min, apresentou condições para atender em média 100 pessoas/dia. Entretanto, o uso da água pela população no entorno dessas nascentes é bem maior (Tabela 5) do que as suas disponibilidades hídricas. Essa população utiliza dessa água para usos diversos, principalmente, consumo, lavagem de utensílios domésticos e roupas, irrigação de pequenas lavouras popularmente chamadas de “lavouras brancas” (batata-doce, inhame e macaxeira), e dessedentação de animais (FILGUEIRA et al. 2010).

A Tabela 3 também apresenta os resultados das medições de vazão realizadas no ano de 2014 durante o desenvolvimento desta pesquisa. Observa-se que, no geral, os valores apresentam-se menores para as nascentes Cacimba da Rosa e Nova Aurora. Esses resultados reforçam a condição de degradação das nascentes com tendência crescente.

Tabela 5 – Valores médios das vazões das nascentes (2010-2012)

| <b>Nascente</b> | <b>Vazão<br/>L/min</b> | <b>População em<br/>torno (2010)</b> | <b>Abastecimento para consumo<br/>de água<br/>(150 L/dia)</b> |
|-----------------|------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Cacimba da Rosa | 57,95 L/min            | 1121                                 | 570 pessoas/dia                                               |
| Nova Aurora     | 11,97 L/min            | 2001                                 | 115 pessoas/dia                                               |
| Fazendinha      | 10,9 L/min             | 553                                  | 100 pessoas/dia                                               |

Fonte: Bomfim, 2013.

- **Incerteza climática**

As Figuras 8, 9 e 10, respectivamente, mostram que a incerteza climática apresenta-se como um conflito de tendência constante e prioridade 3. De acordo com a Secretaria Extraordinária do Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Minerais do Estado da Paraíba – SEMARH (PARAÍBA, 2000), o movimento das diversas massas de ar que se cruzam sobre o estado da Paraíba resultam principalmente da sua posição geográfica, ou seja, próximo ao Equador, no Hemisfério Sul, e, também do seu relevo. Estas características levam a um clima característico do tipo tropical com estação de chuvas curtas, úmido no litoral e no agreste, e semiárido no interior, que dá origem a um regime hidrológico específico. Desse modo, tendo em vista a localização de Pedras de Fogo na região do litoral do Estado, na qual a bacia hidrográfica do rio Gramame está inserida, verifica-se que o seu clima é do tipo tropical úmido.

Bomfim (2013), em estudo realizado no período de 2010 a 2012, verificou que o comportamento da precipitação tem influência direta na vazão das nascentes, isto é, maiores precipitações refletem em maior produção de água dessas fontes. Observou-se também que as maiores incidências de chuvas estão compreendidas nos meses de abril a agosto.

- **Falta de conhecimento sistemático das demandas atuais e futuras**

Como mostrado nas Figuras 8, 9 e 10, a falta de conhecimento sistemático das demandas atuais e futuras apresenta-se como um conflito de tendência constante e prioridade 2. Isso ocorre pela falta de conhecimento ou aplicação da Política Nacional de Recursos Hídricos, Lei 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que apresenta como um de seus objetivos assegurar a atual e as futuras gerações a necessária disponibilidade de águas, em padrões de qualidade aos respectivos usos. Já na área das nascentes estudadas, a necessidade de uma articulação sistemática entre os instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, apoiada na diretriz de uma gestão integrada de recursos hídricos, onde exista um único corpo de trabalho (a gestão das nascentes) cujos membros (instrumentos de gestão) estariam articulados entre si com um mesmo objetivo: a garantia de água de boa qualidade com a quantidade necessária à atual e às futuras gerações (RODRIGUES, 2005).

- **Múltiplo uso da água**

Ainda de acordo com as Figuras 8, 9 e 10, o conflito de destinação de uso da água apresenta-se na sua maioria com uma tendência constante e com prioridade 2. Verificou-se em campo que além dos usos das águas para lavagem de utensílios domésticos e roupas, irrigação, dessedentação de animais e para beber, identificados por Filgueira et al. (2010), as águas das nascentes Nova Aurora e Cacimba da Rosa ainda são utilizadas para lavagem de animais, e nesta última também para lavagem de veículos.

Os usos múltiplos da água são incentivados pela Lei Federal de Recursos Hídricos 9.433/97 e pelos princípios de uma boa gestão dos recursos hídricos. Sabendo-se, porém que o uso da água para o consumo humano é, considerado prioridade. Desse modo, os usos múltiplos da água das nascentes devem ser incentivados, respeitando-se as prioridades relatadas em Lei e a sua real disponibilidade hídrica, como meio de promover o desenvolvimento socioeconômico.

### 5.1.2 Causas gerenciais dos conflitos pela água

- **Falta de aplicação do zoneamento de uso e ocupação do solo**

De acordo com as Figuras 8, 9 e 10, a falta de aplicação do zoneamento de uso e ocupação do solo no município de Pedras de Fogo, apresenta-se como uma causa de tendência constante e prioridade 1. Também está diretamente relacionada com várias causas técnicas, entre elas pode-se destacar a degradação em torno da nascente e a qualidade de água.

A Lei Complementar nº 05/97, de 08 de outubro de 1997, do Município de Pedras de Fogo que institui o zoneamento de uso e ocupação do solo, no seu capítulo IV, aborda a divisão deste município em cinco zonas: I - Zonas Residenciais; II - Zonas Comerciais e de Serviços; III - Zonas Industriais; IV - Zonas de Preservação e Proteção Ambiental; V - Zonas Especiais.

Em seu Art. 18º - As Zonas de Preservação e Proteção Ambiental (ZPPA) “destinam-se exclusivamente à preservação e proteção dos resquícios de matas nativas e nascentes, entre outras. Quaisquer obras nestas Zonas, restringem-se a correções de escoamento de águas pluviais, saneamento, combate a erosão, e equipamentos de suporte às atividades de lazer e recreação”.

- **Inexistente o monitoramento qualiquantitativo da água**

Para Francisco e Carvalho (2004), o monitoramento de microbacias hidrográficas ainda é pouco usual no Brasil, mesmo apresentando importância fundamental para o atual e o futuro abastecimento de água. Segundo Santos e Hernandez (2011), o monitoramento quantitativo e qualitativo dos recursos hídricos é uma ferramenta fundamental no auxílio à identificação de possíveis impactos ambientais e suas influências em torno dos corpos hídricos, buscando propor prioridades e orientá-las em decisões futuras.

Nas Figuras 8, 9 e 10, respectivamente, pode-se verificar que a inexistência do monitoramento qualiquantitativo da água das nascentes, apresenta-se como uma causa de tendência constante e prioridade 2. Que também está diretamente relacionada a várias causas técnicas, entre elas os conflitos de ordem da qualidade da água, os múltiplos uso da água e a incerteza sobre o volume de água ofertado.

Com relação às nascentes estudadas, verificou-se que apenas o projeto “Restauração das nascentes do rio Gramame” foi eficiente na sua proposta, realizando um acompanhamento durante o período de três anos na área, com muitos pontos positivos.

Poucos projetos específicos foram realizados na área de estudo como resultados de parcerias entre as Secretarias Estadual e Municipal de Meio Ambiente, Universidade Federal da Paraíba e Prefeitura Municipal de Pedras de Fogo, com o intuito de incentivar a preservação das áreas e a sensibilização da sociedade local. A maioria desses projetos realizaram ações, como, por exemplo, a prática de reflorestamento com mudas nativas no entorno das nascentes. Porém, não atingiram êxito, visto que as mudas não sobreviveram pela falta de irrigação e acompanhamento da população local. Esses projetos e pesquisas têm sido insuficientes para impulsionar a sustentabilidade local. Logo, faz-se necessária a ação de monitoramento quali-quantitativo da água pela SUDEMA e AESA, assim como é indispensável o desenvolvimento de novos projetos de monitoramento quali-quantitativo da água nas áreas estudadas (BOMFIM, 2013).

- **Falta de uma associação de usuários de água das nascentes**

Pelas Figuras 8, 9 e 10, verifica-se que a falta de uma associação de usuários de água das nascentes no município de Pedras de Fogo, apresenta-se como uma causa gerencial para que ocorram conflitos pela água de tendência constante e prioridade 2. E está diretamente relacionada com várias causas técnicas, entre elas, a degradação em torno da nascente e o múltiplo uso da água.

De acordo com a Lei Federal da Política Nacional de Recursos Hídricos Nº 9.433/97 (BRASIL, 1997), artigo 39, o Comitê de Bacia Hidrográfica é formado por representantes dos poderes públicos municipal, estadual e federal, das entidades civis de recursos hídricos com atuação comprovada na bacia e dos usuários das águas de sua área de atuação, assim como também é necessária para a formação do Conselho Nacional de Recursos Hídricos a participação de representantes dos usuários da água. Nesta mesma Lei, no artigo 47, é prevista, a realização de organizações civis de recursos hídricos, como, as associações regionais, locais ou setoriais de usuários de recursos hídricos.

- **Falta de controle dos usos da água das nascentes**

As Figuras 8, 9 e 10, mostram que a falta de controle dos usos da água das nascentes, foi identificada como uma causa gerencial dos conflitos pela água que ocorrem nas áreas das nascentes Cacimba da Rosa, Fazendinha e Nova Aurora. Essa causa apresenta-se com tendência constante e prioridade 2 e está diretamente relacionada com a incerteza sobre o volume de água ofertado e variação climática (causas técnicas).

A outorga de direito de uso de recursos hídricos é um dos seis instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, estabelecidos no inciso III, do art. 5º da Lei Federal Nº 9.433/97. Esse instrumento tem como objetivo assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso aos recursos hídricos. De acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA, 2011), esse controle é fundamental para evitar conflitos entre usuários de recursos hídricos e para assegurar-lhes o efetivo direito de acesso à água. Desse modo, a outorga é importante instrumento de gestão e sua real execução resulta do compromisso de cada usuário.

- **Quem organiza o uso da água das nascentes?**

Esta questão representa um motivo de preocupação para os órgãos responsáveis pelo Meio Ambiente, como as Secretarias Estadual da Paraíba e Municipal de Meio Ambiente de Pedras de Fogo. Isso ocorre principalmente pelo fato de as nascentes estarem localizadas em assentamentos agrícolas do INCRA (Comunidade Nova Aurora e Comunidade Fazendinha) e comunidades rurais de exploração agrícola familiar. As cadeias causais das nascentes, Cacimba da Rosa, Nova Aurora e Fazendinha, apresentadas nas Figuras de 8, 9 e 10, respectivamente, mostram que a falta de controle dos usos da água das nascentes apresenta-se como uma causa de tendência constante e prioridade 1, relacionando-se às causas técnicas: incerteza sobre o volume de água ofertado e variação climática.

- **Falta de fiscalização dos usuários da água**

De acordo com as Figuras 8, 9 e 10, a falta de controle dos usos da água na área das nascentes foi identificada como de tendência constante e prioridade 1, estando diretamente relacionada com as causas técnicas: incerteza sobre o volume de água ofertado e variação climática. Verificou-se pouca fiscalização contra o desmatamento e atividades geradoras de

poluição nas APP's no entorno das nascentes do alto rio Gramame. Isto indica que a estrutura de técnicos das Secretarias de Governo Estadual e Municipal de meio ambiente de Pedras de Fogo para a atividade de fiscalização é insuficiente para impedir tais práticas (LIMEIRA, 2008).

### 5.1.3 Causas político-sociais dos conflitos pela água

- **Falta de aplicação das diretrizes políticas para o aproveitamento múltiplo da água como fator propulsor do desenvolvimento socioeconômico.**

O Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado da Paraíba – PERH (AESAs, 2006), fixa diretrizes voltadas à valorização da água como um fator propulsor do desenvolvimento socioeconômico, estabelecendo a água como um bem natural e vital, sendo um recurso limitado e de valor socioeconômico. O PERH também enfatiza a maximização dos benefícios socioeconômicos nos aproveitamentos múltiplos dos recursos hídricos e a racionalização do uso dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, evitando exploração inadequada. Vale ressaltar que esse desenvolvimento socioeconômico deve ser incorporado a estratégias ambientalmente adequadas, visando à melhoria quantitativa e qualitativa dos recursos hídricos como fator de desenvolvimento socioeconômico sustentável. Também, de acordo com a Política Nacional de Recursos Hídricos, a “gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas”.

As Figuras 8, 9 e 10, mostram que a falta de aplicação das diretrizes políticas para o aproveitamento múltiplo da água como fator propulsor do desenvolvimento socioeconômico, foi identificada como uma causa gerencial de tendência constante e prioridade 2. Verifica-se também sua ligação com diversas causas gerenciais, entre elas: a falta de uma associação dos usuários de água, falta de controle dos usos de água e “quem organiza o uso da água da nascente?”.

Apesar de um reconhecido crescimento na consolidação de leis e normas que orientam a conservação e uso sustentável dos recursos naturais, a começar pela Constituição Brasileira, na prática, há uma nítida dificuldade de implementação da legislação. Além disso, essa perspectiva pode ser considerada como um fator institucional, evidenciando, também, outros elementos como a deficiência de fiscalização, de assistência técnica, insuficiência de dados e necessidade de pesquisa científica que, são uma porta aberta para a transgressão. O Código Florestal e a Lei de Crimes Ambientais são frequentemente descumpridos, com o desmatamento das áreas entorno das nascentes, ocupação de margens de rios, entre outros.

Enfim, há um descompasso entre a existência de legislação adequada e sua implementação (MARQUES, 2010).

- **Falta atualizar o Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Gramame**

Como visto nas Figuras 8, 9 e 10, o Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Gramame está desatualizado e esse problema foi identificado com tendência constante e prioridade 1. Verifica-se também sua ligação direta com causas gerenciais como: falta de controle dos usos da água; falta de uma associação dos usuários da água e com a inexistência do monitoramento qualiquantitativo da água.

O Plano Diretor da Bacia Hidrográfica do Rio Gramame (PARAÍBA, 2000) foi elaborado pela SEMARH e outros órgãos governamentais, em 4 volumes, publicados em setembro de 2000. Nele foi proposto um conjunto de programas de preservação dos recursos hídricos – entre eles o reflorestamento e recomposição da mata ciliar – que abrange ações de estudo e implementação de um programa o qual tem por objetivo a recomposição da vegetação em torno das nascentes dos rios, dos cursos de água e dos reservatórios.

Com relação ao PERH (AESAs, 2006), é importante destacar que não há referência às ações necessárias para a restauração dos rios, riachos ou nascentes da bacia hidrográfica do rio Gramame. Segundo Limeira (2008), a preocupação marcante do PERH é atender à crescente demanda, sem por outro lado agir em função de aumentar as condições de oferta, através das restaurações.

- **Falta de aplicação do Plano diretor Municipal Nº 023/2006 de Pedras de Fogo.**

O Plano diretor é uma ferramenta fundamental para o processo de planejamento municipal e para a execução da política de desenvolvimento urbano, orientando a ação dos agentes públicos e privados (ABNT, 1992).

Sendo assim,

Seria um plano que, a partir de um diagnóstico científico da realidade física, social, econômica, política e administrativa da cidade, do município e de sua região, apresentaria um conjunto de propostas para o futuro desenvolvimento socioeconômico e futura organização espacial dos usos do solo urbano, das redes de infraestrutura e de elementos fundamentais da estrutura urbana, para a cidade e para o município, propostas estas definidas para curto, médio e longo prazos, e aprovadas por lei municipal (VILLAÇA, 1999, p.238).

A falta de aplicação Lei Complementar nº 023/2006, do Município de Pedras de Fogo que instituiu Plano Diretor Participativo (PDP), segundo ilustrado nas Figuras 8, 9 e 10, apresenta-se como uma causa político-social de tendência constante e prioridade 1. Esse fato tem ligação direta com causas gerenciais como: falta de controle dos usos da água, falta de uma associação dos usuários da água e com a inexistência do monitoramento qualiquantitativo da água.

O Plano Diretor Participativo de Pedras de Fogo é um instrumento básico da política municipal de desenvolvimento urbano e referencial de orientação para os agentes públicos e privados na produção e na gestão da cidade, sendo assim, uma importante ferramenta de conservação da bacia hidrográfica do rio Gramame. Pode-se destacar seu capítulo IV, art. 36º, inciso I, que especifica:

Com referência ao desenvolvimento, proteção e recuperação dos patrimônios ambiental, paisagístico e cultural, as diretrizes seguintes: I - a proteção do patrimônio ambiental e da qualidade de vida da população através: a) da conservação da cobertura vegetal; b) do controle das atividades poluidoras; c) da promoção de uma racional utilização dos recursos naturais; d) da preservação e recuperação dos ecossistemas essenciais; e) da proteção dos recursos hídricos.

- **Falta de um instrumento regulador**

Nas cadeias causais das nascentes estudadas (Figuras 8, 9 e 10), observa-se a falta de um instrumento regulador, que se apresenta como um problema de tendência constante e prioridade 2, com ligação direta com as seguintes causas gerenciais: falta de controle dos usos da água e a falta de uma associação dos usuários da água das nascentes.

De acordo com Margulis (1996, p.5), os instrumentos reguladores, também chamados de instrumentos do tipo Comando e Controle (CEC), são basicamente um conjunto de normas, regras, procedimentos e padrões a serem obedecidos pelos agentes econômicos, exigindo o controle direto sobre as áreas onde está ocorrendo a emissão de poluentes. Os principais instrumentos reguladores (CEC) são as licenças, o zoneamento e os padrões:

- As licenças são utilizadas pelos órgãos de controle ambiental para autorizar a instalação de projetos e atividades com certo potencial de impacto ambiental. Os projetos mais complexos geralmente requerem a preparação de Estudos de Impacto Ambiental (EIA), que são avaliações mais abrangentes dos efeitos dos projetos propostos.

- O zoneamento é um conjunto de regras de uso da terra empregado principalmente pelos governos locais a fim de mostrar aos agentes econômicos a localização mais adequada para certas atividades. Isso com base na divisão de um município (ou outra jurisdição) em distritos ou zonas nos quais certos usos da terra são (ou não) permitidos.

- Os padrões são o instrumento do tipo CEC de uso mais frequente na gestão ambiental. Os principais tipos de padrões adotados são: a) padrões de qualidade ambiental (limites máximos de concentração de poluentes no meio ambiente); b) padrões de emissão: limites máximos para as concentrações ou quantidades totais a serem despejadas no ambiente por uma fonte de poluição; c) padrões tecnológicos: padrões que determinam o uso de tecnologias específicas; d) padrões de desempenho: padrões que especificam, por exemplo, a percentagem de remoção ou eficiência de um determinado processo; e e) padrões de produto e processo: estabelecendo limites para a descarga de efluentes por unidade de produção ou por processo.

Além disso, de acordo com a Lei Federal da Política Nacional de Recursos Hídricos Nº 9.433/97 (BRASIL, 1997), artigo 5, a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos é um dos instrumentos reguladores de fundamental importância para a gestão dos recursos hídricos. Ela tem como objetivo principal assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o eficiente controle dos seus direitos de acesso.

#### 5.1.4 Causas econômico-culturais dos conflitos pelo uso da água

- **Falta valorizar a nascente como propulsora de sustentabilidade e enquanto contribuinte para a formação dos corpos hídricos**

As Figuras 8, 9 e 10, mostram que existe falta de valorização das nascentes pelos seus usuários, como propulsoras de sustentabilidade e contribuintes para a formação dos corpos hídricos. Essas causas foram identificadas com tendência crescente e prioridade 1. Verifica-se também sua ligação direta com causas político-sociais como: falta de aplicação das diretrizes políticas para o aproveitamento múltiplo da água como fator propulsor do desenvolvimento socioeconômico, falta de aplicação do Plano Diretor Municipal e falta de atualização do Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Gramame.

De acordo com Filgueira et al. (2010), há uma preocupação dos moradores locais quanto à preservação de nascentes. Porém, a falta de conhecimento técnico e de educação ambiental da população da região fazem com que ocorram problemas de degradação do solo e

da água. Assim, apesar de a população reconhecer a situação local, verificou-se que as áreas em torno das nascentes necessitam de mais cuidados, tanto por parte da população residente quanto por parte dos gestores públicos.

- **Desconhecimento do valor econômico da água e falta de consciência coletiva no trato do bem público.**

Segundo ilustrado nas Figuras 8, 9 e 10, o desconhecimento do valor econômico da água e a falta de consciência coletiva no trato do bem público, foram identificadas como causas econômico-culturais de tendência constante e prioridade 2. Verifica-se também suas ligações diretas com causas político-sociais tais como: falta de aplicação das diretrizes políticas para o aproveitamento múltiplo da água como fator propulsor do desenvolvimento socioeconômico e falta de atualização do plano diretor de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Gramame.

De acordo com a Lei Federal 9.433/97, da Política Nacional de Recursos Hídricos, em seus fundamentos afirma que “a água é um bem de domínio público, um recurso natural limitado, dotado de valor econômico”. Essa mesma Lei, conforme artigo 19º, estabelece como um de seus instrumentos, a cobrança pelo uso de recursos hídricos, com o intuito de mostrar a partir dessa cobrança o real valor econômico deste recurso para os seus usuários. Mas, a ausência de organismos articulados e atuantes, juntamente com a falta de informação dos próprios usuários da região com relação à gestão dos recursos hídricos, potencializa a possibilidade de conflitos entre usuários que, geralmente, sequer conhecem os instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, o que reflete o baixo nível de instrução atingido pelos habitantes da região, e que também foi identificado no perfil socioeconômico da população local.

## 5.2 Matriz de nível socioeconômico

Consta na Tabela 2, que o nível socioeconômico da população relativamente baixo, se apresenta como problema de prioridade 2 e com tendência estável na região de influência direta das nascentes Cacimba da Rosa, Fazendinha e Nova Aurora.

A cadeia causal para esse baixo nível socioeconômico foi elaborada para cada uma das três nascentes estudadas. As associações entre as causas técnicas, gerenciais, político-sociais e econômico-culturais, e sua importância relativa para o nível socioeconômico da população em torno da área das nascentes são indicadas nas Figuras 19, 20 e 21.

No geral, as nascentes apresentaram causas semelhantes para este problema identificado, porém com tendências diferentes. Observa-se pelas Figuras 19, 20 e 21 que as causas técnicas principais detectadas para a ocorrência do problema foram: baixo nível de escolaridade; práticas agrícolas inadequadas; falta de qualificação profissional e falta de oportunidade no mercado de trabalho. Com relação às causas gerenciais foram identificadas: mecanismo de financiamento e suporte para educação inadequados; falta de indicadores de desempenho ambiental; baixa atividade da organização social; carência de acesso às inovações tecnológicas e falta de planejamento das políticas de produção. Já como causas político-sociais foram identificadas: má distribuição de renda; falta de política de garantia de preço e de mercado; ineficiência das políticas públicas de planejamento familiar e deficiência de políticas públicas de qualificação profissional.

Figura 19 – Matriz de cadeia causal – nível socioeconômico nas áreas em torno da nascente Cacimba da Rosa – Pedras de Fogo – PB

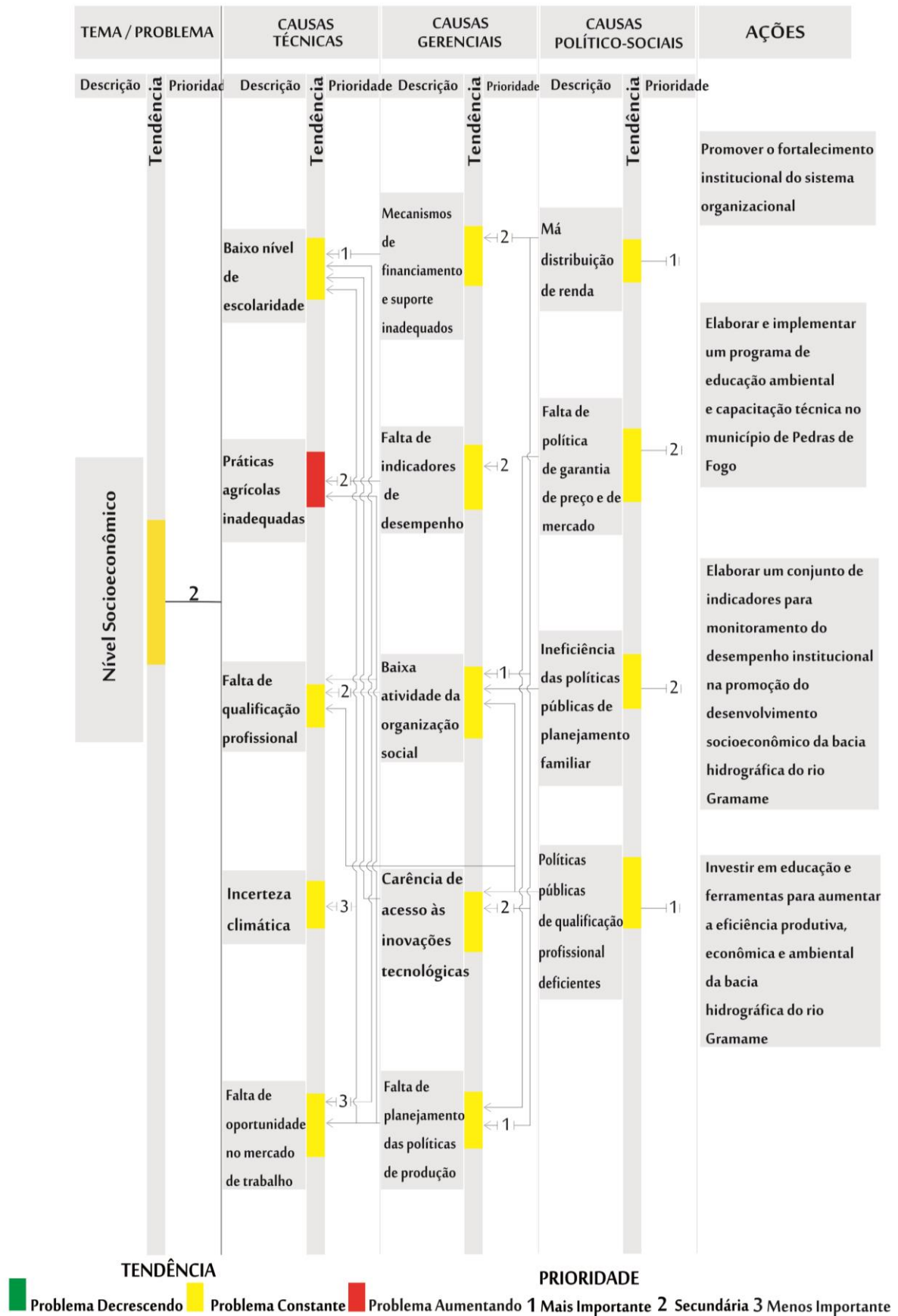


Figura 20 – Matriz de cadeia causal – nível socioeconômico nas áreas em torno da nascente Nova Aurora – Pedras de Fogo – PB

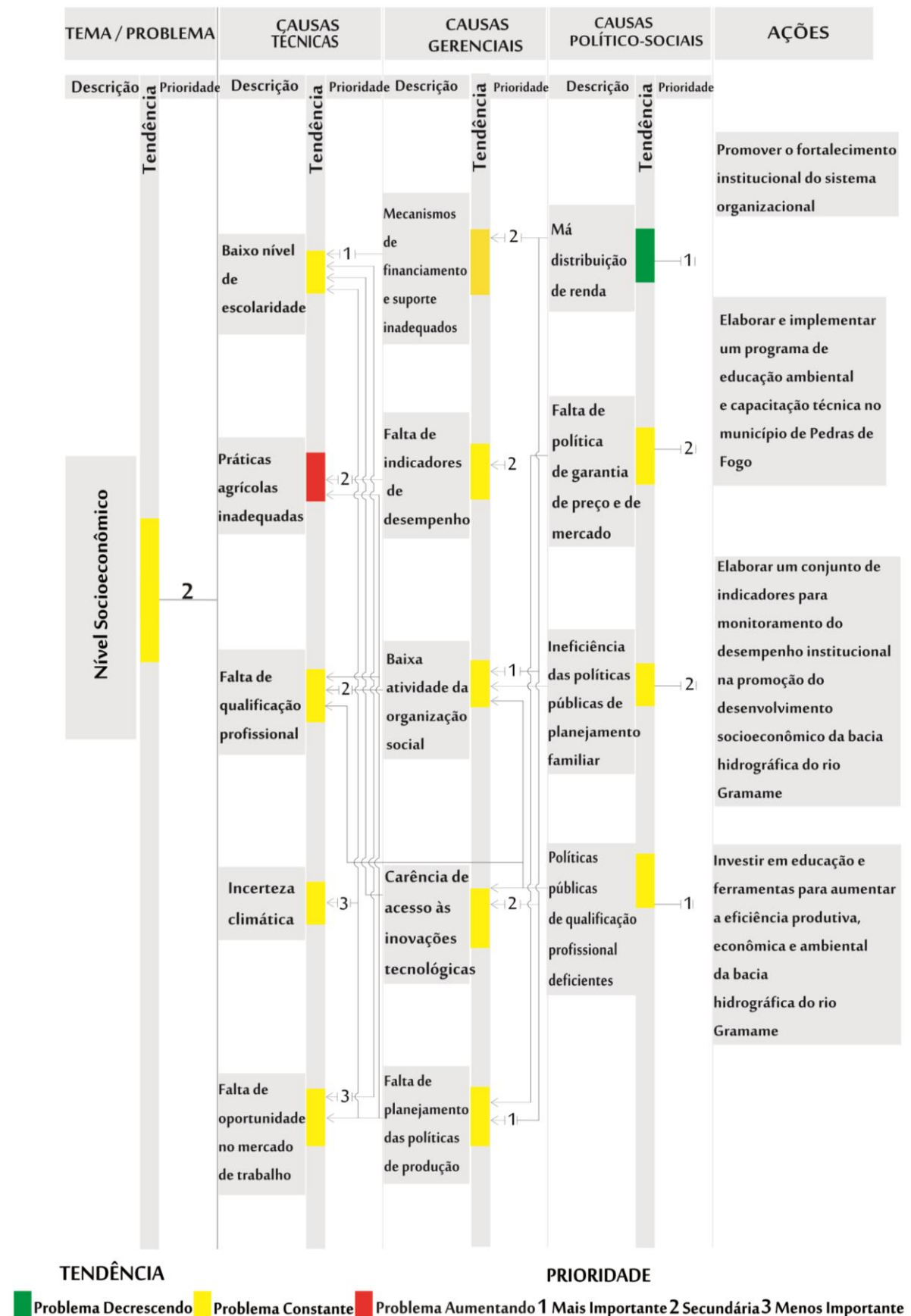
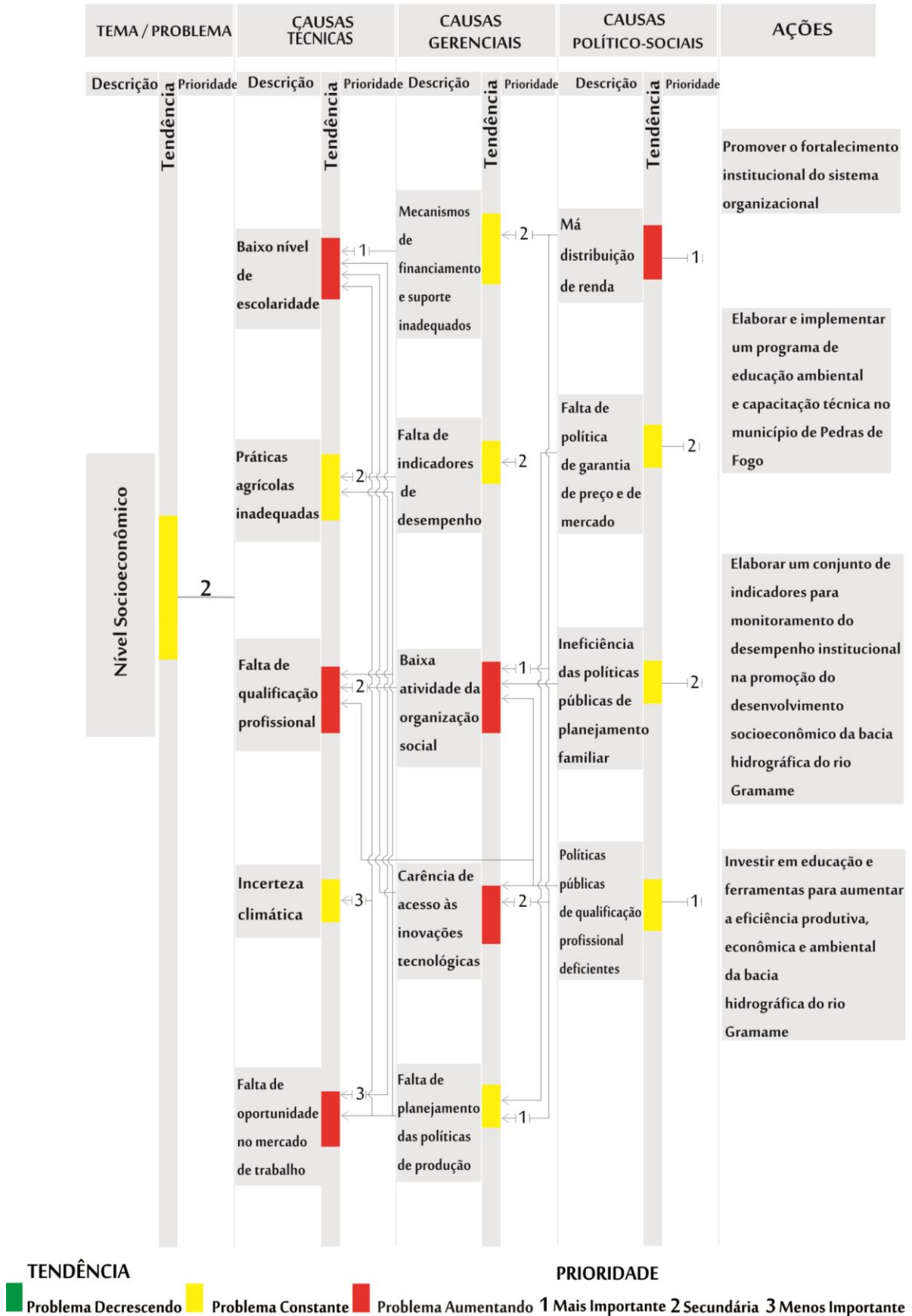


Figura 21 – Matriz de cadeia causal – nível socioeconômico nas áreas em torno da nascente Fazendinha – Pedras de Fogo – PB



### 5.2.1 Causas técnicas do nível socioeconômico

- **Baixo nível de escolaridade**

As Figuras 19, 20 e 21 mostram que o baixo nível de escolaridade da população no entorno da área das nascentes apresenta-se como uma causa técnica de prioridade 1 e tendência constante, exceto para a área no entorno da nascente Fazendinha que apresenta uma tendência crescente (Figura 19).

Essa realidade ocorre porque o setor educativo revela resultados insatisfatórios. O município de Pedras de Fogo, em sua totalidade, contabiliza uma taxa de analfabetismo da população de 15 anos de idade ou mais de 30,3%. Há 34 escolas do ensino fundamental, com 5.042 alunos matriculados e 3 escolas do ensino médio, com 821 matrículas, números baixos se considerada toda a população escolarizável.

De acordo com o Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil, Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD, 2013), o município apresenta um índice de 35,45% pessoas entre 15 a 17 anos com ensino fundamental completo; 29,94% da população de 18 anos ou mais de idade tem o ensino fundamental; e, 16,47% o ensino médio, dados referentes ao ano de 2010.

Baseado nessa perspectiva, Filgueira et al. (2010), relatam que em estudo realizado, com os usos e usuários das águas das nascentes, verificaram que do total dos moradores locais entrevistados, ocorre uma predominância daqueles com grau de instrução com ensino fundamental incompleto ou não alfabetizado. Os autores também alertam que o baixo nível de escolaridade dos entrevistados talvez seja devido à falta de oportunidade em conciliar as atividades de trabalhos no campo voltadas para a sua sobrevivência com as atividades educativas.

Ao levantar o quantitativo de pessoas alfabetizadas por setor censitário pesquisado, para as áreas das três nascentes estudadas, Bomfim (2013) constatou do total de habitantes de cada setor, um percentual médio de 66% de alfabetizados. O autor também alerta que, o menor desempenho para a taxa de alfabetizados foi identificado na comunidade no entorno da nascente Fazendinha, correspondendo a um percentual de 60% de alfabetizados.

- **Práticas agrícolas inadequadas**

Segundo Paterniani (2001), o cultivo das plantas para atender às necessidades humanas é uma atividade dependente de condições edafoclimáticas, socioeconômicas e de um definido nível de conhecimento técnico. O autor afirma ainda que os progressos atingidos pela agricultura, graças aos avanços científicos e tecnológicos, não têm precedentes na história da humanidade. A atividade agrícola, por sua própria natureza, altera o meio ambiente em relação à situação original; sendo assim, existem vários exemplos de grave degradação do solo e do meio ambiente acarretadas por práticas agrícolas inadequadas – apesar de que uma agricultura desenvolvida, baseada em avanços científicos, minimiza eventuais danos, aumenta a produtividade e protege o meio ambiente.

As Figuras 19 e 20, mostram que as práticas agrícolas inadequadas apresentam-se como uma causa técnica de prioridade 2 e tendência crescente. Já a área no entorno da nascente Fazendinha possui uma tendência constante (Figura 21). De acordo com Bomfim (2013), as áreas no entorno das nascentes Cacimba da Rosa e Nova Aurora apresentaram um nível de degradação ambiental mais avançado decorrente de práticas agrícolas inadequadas e da supressão de espécies da flora local. Já a área no entorno da nascente Fazendinha a situação é mais sustentável, devido à área apresentar um determinado estado de conservação, verificado pela presença espécies da flora nativa.

- **Falta de qualificação profissional e falta de oportunidade no mercado de trabalho**

Consta nas Figuras 19, 20 e 21 que a falta de qualificação profissional e a falta de oportunidade no mercado de trabalho são causas técnicas do baixo nível socioeconômico da população das áreas entorno das nascentes estudadas. Essas causas técnicas apresentam-se com tendência constante, com exceção da área no entorno da nascente Fazendinha que apresenta uma tendência crescente (Figura 21).

Segundo o Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil 2013 (PNUD, 2013), o município de Pedras de Fogo possui uma taxa de atividade da população de 18 anos de idade ou mais de 56,74%. Ao mesmo tempo, sua taxa de desocupação foi de 9,90%. Desses ocupados 36,66 % apresentaram um nível educacional com o ensino fundamental completo e 22,30 % com o ensino médio completo. Dados referentes ao ano de 2010.

Ainda com relação a esses dados, dos habitantes ocupados na faixa etária de 18 anos ou mais, 45,33% trabalhavam no setor agropecuário, 0,23% na indústria extrativa, 6,21% na indústria de transformação, 3,66% no setor de construção, 0,81% nos setores de utilidade pública, 11,50% no comércio e, 29,29% no setor de serviços (PNUD, 2013). Dessa forma, verifica-se que as principais atividades econômicas do município supracitado são a agricultura e a pecuária.

### 5.2.2 Causas gerenciais do nível socioeconômico

- **Mecanismo de financiamento e suporte para educação inadequado**

Como mostrado nas Figuras 19, 20 e 21, o mecanismo de financiamento e suporte para educação de forma inadequada apresenta-se como uma causa de tendência constante e prioridade 2: assim está diretamente relacionada com algumas causas técnicas; entre elas pode-se destacar o baixo nível de escolaridade e a falta de qualidade profissional.

De acordo com a Lei Federal 11.494/2007 (BRASIL, 2007), que regulamenta o Fundo de Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica e de Valorização dos Profissionais da Educação (FUNDEB), no artigo 1º está expresso que deve ocorrer “a aplicação de pelo menos 25% dos impostos e transferências em favor da manutenção e desenvolvimento do ensino”.

No entanto, de acordo o Tribunal de Contas do Estado (TCE), o município de Pedras de Fogo está entre os vinte e quatro municípios que aplicaram investimentos abaixo de 25% de suas receitas na manutenção e desenvolvimento da Educação. Essa constatação é resultado de um levantamento realizado nos 224 processos de prestação de contas anuais de diversos exercícios, avaliados em 2014. Ainda segundo o TCE, os recursos do FUNDEB destinam-se ao pagamento do salário dos professores, diretores e orientadores educacionais, mas também podem ser aplicados em atividades, como financiamento de programas de melhoria da qualidade da educação; na formação continuada de professores; na construção e manutenção das escolas (JORNAL DA PARAÍBA, 2014).

- **Falta de indicadores de desempenho ambiental**

Observa-se pelas Figuras 19, 20 e 21, que a falta de indicadores de desempenho ambiental para a região estudada apresenta-se como uma causa de tendência constante e prioridade 2, assim com forte relação com as causas técnicas, entre elas, o baixo nível de escolaridade e as práticas agrícolas inadequadas.

De acordo com a norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), Norma Brasileira (NBR) ISO 14031, a Avaliação de Desempenho Ambiental (ADA) é um processo de gestão interna que visa facilitar decisões gerenciais sobre o desempenho ambiental de uma organização, por meio da seleção de indicadores, coleta e análise de dados, avaliação da informação em comparação com critérios de desempenho ambiental. Segunda a Norma, essa organização pode ser uma companhia, corporação, firma, instituição pública ou privada, que tem funções e estrutura administrativa própria. A ADA abrange duas categorias de indicadores: Indicadores de Condição Ambiental (ICA) e Indicadores de Desempenho Ambiental (IDA) (ABNT, 2004).

Os ICA fornecem informações sobre a qualidade do meio ambiente local. Os dados para estes indicadores são geralmente coletados para fins, tais como, pesquisas científicas, desenvolvimento de normas e regulamentos ambientais.

Com relação aos IDA, estes pretendem apresentar práticas organizacionais no sentido de minimizar os impactos ao meio ambiente decorrentes de suas atividades. Referem-se ainda ao uso de recursos naturais exibidos em valores absolutos de quantidade ou consumo, levando em consideração os impactos significativos relacionados ao setor da atividade e às respectivas ações de minimização (GASPARINI, 2003 apud CAMPOS E MELO, 2008). Existem dois tipos de IDA: os Indicadores de Desempenho Gerencial (IDG), que fornecem informações sobre esforços gerenciais para influenciar o desempenho ambiental das operações da organização; e os Indicadores de Desempenho Operacional (IDO), que proporcionam informações sobre o desempenho ambiental das operações da organização.

- **Baixa atividade da organização social**

De acordo com as Figuras 19, 20 e 21, a baixa organização social, aponta-se como uma causa gerencial do baixo nível socioeconômico, que ocorre nas áreas no entorno das nascentes estudadas, possuindo tendência constante e prioridade 1. Possui também relação com as causas técnicas, entre elas pode-se ressaltar a falta de qualificação profissional, baixo nível de escolaridade e práticas agrícolas inadequadas.

De acordo com Fernandes et al. (1997), as Organizações Sociais (OS) são definidas como um modelo de organização pública não-estatal com o objetivo de absorver atividades passíveis de publicidade mediante qualificação específica, sendo formada pelas associações civis sem fins lucrativos, que não são propriedade de nenhum indivíduo ou grupo e estão orientadas diretamente para o atendimento do interesse público. Ainda de acordo com os autores, são um modelo de parceria entre o Estado e a sociedade, onde o Estado permanecerá estimulando a publicidade das atividades e exercerá sobre estas um controle estratégico, através de resultados fundamentais para atingir os objetivos das políticas públicas. As OS facilitam o controle social por meio da participação nos conselhos de administração dos diversos segmentos representativos da sociedade civil e, também favorecem seu financiamento na compra de serviços e doações por parte da sociedade.

- **Carência de acesso às inovações tecnológicas**

Segundo Cavalcanti et al. (2006), a inovação tecnológica tem sido bastante valorizada, como um poderoso instrumento para o desenvolvimento econômico, sendo, por isso, uma das principais motivações de diversos segmentos da economia mundial. Atualmente a busca por inovações tecnológicas tem aumentado cada vez mais.

As Figuras 19, 20 e 21, mostram que a carência de acesso a inovações tecnológicas foi identificada como causa gerencial de tendência constante e prioridade 2, assim como possui relação direta com diversas causas técnicas. Entre elas, pode-se destacar o baixo nível de escolaridade, falta de oportunidade no mercado de trabalho e práticas agrícolas inadequadas.

De acordo com Bomfim (2013), o município de Pedras de Fogo enfrenta um desafio constante pela falta de aplicação de políticas públicas em educação, principalmente nas zonas rurais. Para modificar essa realidade, o autor afirma que é preciso realizar investimentos em

novas tecnologias e na economia local, como, por exemplo, na agricultura de subsistência, por ser esse um dos setores de maior importância para as atividades econômicas do município.

- **Falta de planejamento das políticas de produção**

A Lei Federal nº 8.171, de 17 de janeiro de 1991, institui a Política Agrícola, fixando os seus fundamentos, instrumentos, objetivos; ela prevê os recursos e estabelece as ações para a Política Agrícola. No artigo 4º desta Lei, fica estabelecido que o planejamento agrícola é um de seus instrumentos (BRASIL,1991) e, segundo seu artigo 9º, o planejamento agrícola deve ser coordenado pelo Ministério da Agricultura e Reforma Agrária (MARA), em articulação com os Estados, o Distrito Federal e os Municípios.

Pelas Figuras 19, 20 e 21, verifica-se que a falta de planejamento das políticas de produção mostra-se como uma causa gerencial de tendência constante e prioridade 1, com relação direta com algumas causas técnicas, entre elas a falta de oportunidade no mercado de trabalho e práticas agrícolas inadequadas.

Segundo o Ministério da Agricultura, a Política Agrícola pode ser definida como um conjunto de atividades direcionadas para o planejamento, financiamento e seguro de produção. Essas podem ser divididas em três grandes linhas de atuação: gestão do risco rural, crédito e comercialização (BRASIL,1991).

### **5.2.3 Causas político-sociais do nível socioeconômico**

- **Má distribuição de renda**

Segundo o Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (2013), o município de Pedras de Fogo apresenta um Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) de 0,590. E para os índices específicos do IDHM, como renda, longevidade e educação, estes apresentam, respectivamente, 0,568; 0,771 e 0,468. Assim como uma taxa de pobreza extrema (proporção de pessoas com renda domiciliar per capita inferior a R\$ 70,00 reais) de 21,35% em 2010 (PNUD, 2013). De acordo com as Figuras 19, 20 e 21, a distribuição de renda apresenta-se com características diferentes (tendência e prioridade) em cada uma das comunidades entorno das nascentes estudadas.

Segundo Bomfim (2013), ao realizar análise da renda familiar por setor censitário pesquisado para as áreas das três nascentes, as comunidades no entorno das nascentes

apresentam de um modo geral um baixo nível de renda familiar. O autor também identificou que a comunidade do entorno da nascente Fazendinha apresenta o menor poder aquisitivo, com apenas R\$ 42,52 de renda por família, principalmente proveniente dos programas sociais do Governo Federal (Bolsa Família, entre outros). Nessa comunidade o problema identificado apresenta uma tendência crescente (Figura 21). A população do entorno da nascente Cacimba da Rosa, apresentou uma renda familiar de R\$ 300,00, demonstrando assim, um desempenho relativamente melhor, com uma tendência constante (Figura 19), principalmente por causa da sua localização periurbana. Então, a população no seu entorno sofre influência direta do nível de renda da zona urbana. Já na comunidade no entorno da nascente Nova Aurora, que possui uma localização rural, foi possível identificar a maior renda familiar com R\$ 335,72 por família, devido à população no seu entorno: sobrevivem quase exclusivamente da agricultura familiar; para essa, o problema foi identificado com tendência decrescente (Figura 20).

Para as três nascentes estudadas foi atribuída prioridade 1 para essa causa político-social identificada. Verifica-se também sua ligação com diversas causas gerenciais, como o mecanismo de financiamento e suporte inadequado e a falta de planejamento das políticas de produção.

- **Falta de política de garantia de preço e de mercado**

As cadeias causais das nascentes Cacimba da Rosa, Nova Aurora e Fazendinha, apresentadas nas Figuras 19, 20 e 21, respectivamente, mostram que a falta de política de garantia de preço e de mercado apresenta-se como uma causa de tendência constante e prioridade 2. Constata-se também sua ligação com a causa técnica falta de planejamento das políticas públicas.

A Política de Garantia de Preços Mínimos (PGPM) instituída pelo Decreto - Lei Nº 79, de 19 de dezembro de 1966 (BRASIL,1966), garante normas para fixação de preços mínimos aos produtores rurais e define a metodologia de cálculo dos mesmos. Segundo o Plano Agrícola e Pecuário 2013/14, a Companhia Nacional de Abastecimento (Conab) é uma empresa pública vinculada ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), cuja função institucional é a de contribuir para a regularidade do abastecimento e garantir a renda ao produtor rural, participando da formulação e execução das políticas agrícolas e de abastecimento. Assim, a Conab elabora propostas que direcionam a tomada de decisão dos

preços mínimos, considerando, principalmente, os custos de produção, de modo a oferecer condições de manter o produtor na atividade.

- **Ineficiência das políticas públicas de planejamento familiar**

O planejamento familiar é um direito de mulheres, homens e casais, sendo amparado pela Constituição Federal, em seu artigo 226, parágrafo 7º, e pela Lei 9.263, de 1996 (BRASIL, 1996), que o regulamenta. O artigo 5º desta Lei diz que é obrigação do Estado prover recursos educacionais e tecnológicos, através do Sistema Único de Saúde, para o exercício desse direito, e também profissionais e técnicos de saúde capacitados para desenvolverem atividades que assegurem o livre exercício do planejamento familiar.

As Figuras 19, 20 e 21 mostram que a ineficiência das políticas públicas de planejamento familiar, apresenta-se como uma causa político-social de tendência constante e prioridade 2. Verifica-se também sua ligação com a causa gerencial, baixa atividade da organização social, que está relacionada com os problemas de níveis socioeconômicos da região estudada.

Segundo Pierre e Clapis (2010), são verificadas dificuldades para a efetiva implementação do planejamento familiar em alguns municípios brasileiros, principalmente, com relação à informação e ao fornecimento de métodos anticoncepcionais. Os autores também alertam que essas dificuldades devem ser identificadas e transferidas para os setores responsáveis por esses serviços, para assim contribuir com o planejamento e programação das atividades, de modo a avaliar prioridades, subsidiando a tomada de decisões e contribuindo para o alcance de melhores resultados em termos de impacto sobre a saúde sexual e reprodutiva da população.

- **Ineficiência de políticas públicas de qualificação profissional**

As Figuras 19, 20 e 21 mostram que a ineficiência das políticas públicas de qualificação profissional no município de Pedras de Fogo apresenta-se como um problema de tendência constante e prioridade 1 e possui forte ligação com a causa gerencial, carência de acesso as inovações tecnológicas.

O Plano Nacional de Qualificação (PNQ), lançado em junho de 2003 foi elaborado como parte do Programa Nacional de Qualificação Social e Profissional. O PNQ foi instituído com o objetivo de orientar a Política Pública de Qualificação Profissional, apoiando-se em

uma avaliação crítica da política anterior e, em particular, no Plano Nacional de Qualificação do Trabalhador (Planfor), que vigorou entre 1995 e 2002.

Oliveira (2007) destaca que em 1990 as políticas públicas de emprego foram consequência, por um lado, das possibilidades institucionais derivadas da Constituição de 1988 de ampliação de direitos sociais; e, por outro, da adoção da orientação neoliberal na conduta do País. O novo panorama teve uma relação direta com a formação do Fundo de Amparo ao Trabalhador (FAT) e com a criação do Conselho Deliberativo do FAT (CODEFAT). Um dos principais programas constituídos por recursos do FAT foi a qualificação profissional – destinada a ações que visam proporcionar ao trabalhador a aquisição de conhecimentos básicos, específicos e/ou de gestão, que facilitem o processo de inserção ou reinserção no mercado de trabalho. Esta foi conduzida, entre 1995 e 2002, por meio do Planfor.

As limitações identificadas com relação ao Planfor fixaram-se principalmente nas seguintes perspectivas: incapacidade de integrar-se efetivamente às demais Políticas Públicas de Trabalho e Renda e de interagir decisivamente com as Políticas Públicas de Educação; fragilidade das Comissões Estaduais e Municipais de Trabalho (CETs e CMTs); baixo grau de institucionalidade da rede nacional de qualificação profissional; ênfase nos cursos de curta duração; fragilidade do seu sistema de planejamento, monitoramento e avaliação (OLIVEIRA, 2007).

### 5.3 Matrizes de fontes de poluição

Segundo a Tabela 2, as fontes de poluição da água das três nascentes estudadas apresentam-se como problema de prioridade 3 e tendência crescente. Várias fontes de poluição pontual e difusa foram detectadas.

A cadeia causal para as fontes de poluição da água foi elaborada para cada uma das três nascentes estudadas. As associações entre as causas técnicas, gerenciais, político-sociais e econômico-culturais e sua importância relativa para as fontes de poluição da água das nascentes estão indicados nas Figuras 22, 23 e 24. No geral, o problema de poluição nas áreas das nascentes apresentou causas similares, porém com tendências diferentes.

Constata-se pelas Figuras 22, 23 e 24 que as principais causas técnicas detectadas foram: uso de agrotóxico; resíduos agropecuários; efluente industrial; esgoto doméstico; ocupação desordenada do solo; lavagem de veículos e animais; resíduos sólidos domésticos. Com relação às causas gerenciais, foram identificados: falta de controle na comercialização do agrotóxico; descumprimento da legislação relativa ao uso dos agrotóxicos e ao destino das embalagens; insuficiência ou falta de coleta, tratamento e destinação final de esgoto doméstico e resíduos sólidos. Já as causas político-sociais foram: falta de um programa adequado de educação ambiental; falta de aplicação do Código Florestal (Lei Nº 12.651/2012); falta de aplicação da Lei Federal do Saneamento Básico (Lei Nº 11.445/07); falta de aplicação da Política Nacional de Resíduos Sólidos. Por fim, as causas econômico-culturais identificadas foram: educação ambiental precária; a falta de consciência coletiva no trato do bem público e a tradição de atividades econômicas.

Figura 22 – Matriz de cadeia causal – fontes de poluição nas áreas em torno da nascente Cacimba da Rosa – Pedras de Fogo – PB

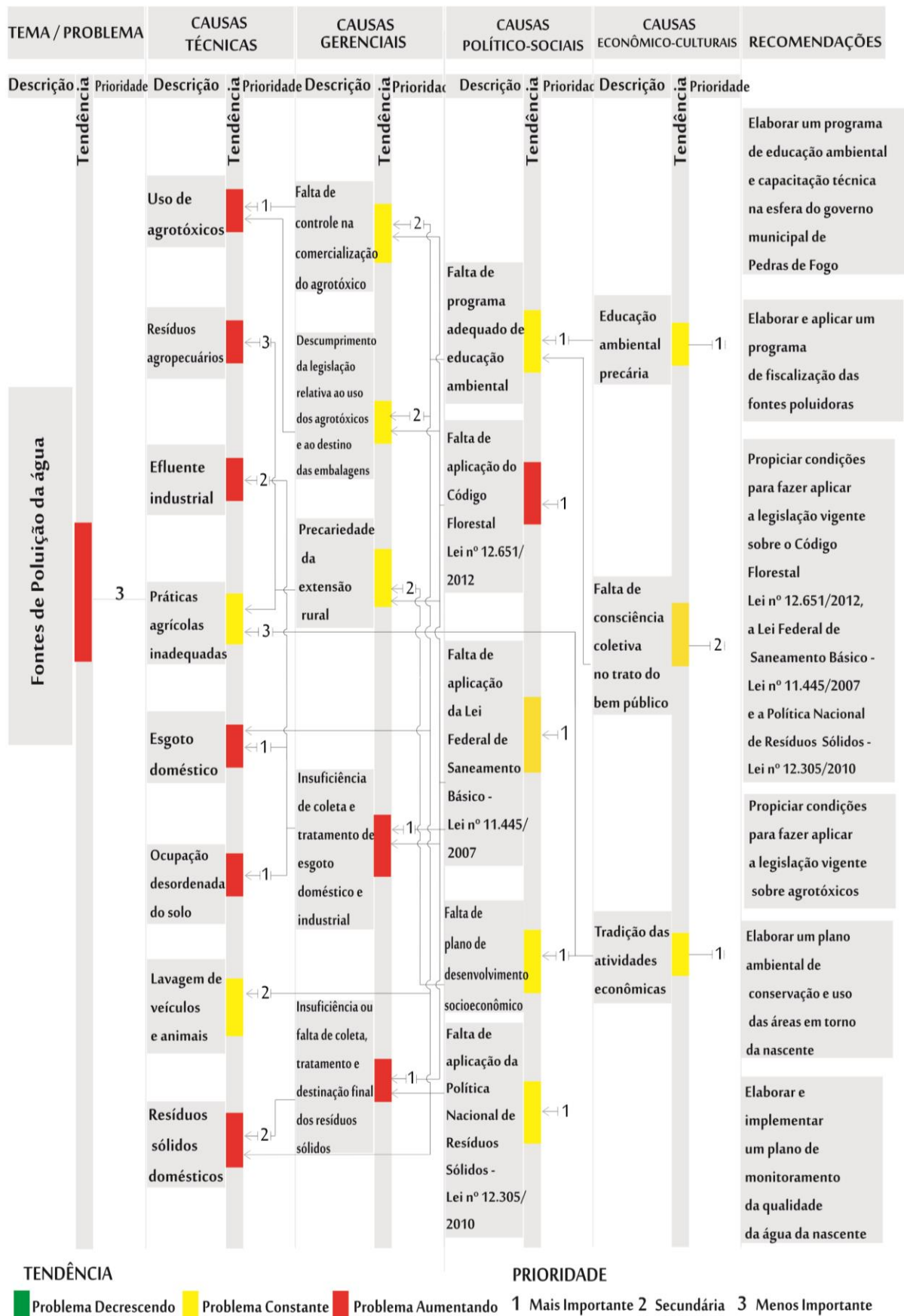


Figura 23 – Matriz de cadeia causal – fontes de poluição nas áreas em torno da nascente Nova Aurora – Pedras de Fogo – PB

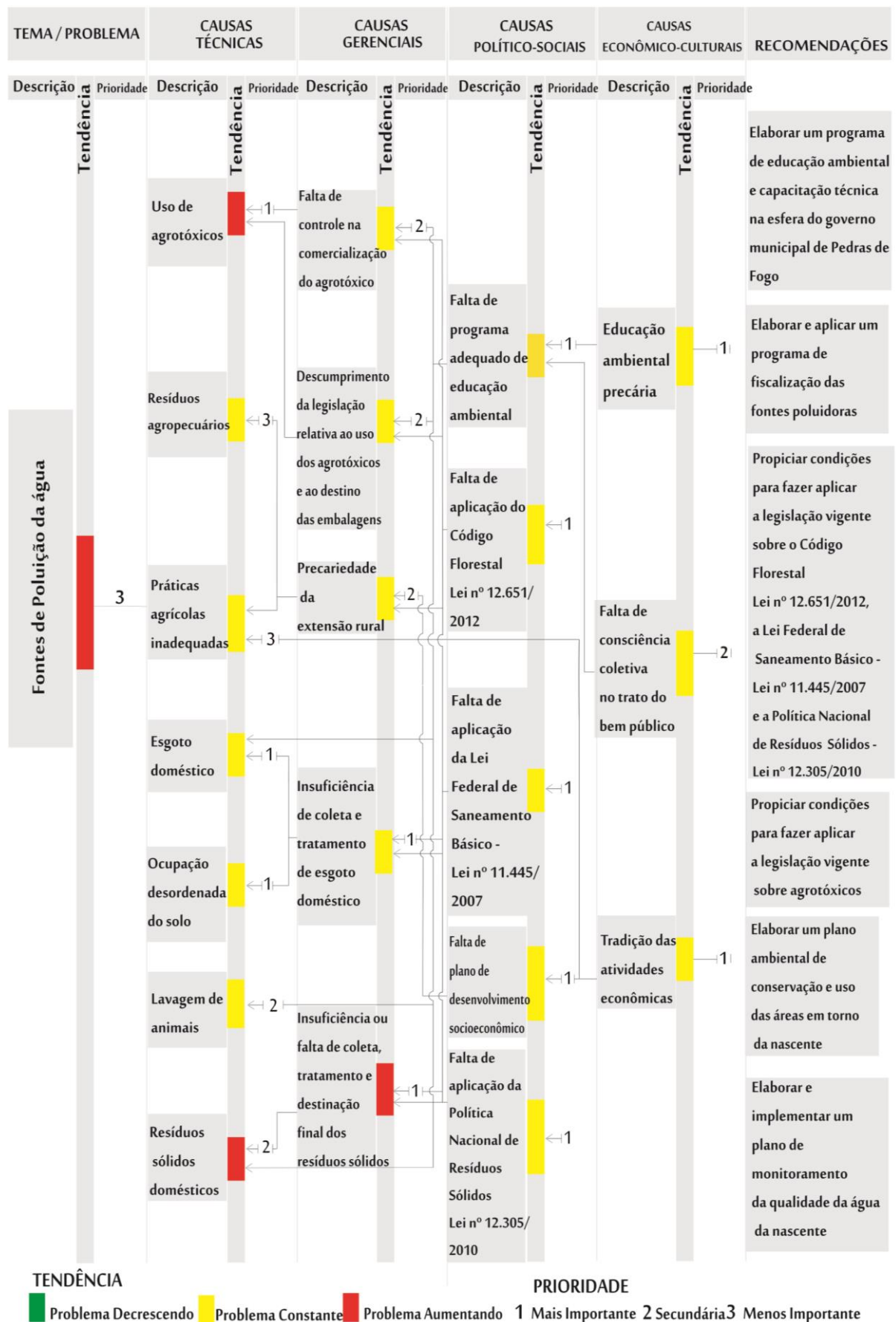
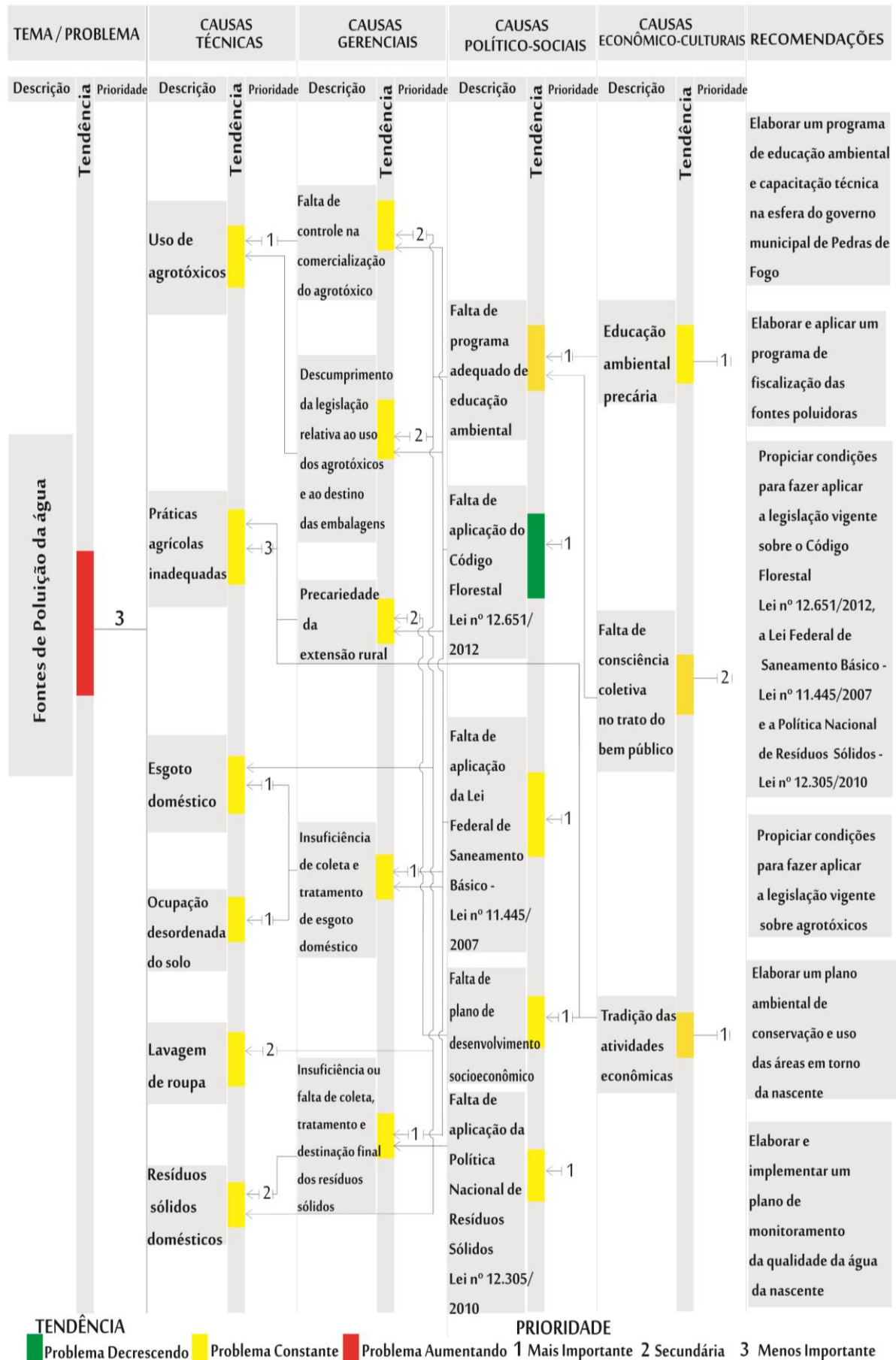


Figura 24 – Matriz de cadeia causal – fontes de poluição nas áreas em torno da nascente Fazendinha – Pedras de Fogo – PB



### 5.3.1 Causas técnicas de fontes de poluição

- **Uso agrotóxico**

As Figuras 22, 23 e 24 mostram que o uso de agrotóxico no entorno da área das nascentes apresenta-se como um problema de prioridade 1 e tendência crescente, exceto para a área no entorno de Fazendinha, que possui uma tendência constante (Figura 24). De acordo com Baird (2002), os defensivos agrícolas ou agrotóxicos são substâncias que podem matar diretamente um organismo indesejável ou controlá-lo de alguma maneira, como, por exemplo, interferindo no seu ciclo reprodutivo. Podem ser classificados: a partir da função (organismo - alvo); da estrutura química de suas substâncias ativas; e segundo os efeitos nocivos à saúde humana e ao ambiente.

Campos et al. (2013) afirmam que as recomendações da Portaria Interministerial dos Ministérios da Agricultura e da Saúde- MA/MS Nº 220 de 14/03/79, exigem a padronização da rotulagem dos agrotóxicos para orientar o agricultor de forma segura a partir da visualização do seu grau de toxidez para a saúde humana e o ambiente. A rotulagem foi padronizada pelo Ministério da Saúde da seguinte forma:

- Classe toxicológica I: produto no qual se concentram compostos químicos considerados altamente tóxicos para o ser humano, apresentando tarjeta na cor vermelha na embalagem do produto;
- Classe toxicológica II: produto considerado medianamente tóxico para o ser humano, apresentando tarjeta na cor amarela na embalagem do produto;
- Classe toxicológica III: produto considerado pouco tóxico ao ser humano, apresentando tarjeta na cor azul na embalagem do produto;
- Classe toxicológica IV: produto praticamente considerado não-tóxico para o ser humano, apresentando tarjeta na cor verde na embalagem.

Com relação à sua função, ou seja, ao organismo alvo de seu princípio ativo, os agrotóxicos podem ser classificados em inseticidas (controle de insetos), fungicidas (controle de fungos), herbicidas (combate às plantas invasoras), fumigantes (combate às bactérias do solo), nematicidas (combate aos nematoides), moluscicidas (combate aos moluscos), acaricidas (combate aos ácaros), além de reguladores de crescimento, desfoliantes (combate às folhas indesejadas) e dissecantes, entre outros (BAIRD, 2002).

- **Resíduos agropecuários**

As Figuras 22 e 23 mostram que os resíduos agropecuários em torno da área dessas nascentes apresentam-se como um problema de prioridade 3. Para Cacimba da Rosa, essa causa técnica apresenta-se com tendência crescente (Figura 22). Já em Nova Aurora, foi identificada uma tendência constante (Figura 23).

A agropecuária faz parte do setor produtivo. Este segmento envolve atividades de produção agrícola como lavoura, pecuária e extração vegetal. Pode ser compreendida como a soma das operações de produção agrícola e itens produzidos. Desse modo, o setor engloba os fornecedores de bens e serviços à agropecuária, aos produtos agrícolas, aos processadores, transformadores e distribuidores envolvidos na geração e fluxo dos produtos agropecuários.

Os resíduos agropecuários incluem todos aqueles gerados nas atividades produtivas nas zonas rurais, sejam agrícolas, florestais ou pecuários. Os resíduos agrícolas são aqueles produzidos no campo, resultantes das atividades de colheita dos produtos agrícolas. No caso da pecuária, os resíduos são constituídos por estercos e outros produtos resultantes da atividade biológica do gado bovino, suíno, caprino, entre outros (RESÍDUOS NO BRASIL, 2009).

Segundo Filgueira et al. (2010), no entorno das nascentes Cacimba da Rosa e Nova Aurora ocorre o cultivo de pequenas lavouras, também chamadas de “lavouras brancas”. Na sua maioria os agricultores são assentados pelo INCRA e têm baixa rentabilidade, uma vez que, plantam, com o objetivo maior de sustentar suas famílias, sendo comercializado somente o que sobra, em feiras livres da região. Os autores também afirmam que o cultivo de culturas anuais como a cana-de-açúcar e o abacaxi ocorre em algumas áreas, em virtude do estímulo de indústrias sucroalcooleiras estabelecidas na região.

Entre as fontes de poluição identificadas nas áreas em torno das nascentes pelas atividades agrícolas, pode-se destacar o consumo de agrotóxicos e fertilizantes. Em menor escala, também se faz presente nessas áreas a exploração pecuária arcaica e sem controle técnico, com produção de resíduos sólidos compostos, principalmente de esterco de gado que, geralmente, são eliminados de forma inadequada podendo trazer diversas consequências como a contaminação das águas superficiais e subterrâneas com microrganismos patogênicos e também com alta concentração de nutrientes, tornando-as impróprias para consumo. Costa (2011) afirma que a presença desses animais, como o caso de bovinos, favorece o aumento dos níveis de degradação, pelo pisoteio constante, compactando assim, o solo.

- **Efluente industrial**

Na Figura 22, correspondente à cadeia causal da nascente Cacimba da Rosa, pode-se verificar que a geração e lançamento do efluente industrial sem nenhum tratamento na área em torno da nascente, apresenta-se como um problema de prioridade 2 e tendência crescente.

Nas frequentes inspeções ao campo, constatou-se que a nascente Cacimba da Rosa, dentre as estudadas, apresenta um processo mais acelerado de degradação, principalmente devido à existência de uma casa de farinha a montante e bem próxima a sua área de captação de água (Figura 25). De acordo com Costa (2011), há uns quinze anos, essa casa de farinha foi construída, contribuindo de forma significativa para o aumento dos níveis de degradação, principalmente, pela manipueira produzida e jogada a céu aberto em sua direção a nascente (Figura 26).

Figura 25 – Casa de farinha a montante e bem próxima a área de captação da nascente Cacimba da Rosa – Pedras de Fogo – PB



Foto: Bomfim (2013).

Figura 26 – Lançamento da manipueira em direção à nascente Cacimba da Rosa – Pedras de Fogo – PB



Fotos: Hamilcar José Almeida Filgueira (2014)

Segundo Ferreira et al. (2001), a agroindústria da mandioca, produz subprodutos sólidos (casca marrom, entrecasca, descarte) e líquido (manipueira) que, quando dispostos indevidamente, tornam-se um risco de contaminação para o ambiente. A manipueira é a água extraída da raiz ou do suco celular misturada à água de lavagem das raízes que é gerada no momento da prensagem da massa ralada para a confecção da farinha de mesa.

Além disso, os autores relatam que os problemas ambientais ocasionados pela disposição inadequada deste resíduo ocorrem, principalmente, pelo elevado valor de sua demanda bioquímica de oxigênio (DBO), associado ao grande volume de matéria orgânica produzida. O valor médio da DBO da manipueira varia de 14.000 até 34.000 mg/L. E o volume varia de 300 a 3.000 L por tonelada de raízes processadas, dependendo de se tratar da produção de farinha de mesa ou de fécula, respectivamente.

Para Santos (2009), a poluição ambiental procedente da manipueira, restringe fisicamente os locais de produção de farinha de mandioca pela formação de consideráveis volumes deste líquido, podendo apresentar variadas concentrações de matéria orgânica e potencial tóxico. O autor também afirma que essa toxidez é decorrente de um glicosídeo, denominado linamarina, presente em todas as partes da planta e que por hidrólise origina a glicose, a acetona e o ácido cianídrico, sendo este último um tóxico dos mais poderosos e que pode afetar células nervosas.

Segundo Fioretto (1994 apud FERREIRA et al, 2001), quando realizada a comparação da DBO de despejos orgânicos, gerados por esta atividade agroindustrial, com a contribuição normal "per capita" de esgotos domésticos, em uma relação denominada de "população equivalente". Considerando-se o índice equivalente em DBO (5 dias, 20 °C) de 54 gramas/habitante/dia, uma fecularia e uma casa de farinha que processem, individualmente, uma tonelada de raízes por dia, equivalem, respectivamente, à poluição causada por 200 a 300 e 150 a 200 habitantes/dia.

- **Lavagem de roupa**

Na Figura 24, pode-se verificar que a prática da lavagem de roupa na sua área de captação de água apresenta-se como uma causa técnica de prioridade 2 e tendência constante para a poluição da água. Segundo Bomfim (2013), na nascente Fazendinha a prática de lavagem de roupas é comum, e lá são descartadas muitas embalagens de produtos de limpeza (Figura 27), podendo causar danos à fauna e flora locais, assim como pode contribuir para alteração da qualidade do solo e da água.

Figura 27 – Descarte inadequado de resíduos sólidos na área em torno da nascente Fazendinha – Pedras de Fogo – PB



Fotos: autora (2014)

- **Esgoto doméstico**

Nas Figuras 22, 23 e 24, pode-se verificar que o esgoto doméstico apresenta-se como uma causa técnica de prioridade 1 para a poluição da água. Para a nascente Cacimba da Rosa, este apresenta tendência crescente, e para as demais tendências, constante. Segundo Bomfim (2013), a área circunvizinha à nascente Cacimba da Rosa é a que tem maior densidade populacional, com 7,057 hab./km<sup>2</sup>. Assim, essa nascente, de localização periurbana, enfrenta uma pressão antrópica maior, devido a concentração maior de habitantes. Já as nascentes Nova Aurora e Fazendinha, localizadas na zona rural apresentaram uma densidade populacional menor do que 1 hab./km<sup>2</sup>, e por isso enfrentam uma pressão antrópica menor.

O esgoto doméstico é aquele que procede, principalmente, de residências, estabelecimentos comerciais, instituições ou quaisquer edificações que dispõem de instalações com banheiros, lavanderias e cozinhas. É constituída por resíduos humanos (fezes e urina) e águas produzidas nas diversas atividades diárias, como asseio corporal, preparo de alimento, lavagem de roupas e utensílios domésticos (VON SPERLING, 2005).

Segundo Paim et al. (2011), um grave problema para a qualidade da água é o lançamento, sem nenhum tratamento, de esgoto domiciliar em rios e represas que abastecem as cidades e irrigam as plantações. Bomfim (2013) relata que o processo de degradação da qualidade da água e do solo na área de estudo foi potencializado pela inexistência de infraestrutura de saneamento na zona urbana e rural de Pedras de Fogo.

- **Ocupação desordenada do solo**

As Figuras 22, 23 e 24 mostram que a ocupação desordenada do solo no entorno da área das nascentes é uma causa técnica da poluição da água com prioridade 1 e tendência constante, exceto para a área no entorno da nascente Cacimba da Rosa, que apresenta uma tendência crescente (Figura 22).

Segundo Rodrigues et al. (2009), a ocupação desordenada do solo vem acarretando uma série de impactos nas bacias hidrográficas em todo mundo, devido a atividades de desmatamentos, queimadas, práticas agrícolas inadequadas, atividades extrativistas agressivas, ocupações urbanas desordenadas gerando a impermeabilização dos solos, alteração da topografia, lançamento de esgotos industriais e domésticos nos rios e lagos, erosão das margens e assoreamento dos cursos d'água, entre outras.

Filgueira et al. (2010) afirmam que, na área em torno das nascentes Cacimba da Rosa, Nova Aurora e Fazendinha, a urbanização sem planejamento avança pelo campo, levando consigo todas as adversidades de degradação de natureza antrópica, como o desmatamento, a poluição das águas e o mau uso do solo.

- **Lavagem de veículos e animais**

Pode-se verificar pelas Figuras 22 e 23 que a lavagem de animais na água das nascentes Cacimba da Rosa e Nova Aurora apresentam-se como uma causa técnica da poluição da água de prioridade 2 e tendência constante. Segundo Costa (2011), nas nascentes Cacimba da Rosa e Nova Aurora, bovinos, equinos e caprinos são introduzidos pela população do seu entorno, de forma inadequada, tanto para dessedentação como para banhos dos animais diretamente nas nascentes. Além disso, esses animais compactam o solo, pelo pisoteio constante acarretando consequências aos recursos hídricos, principalmente, porque nessas áreas compactadas a infiltração é bem menor do que em áreas florestais.

Na Figura 22 também pode-se verificar que a lavagem de veículos na área de captação da nascente Cacimba da Rosa, apresenta-se como uma causa técnica de prioridade 2 e tendência constante. De acordo com Bomfim (2013), nessa nascente são introduzidos veículos e caminhões pela comunidade do seu entorno, os quais utilizam a água para lavagem. Nas frequentes visitas à nascente, verificou-se que várias estacas da cerca de proteção foram derrubadas para facilitar a entrada de veículos. Percebe-se assim que existem problemas de educação ambiental e de gestão pública dos recursos hídricos na região.

- **Resíduos sólidos domésticos**

As Figuras 22, 23 e 24 mostram que os resíduos sólidos domésticos aparecem como uma causa técnica de prioridade 1. Para Cacimba da Rosa, a tendência dessa causa técnica de poluição das águas é crescente (Figura 22). Já nas áreas de entorno das nascentes Nova Aurora (Figura 23) e Fazendinha (Figura 24) a tendência é constante.

A disposição inadequada dos resíduos sólidos tem sido recorrente, tanto na área urbana como na rural. Para Ferreira e Anjos (2001), apesar de não existirem dúvidas sobre a importância da atividade de limpeza urbana para o meio ambiente e para a saúde pública, esta percepção não se tem manifestado em ações efetivas que ocasionem mudanças qualitativas na

situação negativa em que se encontra a maioria dos sistemas de gerenciamento de resíduos sólidos em toda a América Latina, inclusive no Brasil.

De acordo com a Lei Federal Nº 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010), consideram-se resíduos sólidos, pelo efeito de Lei:

Todo material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.

Nesse contexto, foi definida pela ABNT na sua norma NBR10004 (ABNT, 2004), a classificação dos resíduos sólidos de acordo com a periculosidade, da seguinte forma:

- Resíduos Perigosos (Classe I): são aqueles resíduos sólidos ou mistura de resíduos que, em função de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade, podem apresentar riscos à saúde pública, provocando ou contribuindo para um aumento de mortalidade ou incidência de doenças e/ou apresentar efeitos adversos ao meio ambiente, quando manuseados ou dispostos de forma inadequada. Os resíduos que recebem esta classificação requerem cuidados especiais de destinação;

- Resíduos Não Perigosos (Classe II): resíduos sólidos que não apresentam nenhuma das características acima, e podem ainda ser classificados em dois subtipos:

- Resíduos Não Inertes (Classe II A): são aqueles resíduos sólidos ou mistura de resíduos sólidos que não se enquadram na Classe I (perigosos) ou na Classe III (inertes). Estes resíduos podem ter propriedades tais como: combustibilidade, biodegradabilidade, ou solubilidade em água; e,

- Resíduos Inertes (Classe II B): são aqueles resíduos sólidos ou mistura de resíduos sólidos que, submetidos a testes de solubilização não têm nenhum de seus constituintes solubilizados, em concentrações superiores aos padrões de potabilidade de águas, excetuando-se os padrões: aspecto, cor, turbidez e sabor. Como exemplo destes materiais podem ser citados: rochas, tijolos, vidros e certos plásticos e borrachas que não são decompostos prontamente.

### 5.3.2 Causas gerenciais de fontes de poluição

- **Falta de controle na comercialização do agrotóxico e descumprimento da legislação relativa ao seu uso e ao destino das embalagens.**

Segundo mostrado nas Figuras 22, 23 e 24, a falta de controle na comercialização do agrotóxico e o descumprimento da legislação relativa ao seu uso e ao destino das embalagens, apresentam-se como uma causa gerencial de poluição das águas de tendência constante e prioridade 2, diretamente relacionada com várias causas técnicas como o uso de agrotóxico.

Segundo Bomfim (2013), em estudo realizado no alto curso da bacia do rio Gramame, com os usos e usuários das águas das nascentes, constatou-se que a aplicação de agrotóxicos, é uma atividade comum nas áreas em torno das captações de água das nascentes estudadas, principalmente, na cultura da cana-de-açúcar em larga escala e pequenas lavouras como batata-doce, mandioca, inhame, abacaxi, entre outras. O autor também alerta que, conforme informação do técnico agrícola da Secretaria Municipal de Meio Ambiente do município de Pedras de Fogo, a aplicação desses produtos químicos ocorre sem nenhum acompanhamento técnico tanto nos assentamentos quanto nas áreas periurbanas do município. Ainda segundo o mesmo, os agricultores descartam as embalagens dos agrotóxicos de forma inadequada.

O Decreto nº 4.074, de 04 de janeiro de 2002, que regulamenta a Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências.

De acordo com esse Decreto, as empresas que possuem registros de produtos agrotóxicos no Brasil ficam obrigadas a apresentar semestralmente aos órgãos registrantes relatório de comercialização desses produtos, com dados referentes às quantidades de agrotóxicos, seus componentes e afins importados, exportados, produzidos, formulados e comercializados, de acordo com a Lei nº 7.802, de 11/7/89 (BRASIL, 1989).

Segundo Rebelo et al. (2010), os relatórios a que se refere o Decreto nº 4.074, de 04 de janeiro de 2002, permitem o acompanhamento das quantidades de agrotóxicos comercializados no País, assim como das importações e exportações desses produtos. Essa

informação é estratégica para diversos fins, não somente no âmbito do trabalho do IBAMA, como dos demais órgãos e níveis da administração pública e para a sociedade.

De acordo com o art. 64 do Decreto nº 4.074 de 2002 (BRASIL, 2002), os agrotóxicos e afins só deverão ser comercializados diretamente com o usuário mediante apresentação de receituário agrônômico próprio emitido por profissional legalmente habilitado. Ainda de acordo com esse Decreto, seu art. 57 estabelece que as empresas titulares de registro, produtoras e comercializadoras de agrotóxicos, são responsáveis pelo recolhimento, pelo transporte e pela destinação final das embalagens vazias, devolvidas pelos usuários aos estabelecimentos comerciais ou aos postos de recebimento, bem como, dos produtos por elas fabricados e comercializados.

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) recomenda que o descarte de resíduos, embalagens vazias e produtos contaminados com agrotóxicos devem ter rígido controle no manuseio e descarte. As embalagens vazias e os equipamentos utilizados devem ser lavados ainda no campo (tríplice lavagem) e, somente aí levados até uma central de recebimento para que possam seguir ao seu destino final para reaproveitamento (EMBRAPA, 2003).

- **Insuficiência ou falta de coleta, tratamento e destinação final de esgoto industrial, doméstico e dos resíduos sólidos**

Como mostrado nas Figuras 22, 23 e 24, a insuficiência ou falta de coleta, tratamento e destinação final de esgoto industrial, doméstico e dos resíduos sólidos, apresentam-se como causa gerencial da poluição de prioridade 1. Para Cacimba da Rosa, essa causa apresenta tendência crescente (Figura 22). Para as nascentes Nova Aurora e Fazendinha a tendência é constante (Figuras 23 e 24). Essa causa gerencial está diretamente relacionada com várias causas técnicas, entre elas podem ser destacadas os efluentes industrial e doméstico, assim como os resíduos sólidos domésticos.

O Atlas Brasil 2013 do PNUD afirma que cerca de 82,67% das residências localizadas na zona urbana do município de Pedras de Fogo, tem água encanada e 99,70 % são atendidas com a coleta de lixo (PNUD, 2013). Segundo Bomfim (2013), apesar de a nascente Cacimba da Rosa ter uma localização periurbana, cerca de 28% das residências do seu entorno não estão interligados a rede de abastecimento de água. Também, no entorno da nascente Fazendinha, 73% da comunidade utiliza água de poço ou de nascente como fonte de abastecimento. No caso da nascente Nova Aurora, esse percentual é ainda maior, ou seja,

80%. Dessa forma, a situação das residências localizadas na zona rural apresenta um caráter crítico com relação ao abastecimento e água. Assim, a preservação das nascentes assume papel fundamental para a qualidade de vida da população.

Com relação ao lançamento de esgoto doméstico verificou-se que a maioria dos domicílios do município não está interligada à rede coletora de esgotos, sendo os seus efluentes destinados para fossas rudimentares, popularmente chamadas de “fossas negras”. Constatou-se também que apenas 15% da zona urbana está interligada à rede de coleta e de transporte de esgoto doméstico. A região apresenta, assim, uma situação de grande risco de poluição e contaminação dos recursos hídricos e ambientais, com repercussão na saúde do homem.

De acordo com as informações da Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Pedras de Fogo, apesar da cobertura de 99,70 % dos domicílios com coleta de lixo, na zona urbana, a maioria dos resíduos são destinados a um lixão a céu aberto. A Figura 28 mostra a disposição inadequada dos resíduos no município de Pedras de Fogo (Fazenda Bulhões – próximo ao assentamento Novo Canaã), provocando intensa proliferação de urubus, insetos, entre outros transmissores de doenças. Constata-se, então, a formação de um lixão. Essa situação representa uma séria ameaça à saúde pública e ao meio ambiente com destaque para a poluição das águas superficiais e subterrâneas, pelos próprios resíduos e também pelo chorume proveniente da decomposição do lixo depositado no solo. No lixão é comum a prática inadequada de queimar (Figura 29) ou enterrar os resíduos.

Segundo Bomfim (2013), na zona rural do município, onde estão localizadas as nascentes Nova Aurora e Fazendinha, o serviço de coleta de resíduos nas residências é inexistente, ocorrendo atividades inadequadas, como: a queimada dos resíduos, lançamento a céu aberto, entre outros. Além disso o autor supracitado alerta para a ausência de um sistema de transporte e tratamento de resíduos sólidos e de efluentes domésticos no município de Pedras de Fogo.

Figura 28 – Pontos de acúmulo de lixo a céu aberto no município de Pedras de Fogo (Fazenda Bulhões) – PB



Fotos: autora (2014)

Figura 29 – Pontos onde ocorre a prática inadequada de queima de resíduos sólidos, no município de Pedras de Fogo (Fazenda Bulhões) – PB



Fotos: autora (2014)

### 5.3.3 Causas político-sociais de poluição da água

- **Falta de um programa adequado de educação ambiental**

Segundo mostrado nas Figuras 22, 23 e 24, a falta de um programa adequado de educação ambiental foi identificada como causa político-social da poluição de tendência constante e prioridade 1, com exceção da comunidade em torno da nascente Fazendinha que apresentou tendência crescente, devido ao nível de escolaridade mais baixo das áreas estudadas. Verifica-se também sua ligação com diversas causas gerenciais, entre elas a falta de controle na comercialização do agrotóxico, o descumprimento da legislação relativa ao uso dos agrotóxicos e ao destino das embalagens.

De acordo com a Lei Federal Nº 9.795/1999 (BRASIL, 1999), que instituiu a Política Nacional de Educação Ambiental, consideram-se educação ambiental “os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial a sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade”. Por meio dessa Lei, foi determinada a obrigatoriedade da Educação Ambiental, desenvolvida como uma prática educativa integrada e permanente em todos os níveis e modalidades do ensino formal da educação brasileira.

O Programa Nacional de Educação Ambiental (PRONEA) é coordenado pelo órgão gestor da Política Nacional de Educação Ambiental. Suas ações destinam-se a assegurar, no contexto educativo, a integração equilibrada das múltiplas dimensões da sustentabilidade ambiental, social, ética, cultural, econômica, espacial e política - ao desenvolvimento do País, resultando em uma melhor qualidade de vida para toda a população brasileira, por intermédio do envolvimento e participação social na proteção e conservação ambiental e da manutenção dessas condições ao longo prazo (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2005).

- **Falta de aplicação do Código Florestal, Lei Federal Nº 12.651/2012.**

Como visto nas Figuras 22, 23 e 24, a falta de aplicação do Código Florestal (BRASIL, 2012) apresenta-se como uma causa político-social da poluição das águas das nascentes de prioridade 1, assim como está diretamente relacionada a várias causas gerenciais, destacando-se entre elas a insuficiência ou falta de coleta, tratamento e destinação final de esgoto industrial, doméstico e dos resíduos sólidos.

De acordo com o Código Florestal, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, consideram-se de preservação permanente áreas rurais ou urbanas, no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros. Com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.

Em Cacimba da Rosa, a tendência dessa causa é crescente, devido ao seu entorno, que se encontra bastante compactado e antropizado, e no qual pode-se perceber a extinção das espécies da fauna e flora nativas, com a predominância do cultivo de diferentes culturas. Nas atividades de campo também foi possível observar que o trabalho de cercamento realizado no seu entorno pelo projeto "Restauração das nascentes do rio Gramame" em um raio de 25 metros, que foi o limite permitido pelo proprietário da área, apesar da legislação vigente prescrever um raio de proteção de 50m. Constatou-se que a maioria das estacas da cerca foram derrubadas, pela população local para entrada de animais e caminhões.

Para Nova Aurora a tendência é constante, por não apresentar os 50 metros de vegetação natural no seu entorno, assim como também a flora e fauna nativas foram gradativamente reduzidas, para a exploração agrícola, principalmente, para cultura da cana-de-açúcar. Nessa nascente o Projeto "Restauração das nascentes do rio Gramame" também realizou o trabalho de cercamento ao seu entorno. Já com relação a Fazendinha, a área não foi desmatada e nem compactada de forma a necessitar de reflorestamento, sendo identificada uma tendência decrescente.

- **Falta de aplicação da Lei Federal do Saneamento Básico Nº 11.445/07**

Como mostrado nas Figuras 22, 23 e 24, a falta de aplicação da Lei Federal do Saneamento Básico, Nº 11.445/07 (BRASIL, 2007) foi considerada como uma causa político-social da poluição das águas das nascentes de tendência constante e prioridade 1. Verifica-se também sua ligação com diversas causas gerenciais, entre elas a insuficiência ou falta de coleta, tratamento e destinação final de esgoto industrial, doméstico e dos resíduos sólidos.

De acordo com o Decreto Nº 8.211/2014 (BRASIL, 2014) que altera o Decreto Nº 7.217/2010 (BRASIL, 2010), e regulamenta a Lei do Saneamento Básico é obrigação do gestor municipal, elaborar o Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) até dezembro de 2015. O prazo final era em 2014, mas foi prorrogado pelo fato de muitos municípios não terem conseguido elaborar seu plano. O PMSB é um dos instrumentos da Política de

Saneamento Básico do município que deve definir as funções de gestão dos serviços públicos de saneamento e estabelecer a garantia do atendimento essencial à saúde pública, os direitos e deveres dos usuários, o controle social, sistemas de informação, entre outros.

A Lei Federal do Saneamento Básico estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico e o definiu como o conjunto de serviços de abastecimento público de água potável; coleta, tratamento e disposição final adequada dos esgotos sanitários; drenagem e manejo das águas pluviais urbanas, além da limpeza urbana e o manejo dos resíduos sólidos. A limpeza urbana e o manejo de resíduos sólidos considerados na Lei como serviços públicos são compostos pelas atividades de: coleta, transbordo e transporte dos resíduos; triagem para fins de reuso ou reciclagem; tratamento, incluindo compostagem e disposição final dos resíduos. Refere-se também ao lixo originário da varrição, capina e poda de árvores em vias e logradouros públicos e outros serviços de limpeza pública urbana.

Referente ao Decreto Nº 7.217/2010, conforme seu artigo 9, fica determinado que os serviços públicos de esgotamento sanitário são constituídos por atividades, como coleta; transporte; tratamento e disposição final dos esgotos sanitários e dos lodos originários da operação de unidades de tratamento coletivas ou individuais, inclusive fossas sépticas”.

- **Falta de aplicação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei Nº 12.305/2010)**

A Lei Federal 12.305/2010 (BRASIL, 2010), que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, exige dos setores públicos ou privados a transparência no gerenciamento de seus resíduos através da elaboração de Planos de Gerenciamento de Resíduos. Nessa Lei, conforme o artigo 16, está determinado que os estados e municípios só terão acesso a recursos da União destinados ao setor se elaborarem seus Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos.

Além disso, no artigo 7º da Lei supracitada, são apresentados seus principais objetivos, tais como, proteger a saúde pública e a qualidade ambiental; não gerar, reduzir, reutilizar, reciclar e tratar os resíduos sólidos, assim como realizar a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos; estimular a adoção de padrões sustentáveis de produção e de consumo de bens e serviços; incentivar à indústria da reciclagem, tendo em vista fomentar o uso de matérias-primas e insumos derivados de materiais recicláveis e reciclados, a gestão integrada de resíduos sólidos, entre outros.

Como visto nas Figuras 22, 23 e 24, a falta de aplicação da Lei nº 12.305/2010 apresenta-se como uma causa político-social de poluição das águas das nascentes de tendência

constante e prioridade 1, assim como, está diretamente relacionada com várias causas gerenciais, entre elas a insuficiência ou falta de coleta, tratamento e destinação final de esgoto e dos resíduos sólidos.

A referida Lei também prevê, em seu artigo 3, que a disposição adequada de resíduos se refere aos processos de reutilização, reciclagem, compostagem, recuperação, aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA), entre elas a disposição final, a distribuição ordenada de rejeitos em aterros, cumprindo assim, as normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública, a segurança e a minimização dos impactos ambientais adversos.

### **5.3.4 Causas econômico-culturais de poluição**

- **Educação ambiental precária**

As Figuras 22 e 23 mostram que a educação ambiental precária foi identificada como uma causa econômico-cultural de tendência constante e prioridade 1, exceto para os habitantes da comunidade em torno da nascente Fazendinha que apresentou tendência crescente, devido a esta possuir o mais baixo nível de escolaridade das áreas estudadas com uma taxa de alfabetizados correspondendo ao percentual médio de 60% (Figura 24). Verifica-se, também, sua relação direta com as seguintes causas político-sociais: faltam um programa adequado de educação ambiental e a aplicação do Código Florestal.

De acordo com Bomfim (2013), a população circunvizinha das nascentes estudadas geralmente apresenta carência de educação ambiental, fator que influencia diretamente nos níveis de degradação das nascentes. Assim, faz-se necessário realizar investimentos nas questões de educação ambiental e no gerenciamento dos recursos hídricos da região.

- **Tradição de atividades econômicas**

Segundo ilustrado nas Figuras 22, 23 e 24, a tradição das atividades econômicas foi identificada como uma causa econômico-cultural de poluição de tendência constante e prioridade 2. Verifica-se também sua ligação direta com a causa político-social, a falta de um plano de desenvolvimento socioeconômico; e com a causa técnica, as práticas agrícolas inadequadas.

De acordo com Costa (2011), as principais atividades econômicas da área de influência direta das nascentes são a prática agrícola e atividades pecuárias arcaicas, sem controle técnico. Assim, destacam-se no município de Pedras de Fogo as atividades de cultivo de subsistência (milho, feijão, fava, abacaxi e batata-doce), principalmente de cana-de-açúcar para produção de álcool, além do expressivo cultivo de mandioca que ocupa uma área de 600 hectares. Com relação à pecuária destaca-se, em maior proporção, a criação de bovinos. Entre as atividades agropecuárias do município, a de maior importância é o cultivo da cana-de-açúcar (Figura 30) que ocupa uma área de 18 mil hectares no município (IBGE, 2013).

Figura 30 – Plantação de cana-de-açúcar na zona rural de Pedras de Fogo – PB



Foto: autora (2014)

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

A aplicação da matriz de cadeia causal permitiu construir, para os principais problemas detectados na área estudada, as relações casuais e elencar as diretrizes para estabelecer a viabilidade ambiental das nascentes Cacimba da Rosa, Nova Aurora e Fazendinha. Pelo padrão de associações e relações entre os diferentes impactos e suas causas técnicas, verificou-se a complexidade de interações observadas nas áreas das nascentes. Dessa forma, cada causa técnica, gerencial, político-social e econômico-cultural não deve ser analisada separadamente, pois, elas podem ter efeito sinérgico na geração de impactos. Um determinado impacto pode ser intensificado, quando diferentes causas se somam ou quando diferentes impactos resultam em outro.

No entanto, alguns problemas e causas podem ser destacadas, como a causa técnica: análise físico-química da água das nascentes estudadas, que revelaram, de uma forma geral, valores médios dos parâmetros de qualidade dentro dos limites máximos permitidos pela Resolução Conama nº357/2005 para as classes, I e II, com exceção da DBO e nitrato para a nascente Cacimba da Rosa. A área em torno da nascente Cacimba da Rosa enfrenta um nível de degradação mais avançado do que na das outras nascentes analisadas, devido principalmente, ao processo de aterramento, ocasionado pela movimentação de terra provocada pelas chuvas, juntamente, com o despejo de manipueira produzida por uma casa de farinha a montante e bem próximo à captação de água desta. Também foi verificada a ocorrência de uma forte relação entre os problemas de poluição e degradação ambiental com as diversas causas de natureza socioeconômica identificada nas áreas em torno das referidas nascentes.

O problema apontado de maior destaque, que são os conflitos pelo uso da água, é também o caso com maior probabilidade de extensão. Este requer, pois, um tratamento preferencial para viabilizar o uso ambiental correto em torno das nascentes Cacimba da Rosa, Nova Aurora e Fazendinha. A matriz de cadeia causal desse problema, mostra que existe um encadeamento das causas, tendo como origem, questões relacionadas a hábitos culturais e o baixo nível socioeconômico da região. São essas, obviamente, as questões que merecem por parte dos governos estadual e federal, bem como da sociedade uma abordagem continuada e eficaz, de relevância absolutamente prioritária, mas que, no entanto, não permitem contribuir com a resolução do conflito com a necessária urgência.

Ainda com relação ao nível de degradação ambiental, a nascente Fazendinha mostrou o melhor desempenho, devido à presença de espécies vegetais centenárias, porém pode-se

concluir que a população no seu entorno apresentou o pior desempenho socioeconômico, tanto pelo seu menor desempenho para a taxa de alfabetizados, quanto pelo seu menor poder aquisitivo, por renda familiar.

A solução para muitos questionamentos relacionados à matriz de cadeia causal continua, em grande parte, dependente dos profissionais que devem aplicar seus conhecimentos científicos a respeito de problemas ambientais direcionados aos recursos hídricos e agregá-los aos fatores socioeconômicos, políticos, governamentais, tecnológicos e culturais que influenciam os mesmos. Apenas a partir de uma associação de experiências multidisciplinares e de grupos sociais envolvidos na problemática, tal solução será possível. Além disso, a matriz de cadeia causal mostrou-se ser uma ferramenta estratégica útil, no apoio aos tomadores de decisão, no que concerne à formulação e execução de políticas públicas de conservação dos recursos naturais, pois, através desta foi possível identificar falhas e fragilidades institucionais que acarretam impactos ambientais.

Assim, a metodologia aplicada neste estudo evidencia a necessidade do estabelecimento de políticas de planejamento ambiental integrado, no qual a gestão ambiental tenha como foco principal as atividades antrópicas e seus comportamentos dentro de um cenário mais próximo da sustentabilidade.

Os resultados encontrados motivam a necessidade de se aplicar a matriz de cadeia causal original desenvolvida pelo projeto de Avaliação Global de Águas Internacionais de maneira sistemática, de forma que possa auxiliar na elaboração de diagnósticos das causas responsáveis pela perda da biodiversidade dos ecossistemas aquáticos e terrestres (MARQUES, 2002). Assim, também torna-se de fundamental importância realizar a análise da microfauna e flora aquática existente nas águas das nascentes analisadas.

Assim, após a construção e análise das cadeias causais, recomenda-se, para minimizar os principais problemas detectados no entorno das nascentes estudadas:

- Promover o uso múltiplo da água das nascentes;
- Elaborar e implementar um Plano de Monitoramento da Qualidade e Quantidade da Água das Nascentes;
- Promover o fortalecimento institucional do sistema organizacional;
- Elaborar um plano ambiental de conservação e uso das áreas em torno das nascentes;
- Propiciar condições para aplicação da legislação vigente sobre agrotóxicos;
- Propiciar condições para se fazer aplicar a legislação vigente sobre o novo Código Florestal (Lei Federal Nº 12.651/2012), a Lei Federal de Saneamento Básico (Lei

Federal Nº 11.445/2007), como também, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei Federal 12.305/2010);

- Elaborar e aplicar um programa de fiscalização das fontes poluidoras;
- Elaborar e implementar um programa de educação ambiental e capacitação técnica na esfera do governo municipal de Pedras de Fogo;
- Elaborar um conjunto de indicadores para o monitoramento do desempenho institucional na promoção de desenvolvimento socioeconômico da bacia hidrográfica do rio Gramame;
- Investir em educação e ferramentas para aumentar a eficiência produtiva, econômica e ambiental da bacia hidrográfica do rio Gramame;
- Promover uma articulação entre o Comitê das Bacias Hidrográficas do Litoral Sul do estado da Paraíba e órgãos públicos afins, que resulte em um documento normativo, incentivando os usos múltiplos das águas de forma controlada e legalizada, baseando-se nas seguintes informações técnicas:
- É imprescindível a recuperação de matas ciliares e a preservação de uma área de preservação permanente no entorno da nascente Cacimba da Rosa de, no mínimo um raio de 50 (cinquenta) metros, e para a nascente difusa de Nova Aurora, o cercamento do seu entorno, isso segundo o novo Código Florestal. Essa recuperação poderia ser feita de forma consensual, responsável e normatizada, com vegetação nativa;
- Implementar o plano diretor participativo municipal de Pedras de Fogo, instituído pela Lei complementar Nº 023/2006 de 2006, como instrumento de conservação da bacia hidrográfica do rio Gramame. Pode-se destacar o seu capítulo IV, Art. 36º, inciso I, que especifica com referência ao desenvolvimento, proteção e recuperação dos patrimônios ambiental, paisagístico e cultural, as diretrizes seguintes: I - a proteção do patrimônio ambiental e da qualidade de vida da população através: a) da conservação da cobertura vegetal; b) do controle das atividades poluidoras; c) da promoção de uma racional utilização dos recursos naturais; d) da preservação e recuperação dos ecossistemas essenciais; e) da proteção dos recursos hídricos”;
- Atualizar o Plano Diretor de uso da água da bacia hidrográfica do rio Gramame;
- Implementar a Lei complementar n.º 05/97, de 08 de outubro de 1997 do município de Pedras de Fogo que institui o zoneamento de uso e ocupação do solo, que em seu capítulo IV. Art. 18 institui que as Zonas de Preservação e Proteção Ambiental

(ZPPA) destinam-se exclusivamente à preservação e proteção dos resquícios de Matas Nativas e nascentes, etc....”

Por fim, ressalta-se que com relação aos aspectos sociais, econômicos ou culturais, ou mesmo ambientais, existe uma grande quantidade de ferramentas de apoio utilizadas para os mais diversos fins. Resta aos gestores uma escolha criteriosa daquelas que melhor representem as peculiaridades da área objeto de estudo.

## REFERÊNCIAS

ALVES, T. L. B., AZEVEDO, P. V. D. Demandas conflitantes de usos da água: o caso do abastecimento de água *versus* irrigação no açude campos, Caraúbas – PB. In: II Inovagri Internacional Meeting, 2014, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: 2014, p. 1-8.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 14031** – Gestão Ambiental – Avaliação de Desempenho Ambiental – Diretrizes. Norma Técnica. ABNT, Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10004** – Resíduos Sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 12267** – Normas para elaboração de plano diretor. Rio de Janeiro, 1992.

AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO (AESAs). Plano Estadual de Recursos Hídricos. João Pessoa: 2006. Disponível em: <http://www.aesa.gov.pb>.138p. Acesso em: 10 dez. 2014.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Outorga de direito de uso de recursos hídricos**. Brasília: 2011. 54p. (Cadernos de capacitação em recursos hídricos, v. 6). Disponível em: <http://www2.ana.gov.br/>. Acesso em: mar. 2015.

APHA/AWWA/WEF. Standard methods for the examination of water and wastewater. 21 th edition. Public Health Association. New York, 2005.

BARTHEM, R. B., CHARVET-ALMEIDA, P., MONTAG, L. F. A. LANNA, A.E. GIWA, UNEP, 2004. **Amazon Basin**, GIWA Regional assessment 40B. University of Kalmar, Kalmar, Sweden. Disponível em: <http://www.unep.org/dewa/giwa/publications/r40b.asp>.>Acesso em: 05 ago. 2014.

BAIRD, C.; **Química Ambiental**. 2. ed., Editora Bookman: Porto Alegre, 2002. 622 p.

BARRETO S. R., RIBEIRO S. A, BORBA, P. M. **Nascentes do Brasil**: Estratégias para a proteção de cabeceiras em bacias hidrográficas. São Paulo: WWF - Brasil: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, 2007. Disponível em: [http://www.5elementos.org.br/5elementos/files/pdf/downloads/nascentes\\_do\\_brasil.pdf](http://www.5elementos.org.br/5elementos/files/pdf/downloads/nascentes_do_brasil.pdf)> Acesso em: 20 jan. 2015.

BRASIL. República Federativa. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a **Política Nacional do Meio Ambiente**. Brasília/DF: Diário Oficial da União, 31 de agosto de 1981.

BRASIL. República Federativa. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Institui o novo **Código Florestal Brasileiro**. Brasília/DF: Diário Oficial da União, 28 de maio de 2012.

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 9.605**, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as Sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Brasília/DF: Diário Oficial da União, 13 de fevereiro de 1998.

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 9.795**, de 27 de abril de 1999. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Brasília/DF: Diário Oficial da União, 28 de abril de 1999.

BRASIL. República Federativa. **Lei nº 9.433**, de 8 de janeiro de 1997. Institui a **Política Nacional de Recursos Hídricos e o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos**. Brasília/DF: Diário Oficial da União, 9 de janeiro de 1997.

BRASIL. República Federativa. **Lei nº 8.171**, de 17 de janeiro de 1991. Dispõe sobre a Política Agrícola. Brasília/DF: Diário Oficial da União, 18 de janeiro de 1991.

BRASIL. República Federativa. **Lei nº 11.494**, de 20 de junho de 2007. Regulamenta o Fundo de Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica e de valorização dos Profissionais da educação. Brasília/DF: Diário Oficial da União, 21 de junho de 2007.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama). **Resolução Conama nº 357**, de 17 de março de 2005. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 17 de março de 2005.

BRASIL, República Federativa. **Decreto - Lei Nº 79**, de 19 de dezembro de 1966. Institui normas para fixação de preços mínimos e execução das operações de financiamento e aquisição de produtos agropecuários e adota outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 19 de dezembro de 1966.

BRASIL, República Federativa. **Lei Nº 12.305**, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 03 de agosto de 2010.

BRASIL, República Federativa. **Decreto Nº 7.217**, de 21 de junho de 2010. Regulamenta a Lei n 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 22 de junho de 2010.

BRASIL, República Federativa. **Lei Nº 11.445**, de 05 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis n 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei n 6.528, de 11 de 1978, e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 08 de janeiro de 2007.

BRASIL, República Federativa. **Lei Nº 9.263**, de 12 de janeiro de 1996. Regula o § 7º do art. 226 da Constituição Federal, que trata do planejamento familiar, estabelece penalidades e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 12 de janeiro de 1996.

BRASIL, República Federativa. **Decreto Nº 8.211**, de 21 de março de 2014. Altera o Decreto n. 7.217, de 21 de junho de 2010, que regulamenta a Lei n. 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 24 de março de 2014.

BOMFIM, E. O. **Sustentabilidade hidroambiental de áreas de captações de nascentes na bacia hidrográfica do rio Gramame/PB**. 2013. 129 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2013.

BRASIL, República Federativa. **Lei nº 7802**, de 11 de julho de 1989. Dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. Brasília/DF: Diário Oficial da União, 12 de julho de 1989.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Decreto nº 4.074**, de 04 de janeiro de 2002. Regulamenta a Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, que dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. Brasília/DF: Diário Oficial da União, 08 de janeiro de 2002.

BELAUSTEGUIGOITIA, J. C. Causal chain analysis and root causes: The GIWA approach, **AMBIO: A Journal of the Human Environment**, v. 33, n. 1-2, p. 7-12, fev. 2004.

BELTRÃO, B. A. et al. **Diagnóstico do município de Pedras de Fogo**. Recife: Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea Estado de Paraíba, 2005. 22 p.

BRITO F. B. **O conflito pelo uso da água do açude Epitácio Pessoa (Boqueirão) – PB**. 2008. 208 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa-PB, 2008.

CAMPOS, L. M. S.; MELO, D. A. Indicadores de desempenho dos Sistemas de Gestão Ambiental (SGA): uma pesquisa teórica. **Revista Produção**, v. 18, n. 3, p. 540-555, set./dez. 2008.

CAMPOS, A. C. E.; SILVA, R; BOHM, F. Z. Agrotóxicos e seus impactos sobre ecossistemas aquáticos continentais Marlene. *Revista de Saúde e Biologia*. v.8, n.2, p.46-58, mai./ago, 2013.

CABRAL DA SILVA, T.; FILGUEIRA, H. J. A.; ALENCAR, R. I. S. de; PEDROSA FILHO, L.; CAVALCANTI, A. K. G. Avaliação de captações de águas de nascentes na bacia do rio Gramame. In: XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2011. Anais... Maceió – AL, 2011, p. 1-15.

CALHEIROS, R. de O. et al. **Preservação e recuperação das nascentes**. 1. ed. Piracicaba: Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios PCJ – CTRN (Câmara Técnica de Conservação e Proteção aos Recursos Naturais), 2004, 53 p.

CALHEIROS, R. de O. et al. **Preservação e recuperação das nascentes de água e vida**. Cadernos da Mata Ciliar / Secretaria de Estado do Meio Ambiente, Departamento de Proteção

da Biodiversidade, n. 01. São Paulo. 2009. Disponível em: <<http://ambiente.sp.gov.br/mataciliar>>. Acesso em: 20 nov. 2014.

CASATTI, L; ZENI, J. Mais da metade das 54 nascentes de SP estão secas, revela pesquisa. Desrespeito do homem pela natureza é a principal causa. Pesquisa da UNESP foi feita no interior de São Paulo. 01 de novembro de 2014, sábado. Disponível em: <<http://g1.globo.com/jornal-hoje/noticia/2014/11/mais-da-metade-das-54-nascentes-de-sp-estao-secas-revela-pesquisa.html>>. Acesso em: 10 nov. 2015.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Relatório de qualidade das águas subterrâneas do estado de São Paulo: 2007-2009**. São Paulo: CETESB, 2010. 260 p. Disponível em: <<http://aguassubterraneas.cetesb.sp.gov.br/publicacoes-e-relatorios>>. Acesso em: 14 fev. 2015.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo 2013**. São Paulo: CETESB, 2014. 303 p. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/35-publicacoes/-relatorios>>. Acesso em: 03 jan. 2015.

CASTRO, P. S.; LOPES, J. D. S. **Recuperação e conservação de nascentes**. Viçosa, MG: CPT: Centro de Produções Técnicas – CPT, 2001. 84p.

CASTRO, P. S.; LIMA, F. Z.; LOPES, J. D. S. **Recuperação e conservação de nascentes**. Viçosa-MG, CPT- Centro de Produções Técnicas – CPT, 2007. 272p.

CAVALCANTI E. M. T; ALMEIDA NETO H. S. C.; ALMEIDA, S. F. Inovação tecnológica, gestão do conhecimento e competitividade nas pequenas e médias empresas: um estudo exploratório na indústria calçadista em Campina Grande – PB. In: III Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. Rio de Janeiro. **Anais...** 2006. p. 1-12.

COSTA, F. F. **Avaliação ambiental em áreas de nascentes na bacia hidrográfica do alto rio Gramame - PB**, 2011. 98 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental) Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa/PB, 2011.

CRUZ, C. E. B. et al. Fatores de degradação ambiental nos agropolos do Ceará. In: XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 2008, Rio Branco – Acre. **Anais...** Rio Branco: Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 2008. p. 1-18.

DI LORENZO, I. D. N. **Reflorestamento das áreas de nascentes do município de Pedras de Fogo**. Pedras de Fogo, PB: ETER/PB, MA. 2007. 14 p.

DORES, E. F. G. C.; FREIRE, E. M. D.L. Contaminação do ambiente aquático por pesticidas. Estudo de caso: águas usadas para consumo humano em primavera do leste, Mato Grosso – análise preliminar. **Química Nova**, v. 24, n. 1, p. 27-36, 2001.

DAKER, A. **Captação, elevação e melhoramento da água; A água na agricultura**. 2º vol. 6.ed. ver. E ampl. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1983. v.2, 408p.

Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuária (EMBRAPA). Normas gerais para o uso de agrotóxicos. Embrapa Uva e Vinho. Sistema de Produção, 5, 2003. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/fonteshtml/uva/uvaniagararosadaregioestropicais/agrotoxi.htm>. Acesso em: 07 fevereiro 2015.

FIORETTO, R. A. **Uso da manipueira em fertirrigação**. In: CEREDA, M.P Resíduos da industrialização da mandioca no Brasil. São Paulo. Paulicéia, 1994. p.51-79.

FERREIRA, J. A.; ANJOS, L. A. Aspectos de saúde coletiva e ocupacional associados à gestão dos resíduos sólidos municipais. **Cadernos Saúde Pública**, Rio de Janeiro, 17 (3), p. 689-696, mai-jun. 2001.

FERREIRA, W. A. et al. **Manipueira: um adubo orgânico em potencial**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2001, 21 p. (Embrapa Amazônia Oriental, Documentos, 107).

FILGUEIRA, H. J. A.; SILVA, T. C. da; LIMEIRA, M. C. M.; SILVA, M. R. M.; SILVA, A. L. da. Usos e usuários de água de nascentes do alto curso da bacia hidrográfica do rio Gramame, Paraíba. In: Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 10. Fortaleza, CE, 16 a 19 de novembro de 2010. **Anais...** Fortaleza, CE: ABRH, 2010. 10 p. (CD-ROM).

FILGUEIRA, H. J. A.; LIMEIRA, M. C. M.; SILVA, M. R. M. **Conservação de nascentes**. 2012. 12 p. (Cartilha). (Projeto de pesquisa: “Análise do potencial de ações integradas para a restauração das funções ecológicas nas nascentes do rio Gramame (PB), sob a influência de unidades rurais de produção familiar”. Edital MCT/CNPq/CT-Agronegócio/CT-Hidro-Nº27/2008. Processo CNPq nº574633/2008-1).

FRANCO, M. A. de R. **Planejamento ambiental para a cidade sustentável**. 2. ed. São Paulo: Annablume editora e comunicação LTDA, 2001. 296 p.

FRANCISCO, C. N.; CARVALHO, C. N. de. Disponibilidade hídrica - da visão global às pequenas bacias hidrográficas: O caso de Angra dos Reis, no Estado do Rio de Janeiro. **Revista Geociência**, n. 3, p.1-13, 2004.

FELIPPE, M. F.; MAGALHÃES-JUNIOR, A. P. **Consequências da ocupação urbana na dinâmica das nascentes em Belo Horizonte - MG**. Eixo Temático 03: Mobilidade territorial, espaço e ambiente: urbanização, metropolização e interiorização - características e impactos ambientais. Belo Horizonte - MG. 2009.

FERREIRA, E. DAVIDE, A.C.; BOTELHO, S.A. PINTO, L.V.A. Estudo das nascentes da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG. **Scientia Forestalis**. n.65, p.197-206, jun. 2004.

FERNANDES, C. C. C.; SATO, C. S.; BRITO, F. R. L. C. D.; RIBEIRO S. M. R.; MACHADO, S. M.; BRUZZI, M. L. C.; SCHWARZ, L.; NASSUNO, M. **Organizações sociais**. Brasília: Ministério da Administração Federal e Reforma do Estado (MARE), 1997. 74 p. (Cadernos MARE da reforma do estado; v. 2).

GADELHA, C. L. M.; FILGUEIRA, H. J. A.; CAMPOS, L. F.; QUININO, U. C. M.O. Uso de Agrotóxicos nas Áreas Irrigadas da Bacia do Rio Gramame no Estado da Paraíba. In: 21º

Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2001, João Pessoa. **Anais...** Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2001. p. 1-6 .

GARRETA-HARKOT, P.F. KOHLER, M.C. M & SOAVINSKY, Caracterização e diagnose ambientais da região Estuarina do Rio Mamanguape – Paraíba.In:II Encontro Nacional de Sensoriamento Remoto Aplicado ao Planejamento Municipal, Serra Negra SP (no prelo) Rio de Janeiro 1991. p. 56 (apud Marcelino, 2000).

GIWA. Global International Watters Assessment. Meio Ambiente URRJ. 2015. Disponível em: <[http://www.meioambiente.uerj.br/destaque/projeto\\_giwa3.htm](http://www.meioambiente.uerj.br/destaque/projeto_giwa3.htm)>. Acesso em: 10 jan. 2015.

GASPARINI, L. V. L. **Análise das inter-relações de indicadores econômicos, ambientais e sociais para o desenvolvimento sustentável**. 2003. 221 f. Dissertação (Engenharia de Produção e Sistemas), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

GIWA. Global International Waters Assessment Methodology.2002. Disponível em: <http://www.unep.org/dewa/giwa/publications/>. Acesso em: 25 mar. 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção agrícola municipal. Lavoura temporária**. 2013. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&codmun=251120&idtema=137&search=paraiba|pedras-de-fogo|producao-agricola-municipal-lavoura-temporaria-2013>. Acesso em: 20 maio 2015.

REBELO, R. M. et al. Produtos agrotóxicos e afins comercializados em 2009 no Brasil: uma abordagem ambiental. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Brasília: IBAMA, 2010. 84 p.

JORNAL DA PARAIBA. **24 cidades não gastam mínimo com educação**. Paraíba, domingo, 09 de fevereiro de 2014. Educação.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. (2010). “Cidades @.” Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/>>. Acesso em: 20 de maio de 2014.

KOBIYAMA, M.; MOTA, A. A., COURSEUIL, C. W. **Recursos hídricos e saneamento**. Curitiba: Ed. Organic Trading, 2008. 160 p.

Jesus, A. A. **Ensaio de uso do sistema monitor sigindes no núcleo de desertificação de Gilbués – Piauí**. 2006. 53p. Monografia (Graduação em Agronomia) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília-DF, 2006.

LANNA, A. E. L. **Gestão de Recursos Hídricos**. In: Carlos Eduardo Morelli Tucci. (Org.). **HIDROLOGIA: CIENCIA E APLICACAO**. 1 ed. Porto Alegre: Ed. Da Universidade: ABRH: EDUSP, v. 1, 1993. 727-768 p. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos; v.4).

LANNA, A. E. Macro-análise-diagnóstico transfronteiriço do programa marco da bacia do Prata. **Revista de Gestão de água da América Latina – REGA**. Rio de Janeiro, Associação Brasileira de Recursos Hídricos – ABRH, v. 3, n. 2, p. 81-93, jul./dez. 2006.

LANNA, A. E. Análise de sistemas e engenharia de recursos hídricos. **Técnicas Quantitativas para o Gerenciamento de Recursos Hídricos**. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, p.15-41. 1997

LEAL, A. C. Planejamento ambiental de bacias hidrográficas como instrumento para o gerenciamento de recursos hídricos. **Revista Entre Lugar**, Dourados, MS. n.6, p 65-84, 2012.

LIMEIRA, M. C. M. **Capacitação social como estratégia para restauração de rios: gestão adaptativa e sustentável**. 2008. 297 f. Tese (Doutorado em recursos naturais) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande – PB, 2008.

LIANG, W.; YONGLI, C.; HONGQUAN, C, DALER, D.; JINGMIN, Z.; JUAN, Y. Flood disaster in Taihu Basin, China: causal chain and policy option analyses. *Environmental Earth Science*, v. 63, p.1119–1124. 2011.

**Lei complementar n.º 05/97, de 08 de outubro de 1997**. Dispõe sobre o zoneamento de uso e ocupação do solo da área urbana de Pedras de Fogo e dá outras providências. Prefeitura Municipal de Pedras de Fogo. 1997. CD.

MENEZES, A. Gestão e operação. **Revista Brasileira de Saneamento e Meio Ambiente**, Rio de Janeiro: ABES, n.73, p. 1-50, out. 2014.

MELLO; C. R.; JUNQUEIRA JÚNIOR, J. A.; SILVA; A. M. Comportamento hidrológico de duas nascentes associadas ao uso do solo numa sub-bacia hidrográfica de cabeceira. In: XVI Congresso brasileiro de águas subterrâneas e XVII Encontro nacional de perfuradores de poços, 2010, São Luís- MA, 2010. p. 1-15.

MARCELINO, R. L. Diagnóstico socioambiental do estuário do rio Paraíba do Norte-PB com ênfase nos conflitos de usos e nas interferências humanas em sua área de influência direta. Dissertação (Mestrado em habitat humano e desenvolvimento). Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa-PB, 2000.

MARQUES, M. Análise da Cadeia Causal da Degradação dos Recursos Hídricos: Proposta de Modelo Conceitual do Projeto GIWA UNEP/GEF. In: 2º Simpósio de recursos hídricos do Centro Oeste, CAMPO Grande - MS. **Anais...**CD ROM. 2002, p. 1-16.

MARQUES, M.; SILVA, J. J.; DAMASIO, J. M. Impacts on Tocantins River aquatic ecosystems resulting from the development of the hydropower potential. **Ambiente & Água – An Interdisciplinary Journal of Applied Science, Taubaté**, v.5, n. 1, p. 189-203, 2010.

MARGULIS, S. A. **Regulamentação ambiental**: instrumentos e implementação. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), 1996. 41 p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Programa Nacional de Educação Ambiental (PRONEA)**. 3 ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005. Disponível em:

<http://www.mma.gov.br/educacao-ambiental/politica-de-educacao-ambiental/programa-nacional-de-educacao-ambiental>. Acesso em 08 de fevereiro de 2015.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Plano de Ações e Gestão Integrada do Complexo Estuarino-Lagunar Mundaú/Manguaba (CELMM). 2006. Disponível em: [www.ana.gov.br](http://www.ana.gov.br). Acesso em: 04 de dezembro de 2013.

OLIVEIRA NETO, M. B. de; SILVA, M. S. L. da. **Neossolos Quartzarênicos**. Agência Embrapa de informação tecnológica – AGEITEC, 2011. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/>. Acesso em: 15 dez. 2014.

PAIM; A. P. et. al. Screening preliminar dos contaminantes emergentes encontrados em etes da região metropolitana do Recife-PE empregando cromatografia líquida acoplada à espectrometria de massas de alta resolução. In: 26º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2011, Porto Alegre/RS. **Anais...** Porto Alegre, 2011. p. 1-6.

PATERNIANI, E. Agricultura sustentável nos trópicos. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 15 (43), p. 303- 326. 2001.

PNUD, Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil 2013. Perfil do Município de Pedras de Fogo. ONU, PNUD, 2010. Disponível em: <[http: file:///c:/users/rafaela/downloads/atlasidhm2013\\_perfil\\_pedras-de-fogo\\_pb%20\(4\).pdf](http://file:///c:/users/rafaela/downloads/atlasidhm2013_perfil_pedras-de-fogo_pb%20(4).pdf)>. Acesso em: 20 jan. 2014.

PARAÍBA. GOVERNO DO ESTADO DA PARAÍBA. **Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Gramame**. Secretaria Extraordinária do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e Minerais. Relatório Final. Vol. 1 João Pessoa. PB. 2000.

PINTO, L. V. A.; BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C.; FERREIRA, E. Estudo das nascentes da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG. **Revista Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 65, p. 197-206, jun. 2004.

PEREIRA, R. S. Identificação e Caracterização das Fontes de Poluição em Sistemas Hídricos. **Revista Eletrônica de Recursos Hídricos – Re RH. IPH – UFRGS**. v. 1 n.1, p. 20-36, Jul/Set 2004.

PEREIRA, M. F.; Planejamento estratégico: teorias, modelos e processos. 1. ed. São Paulo-SP: Atlas, 2010. 160 p.

\_\_\_\_\_. PLANO DIRETOR PARTICIPATIVO DE PEDRAS DE FOGO. Prefeitura Municipal de Pedras de Fogo. 2006. CD.

\_\_\_\_\_. Plano Nacional de Qualificação (PNQ), 2003-2007. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), 2003. 56 p. Disponível em: [http://www.oei.es/etp/plano\\_nacional\\_qualificacao\\_brasil.pdf](http://www.oei.es/etp/plano_nacional_qualificacao_brasil.pdf). Acesso em: 15 dez. 2015.

\_\_\_\_\_. PLANO AGRÍCOLA E PECUÁRIO 2013/2014 – 2013. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento Secretaria de Política Agrícola. 126 p. Brasília / DF. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br>. Acesso em: 23 jan. 2015.

PINHEIRO, M. R. C. BRANDÃO, F.M.; OLIVEIRA V. P. S. FERREIRA; M. I. P. Desafios da integração entre os usos múltiplos e a qualidade da água para a bacia hidrográfica do Rio Macaé. **Boletim do observatório ambiental Alberto Ribeiro Lamago**, v. 1 n. 2, p. 1-16, jul./ dez. 2007.

PEDROSA, F. A crise hídrica e as soluções no mundo inteiro. Mudanças climáticas. **Revista Brasileira de Saneamento e Meio Ambiente**, Rio de Janeiro: ABES, n.73, p. 1-50, dez. 2014.

PIERRE, L. A. dos S. CLAPIS, M. J. Planejamento familiar em unidade de saúde da família. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**. v. 18 (6), p. 1-10, ago. 2010.

RIBEIRO, M. **Estiagem pode secar mais de 200 nascentes e córregos em Jundiaí**. Falta de vegetação deixa nascentes sem proteção. Projeto pretende reflorestar matas ciliares na região. *Jornal Bom dia Brasil*, 29 de janeiro de 2015, quinta-feira. Disponível em: <<http://g1.globo.com/sao-paulo/sorocaba-jundiai/noticia/2015/01/mais-de-200-nascentes-podem-desaparecer-em-jundiai.html>>. Acesso em: 10 de fev.2015.

ROCHA, A. L. A. et al. Monitoramento da qualidade de água de nascentes na bacia hidrográfica do rio preto, sub bacia do médio rio São Francisco. In: IX Simpósio Nacional do Cerrado, 2008, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, 2008. p.1-6.

ROCHA, A. A.; VIANNA, P. C. G. A bacia hidrográfica como unidade de gestão da água. II SEMILUSO - Seminário Luso-Brasileiro Agricultura Familiar e Desertificação. Disponível em: <<http://www.geociencias.ufpb.br/leppan/gepat/files/gepat022.pdf>>. Acesso em: 10 abril. 2008.

RODRIGUEZ, J.M.M.; SILVA, E.V.; CABO, A.R. O planejamento ambiental como instrumento na incorporação da sustentabilidade no processo de desenvolvimento: o caso do Ceará, Brasil. **Mercator – Revista de Geografia da UFC**, v.3. n. 5, p. 67-72, ago. 2004.

ROSA, E. U.; MARQUE, M.; SILVA, L. P. Análise da Cadeia Causal dos Problemas Ambientais Prioritários da Bacia Hidrográfica de Jacarepaguá, RJ. In: 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2007, Belo Horizonte - MG. **Anais...**Rio de Janeiro RJ: ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2007.p 1-8.

RODRIGUES, R.B. **SSD RB – Sistema de suporte a decisão proposto para a gestão qualitativa dos processos de outorga e cobrança pelo uso da água**. 2005. 155 f. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica e Sanitária) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

OLIVEIRA, R. V. de. Momento atual da política pública de qualificação profissional no Brasil: inflexões e desafios. **Revista de Ciências Humanas e Artes**. v. 13, n. 1, p. 1-9, jan./jul. 2007.

RESÍDUOS NO BRASIL. Disponível em:

[http://infoener.iee.usp.br/scripts/biomassa/br\\_residuos.asp](http://infoener.iee.usp.br/scripts/biomassa/br_residuos.asp)>. Acesso em: 08 de fev. de 2015.

RODRIGUES, I.; RODRIGUES, T. P. T.; FARIAS, M. A. S.; ARAÚJO, A. F. Diagnóstico dos impactos ambientais advindos de atividades antrópicas na margem do rio Sanhauá e Paraíba. **Revista Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.5, n.8, p. 1-15, 2009.

SILVA, E. V.; RODRIGUEZ, J. M. M.; GORAYEB, A. Planejamento Ambiental e Bacias Hidrográficas: Gestão, Sustentabilidade e Turismo (Tomo 2 – “Estudo de Casos”). Fortaleza: Edições UFC, 2011. 152 p.

SILANS, A. M. B. P., SILVA JÚNIOR, W. R., GADELHA, C. L. M., FILGUEIRA, H. J. A., GOMES, A. M. Integrated water management for the Epitácio Pessoa Reservoir in the semi-aridregion of Brazil. International Association of Hydrological Sciences – IAHS, Wallingford, ROYAUME-UNI, v.317, p.711 - 716, 2007.

SILANS, A. M. B. P.; SILVA-JÚNIOR W. R.; GADELHA, C. L. M.; FILGUEIRA, H. J. A. Aplicação da Matriz de Cadeia Causal na Análise Ambiental de Açude Público Localizado em Região do Semiárido Nordeste. In: 25ºCongresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2009, Recife - PE. **Anais...** Rio de Janeiro - RJ: ABES Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2009. p. 1-10.

SANTOS, R.F dos. **Planejamento Ambiental**: teoria e prática. São Paulo: Oficina de textos, 2004. 28 p.

SANTOS, A. Usos e impactos ambientais causados pela manipueira na microrregião sudoeste da Bahia-brasil. **Problemas sociales y regionales en América latina**. Estudo de casos. 2009.

SANTOS, G. O.; HERNANDEZ, F. B. T. Uso do solo e monitoramento dos recursos hídricos no córrego do Ipê, Ilha Solteira, SP. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB. v.17, n.1, p.60–68, out. 2013.

SANTANA, E. W. de. **Plano estratégico dos recursos hídricos do Ceará**. Conselho de Altos Estudos e Assuntos Estratégicos, Assembleia Legislativa do Estado do Ceará – Fortaleza: INESP, 2009. 408 p.

SOUTO-MAIOR, J. Estratégias comunicativas para efetividade e sustentabilidade. **Revista Brasileira de Desenvolvimento Regional**, Blumenau - SC, n. 1, p. 141-155, nov. 2013.

SOARES, J. C. de O.; SOUZA, C. A. de; PIERANGELI, M. A. Nascentes da sub-bacia hidrográfica do córrego Caeté/MT: estudo do uso, topografia e solo como subsídio para gestão. Taubaté/SP: **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**. v. 6, n. 1, p. 22-51, jan-abr/2010.

SILANS, A. M. B. P. et al. **Estudo de viabilidade ambiental para o uso da água do açude público Epitácio Pessoa**. João Pessoa – PB: Scientec – Associação para o desenvolvimento da ciência e da tecnologia, 2005. 48 p. (Relatório nº 3 - Síntese e recomendações).

SILVA, D. D.; RAMOS, M. M. **Planejamento e gestão integrada dos recursos hídricos**. Brasília: ABEAS; Viçosa: UFV/DEA, 2001. 89 p. (Curso de Uso Racional dos Recursos Naturais e seus Reflexos no Meio Ambiente. Módulo 10).

SETTI, A. A et al. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. 2ª ed. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas, 2000. 207 p.

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

TEODORO et al., Conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização Morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista Uniara**, v.20, p.137-156. 2007.

VALENTE, O. F.; GOMES, R. Curso de bacias hidrográficas: revitalização da capacidade de produção de água das nascentes de cabeceiras. In: ENCONTRO DE PRESERVAÇÃO DE MANANCIAS DA ZONA DA MATA MINEIRA, 3, 2002, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa: ABESMG/ DEA UFV, 2002. p.195- 224.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3.ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG, 2005. 452p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias).

VILLAÇA, F. Dilemas do Plano Diretor. Centro de Estudos e Pesquisas de Administração Municipal (Cepam). **O município no século XXI: cenários e perspectivas**. São Paulo: Fundação Prefeito Faria Lima – Cepam, p. 237 – 247. 1999

YONGLI, C.; LIANG, W.; LIYAN. F. Pollution in Taihu Lake, China: causal chain and policy options analyses. **Frontiers of Earth Science**, China, v. 3, p. 437–444, dez. 2009.