



*Universidade Federal da Paraíba*  
*Centro de Tecnologia*  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA E AMBIENTAL  
– MESTRADO –

**ANÁLISE DE SÉRIES DE VAZÃO DE CAPTAÇÕES DE NASCENTES NA BACIA  
HIDROGRÁFICA DO RIO GRAMAME - PB**

*Por*

***Adriana Moura Martins***

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

**João Pessoa – Paraíba  
Setembro – 2013**



*Universidade Federal da Paraíba*  
*Centro de Tecnologia*  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA E AMBIENTAL  
– MESTRADO –

**ANÁLISE DE SÉRIES DE VAZÃO DE CAPTAÇÕES DE NASCENTES NA BACIA  
HIDROGRÁFICA DO RIO GRAMAME - PB**

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

**Adriana Moura Martins**

**Orientador: Prof. Dr. Hamilcar José Almeida Filgueira**

**Co-orientador: Prof. Dr. Tarciso Cabral da Silva**

*M386a Martins, Adriana Moura.*

*Análise de séries de vazão de captações de nascentes na bacia hidrográfica do Rio Gramame-PB / Adriana Moura Martins.-- João Pessoa, 2013. 103f. : il.*

*Orientador: Hamilcar José Almeida Filgueira*

*Coorientador: Tarciso Cabral da Silva*

*Dissertação (Mestrado) – UFPB/CT*

*1. Engenharia urbana e ambiental. 2. Vazões de nascente - bacia hidrográfica - Rio Gramame-PB. 3. Séries hidrológicas. 4. Águas subterrâneas.*

*"Análise de Série de Vazão de Captações de Nascentes na Bacia Hidrográfica do Rio Gramame-PB".*

**ADRIANA MOURA MARTINS**

Dissertação aprovada em 25 de setembro de 2013

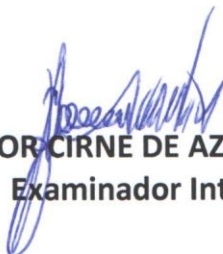
Período Letivo: 2013.1



**Prof. Dr. HAMILCAR JOSÉ ALMEIDA FILGUEIRA – UFPB**  
Orientador



**Prof. Dr. TARCISO CABRAL DA SILVA - UFPB**  
Co-Orientador



**Prof. Dr. AZAMOR CIRNE DE AZEVEDO FILHO – UFPB**  
Examinador Interno



**Prof. Dr. JANIRO COSTA RÊGO – UFCG**  
Examinador Externo

*Aos meus pais José da Paz Moura da Cunha e  
Maria da Penha de Sousa Moura, as minhas filhas  
Carolina e Camila Moura Martins e ao meu esposo  
Fabio Santos Martins.*

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

A DEUS, “Fonte Suprema de Amor e Sabedoria”, pela oportunidade força para chegar até aqui. Eu te agradeço de todo o coração, proclamando as tuas maravilhas! Eu me alegro e exulto em ti, e toco ao teu nome, ó Altíssimo!

As minhas filhas Carolina Moura Martins e Camila Moura Martins, por ser tudo em minha vida! Pela alegria diária em conviver com vocês, por serem os amores da minha vida, pelo carinho, pelo sorriso, pelo abraço, pelo amor incondicional que existe entre nós, pelas palavras de amor e agradeço novamente a Deus, por ter colocados vocês em minha vida!

Aos meus pais José da Paz Moura da Cunha e Maria da Penha de Sousa Moura, pelo amor e dedicação de toda uma vida.

A Fabio Santos Martins, meu amor, meu marido, meu amigo, que tanto me incentiva, que me ajuda diariamente com sua companhia, com sua paciência.

Aos meus irmãos, Patricia de Sousa Moura e Ricardo de Sousa Moura, pelo companheirismo, por serem irmãos presentes.

A minha sobrinha Millena e meu sobrinho Pedro Henrique, por serem tão especiais e importantes na minha vida.

Ao meu orientador, o Professor Dr. Hamilcar José Almeida Figueira pela orientação, pelo companheirismo, pelo otimismo, pela simpatia, pela força dada.

Ao meu co-orientador, o Professor Dr. Tarciso Cabral pela grande contribuição para a conclusão desse trabalho.

Ao professor Dr. Azamor Cirne de Azevedo Filho pela grande colaboração na parte de estatística desse trabalho.

Ao professor Dr. Janiro Costa Rêgo, por participar da minha banca.

Ao Reuni, Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais, pelo apoio dado a minha pesquisa e pela bolsa concedida.

Aos professores, funcionários e alunos que frequentam diariamente o LARHENA (Laboratório de Recursos Hídricos e Engenharia Ambiental) e o Laboratório de Hidráulica, se tornando assim uma equipe de trabalho e ajuda mutua, e pelas risadas dadas diariamente também.

A Carmem Becker e a AESA (Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba) pela disponibilização de dados necessários para a realização desse trabalho.

Aos amigos e colegas do curso de Mestrado, em especial a Erika Gonçalves, Alzira, Ivanhoé, Valeriano, Alyson, Alexandre e Firmino, por ter compartilhado um momento tão importante para minha vida profissional e pessoal.

A Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural da Paraíba, Emater – PB, pela experiência adquirida e por todos os anos e amigos conquistados, como Ricardo Cesar, Andreza Alves, Rubens, Aldoman, Aldoman Filho, Maria, Graça, José Marinho, Francisco Pereira, Valberta Cabral e Ingridy.

A Jussara Morais Frazão, por ter participado de boa parte de minha vida, pelo incentivo, e por ser um exemplo a ser seguido.

A toda equipe da Coordenação do Curso de Pós Graduação em engenharia Urbana e Ambiental (PPGEUA) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), por proporcionar-me um curso de pós – graduação.

Ao professor Celso, por me ajudar durante o decorrer dessa pós-graduação.

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

Muito Obrigada!!!

## RESUMO

A bacia hidrográfica do rio Gramame, no litoral sul paraibano, tem grande importância e requer bastante atenção, no que diz respeito à manutenção da sua disponibilidade hídrica, por ser responsável por aproximadamente 70% do abastecimento urbano de água da região metropolitana de João Pessoa, capital do estado da Paraíba. Apresenta diversas nascentes perenes com vazões significativas que atendem comunidades locais. Este trabalho teve como objetivo analisar quatro séries de vazões de captações de nascentes na bacia hidrográfica do rio Gramame e dados pluviométricos, quanto a sua homogeneidade. Os trabalhos foram realizados nas áreas de captação das nascentes Cabelão, Cacimba da Rosa, Nova Aurora e Fazendinha, todas localizadas no alto curso da bacia hidrográfica, no município de Pedras de Fogo, PB. Os dados mensais de pluviometria e de vazão foram coletados no período de janeiro de 2010 a março de 2013. Os dados pluviométricos foram obtidos em órgãos públicos da região. As medidas das vazões mensais foram realizadas utilizando os métodos para captações em poços rasos e para captações de nascente de encostas utilizando drenos com tubo. Para as análises das homogeneidades das séries de vazões e de pluviometria, foram empregados curvas de tendências das séries; o teste de Pettit, para determinação dos possíveis pontos de ruptura da homogeneidade das séries, teste "U", para verificação da estacionariedade das séries. Como principais resultados, tem-se que a captação que se apresenta como a mais vulnerável às influências externas na produção de água é a captação Cabelão, cujo coeficiente de variação (CV) foi igual a 0,72; a captação Cacimba da Rosa, foi a que apresentou menos vulnerabilidade com o CV de 0,17; foi constatado da aplicação do teste de Pettit para verificação de possíveis rupturas nas séries temporais que houve ruptura em todas as séries de vazão entre os meses de abril e junho; as médias das sub-séries de precipitação pluviométricas analisadas, não foram iguais, pelo teste "U", ao nível de significância de 5,6%, o que explica a ruptura nas séries de vazão verificada pelo teste de Pettit.

**PALAVRAS-CHAVE:** vazões de nascentes, séries hidrológicas, águas subterrâneas.

## ABSTRACT

The watershed of Gramame River in Paraíba southern coast, is of great importance and requires careful attention, with regard to the maintenance of their water supply, being responsible for approximately 70 % of urban water supply in the metropolitan area of João Pessoa, capital of the state of Paraíba. Presents several perennial springs with significant flows that serve local communities. This study aimed to analyze four sets of flows of funding sources in the river basin Gramame and rainfall data, as its homogeneity. The works were carried out in the catchment areas of Cabelão springs, Cacimba da Rosa, Nova Aurora and Fazendinha, all located on the upper reaches of the watershed, the municipality of Pedras de Fogo, PB. The monthly data of rainfall and flow were collected from January 2010 to March 2013. The rainfall data were obtained from government agencies in the region. The measures of monthly flows were performed using the methods for funding in shallow wells and abstraction spring of slopes using drains with pipe. For the analysis of homogeneity of streamflow and rainfall series, trend curves of the series were employed, the Pettit test, to determine possible break points of the homogeneity of the series, "U" test to check the stationarity of the series. As main results we have that abstraction that presents itself as the most vulnerable to external influences in the production of water uptake is the big hair, the coefficient of variation ( CV ) was 0.72; Cacimba da Rosa, uptake was which showed less vulnerability to the CV of 0.17, it was found the application of the Pettit test to check for possible breaks in the time series which rupture in all series of flow between the months of April and June, the average of the sub - of rainfall precipitation analyzed series were not equal, the " U" test, at a significance level of 5.6 %, which explains the break in the flow verified by the Pettit test series.

**KEYWORDS:** flow of springs, hydrological series, groundwater.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Desenho esquemático dos tipos de aquíferos	20
Figura 2	Nascente com acúmulo inicial de água	26
Figura 3	Nascente sem acúmulo inicial de água	26
Figura 4	Mapa de Uso e Ocupação do Solo	34
Figura 5	Divisão Territorial do Estado da Paraíba, com o município de Pedras de Fogo em destaque	37
Figura 6	Localização da bacia hidrográfica do rio Gramame, Paraíba	39
Figura 7	Localização das nascentes Fazendinha, Cabelão, Nova Aurora e Cacimba da Rosa na Bacia do rio Gramame, Paraíba	40
Figura 8	Nascente Cabelão, Pedras de fogo, PB	43
Figura 9	Nascente Cacimba da Rosa, Pedras de Fogo, PB	44
Figura 10	Nascente Nova Aurora, Pedras de fogo, PB	45
Figura 11	Loteamento da comunidade rural de Nova Aurora ao redor de sua nascente, realizado pelo INCRA/PB	46
Figura 12	Nascente Fazendinha, Pedras de fogo, PB	47
Figura 13	Loteamento da comunidade rural de Fazendinha, realizado pelo INCRA/PB	48
Figura 14	Bomba Hidráulica – procedimento de nivelamento de água	50
Figura 15	Régua utilizada no procedimento de medição da vazão	51
Figura 16	Cronômetro Digital	51
Figura 17	Método Volumétrico para medição de vazão na nascente Cabelão	52
Figura 18	Saída do Box-Plot no SPSS	58
Figura 19	Valores de vazões medidas nas quatro captações e das precipitações no período de janeiro de 2010 a março de 2013	62
Figura 20	Precipitação Média Mensal (2010 – 2013), município de Pedras de Fogo-PB	63
Figura 21	Precipitação Mensal, Média nos últimos 30 anos, Município Pedras de Fogo – PB	63
Figura 22	Séries de vazões medidas na captação Cabelão (L/min)	67

Figura 23	Séries de vazões medidas na captação Nova Aurora (L/min)	69
Figura 24	Séries de vazões medidas na captação Cacimba da Rosa (L/min)	71
Figura 25	Séries de vazões medidas na captação Fazendinha (L/min)	73
Figura 26	Histograma e curva normal das duas amostras da captação Cabelão	76
Figura 27	Box-Plot das duas amostras da captação Cabelão	76
Figura 28	Histograma e curva normal das duas amostras da captação Nova aurora	78
Figura 29	Box-Plot das duas amostras da captação Nova Aurora	79
Figura 30	Histograma e curva normal das duas amostras da captação Cacimba da Rosa	80
Figura 31	Box-Plot das duas amostras da captação Cacimba da Rosa	81
Figura 32	Histograma e curva normal das duas amostras da captação Fazendinha	82
Figura 33	Box-Plot das duas amostras da captação Fazendinha	83
Figura 34	Histograma e curva normal das duas amostras da pluviometria	84
Figura 35	Box-Plot das duas amostras da Pluviometria	85

## LISTA DE TABELAS E QUADROS

Quadro 1	Classificação das nascentes segundo a vazão	28
Quadro 2	Caracterização das nascentes estudadas	42
Quadro 3	Valores de vazões medidas (L/min), vazões médias (Qm) e coeficiente de variação (CV)	60
Quadro 4	Teste de ruptura para a captação Cabelão	66
Quadro 5	Teste de ruptura para a captação Nova Aurora	68
Quadro 6	Teste de ruptura para a captação Cacimba da Rosa	70
Quadro 7	Teste de ruptura para a captação Fazendinha	72
Quadro 8	Teste de normalidade para a captação Cabelão	75
Quadro 9	Estatísticas para as duas amostras da captação Cabelão	75
Quadro 10	Teste de normalidade para a captação Nova Aurora	77
Quadro 11	Estatísticas para as duas amostras da captação Nova Aurora	78
Quadro 12	Teste de normalidade para a captação Cacimba da Rosa	79
Quadro 13	Estatísticas para as duas amostras da captação Cacimba da Rosa	80
Quadro 14	Teste de normalidade para a captação Fazendinha	81
Quadro 15	Estatísticas para as duas amostras da captação Fazendinha	82
Quadro 16	Teste de normalidade para a Pluviometria	83
Quadro 17	Estatísticas para as duas amostras da pluviometria	84
Quadro 18	Estatística de Mann-Whitney para a captação Cabelão	86
Quadro 19	Estatística de Mann-Whitney para a captação Nova Aurora	86
Quadro 20	Estatística de Mann-Whitney para a captação Cacimba da Rosa	86
Quadro 21	Estatística de Mann-Whitney para a captação fazendinha	87
Quadro 22	Estatística de Mann-Whitney para a pluviometria	87

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

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

ANOVA – Análise de Variância

APP – Área de Preservação Permanente

EMATER – Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural

CAGEPA – Companhia de Água e Esgoto da Paraíba

CNPQ – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDH – Índice de Desenvolvimento Humano

INCRA – Instituto Nacional de Colonização de Reforma Agrária

IPA – Instituto Agrônomo de Pernambuco

GPS – Sistema de Posicionamento Global

PNUD – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento

UTM - Universal Transverse Mercator

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>15</b>
<b>1.1</b>	<b>Objetivos</b>	<b>17</b>
1.1.1	OBJETIVO GERAL	17
1.1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>19</b>
<b>2.1</b>	<b>Água Subterrânea</b>	<b>19</b>
2.1.1	TIPOS DE AQUÍFEROS QUANTO À PRESSÃO (DA ÁGUA)	20
2.1.2	RECARGA DE AQUÍFEROS	21
<b>2.2</b>	<b>Bacia Hidrográfica e Nascentes</b>	<b>23</b>
2.2.1	MEDIÇÕES DE VAZÕES RELACIONADAS COM OS TIPOS DE NASCENTES	27
2.2.2	CLASSIFICAÇÃO DE NASCENTES QUANTO À VAZÃO	28
<b>2.3</b>	<b>A Degradação Ambiental dos Recursos Hídricos</b>	<b>28</b>
<b>2.4</b>	<b>Áreas de Preservação Permanente (APPs)</b>	<b>29</b>
<b>2.5</b>	<b>Vegetação</b>	<b>33</b>
<b>2.6</b>	<b>Ações Antrópicas</b>	<b>34</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>37</b>
<b>3.1</b>	<b>Caracterização da Área de Estudo</b>	<b>37</b>
3.1.1	Localização	37
3.1.2	Clima	41
3.1.3	Solos	41
<b>3.2</b>	<b>Caracterização das captações</b>	<b>41</b>
3.2.1	NASCENTE CABELÃO	42
3.2.2	NASCENTE CACIMBA DA ROSA	43
3.2.3	NASCENTE NOVA AURORA	44
3.2.4	NASCENTE FAZENDINHA	46
<b>3.3</b>	<b>Metodologia Utilizada</b>	<b>48</b>
<b>3.4</b>	<b>Método Utilizado para Medir o Valor da Vazão</b>	<b>50</b>
3.4.1	MÉTODO DE POÇOS RASOS, DAKER (1983)	50

3.4.2	MÉTODO VOLUMÉTRICO	52
<b>3.5</b>	<b>Procedimentos estatísticos:</b>	<b>53</b>
3.5.1	O TESTE DE PETTIT	53
3.5.2	TESTE DE NORMALIDADE	55
3.5.3	TESTE DE NÃO PARAMÉTRICO U DE MANN-WHITNEY (WILCOXON-MANN-WHITNEY).	55
3.5.4	HISTOGRAMA E BOX-PLOT	57
3.5.4.1	Histograma	57
3.5.4.2	Box-Plot	57
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	<b>59</b>
4.1	As vazões Medidas	59
4.2	Investigação de não estacionaridade nas series pluviométricas e de vazão	64
4.3	Resultados da aplicação do Teste de Pettit	65
4.4	Resultados dos Testes de Normalidade - Comparação de duas médias	74
4.5	Resultados dos testes de igualdade de média de Mann- Whitney	85
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</b>	<b>88</b>
5.1	Conclusões	88
5.2	Recomendações	89
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>91</b>
	<b>APÊNDICE A – Pluviometria diária de 2010</b>	<b>98</b>
	<b>APÊNDICE B – Pluviometria diária de 2011</b>	<b>100</b>
	<b>APÊNDICE C – Pluviometria diária de 2012</b>	<b>101</b>
	<b>APÊNDICE D – Pluviometria diária de janeiro a março de 2013</b>	<b>103</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A água e os seus crescentes sinais de escassez e de deterioração vem sendo uma das maiores preocupações mundiais. A destruição das matas ciliares e a prática do desmatamento em grande escala para a expansão da urbanização sem planejamento e da agricultura sem os devidos cuidados de conservação do solo, aliadas ao uso de defensivos agrícolas em larga escala, entre outros fatores, vêm aumentando a degradação dos recursos hídricos, diminuindo assim, a quantidade de água de boa qualidade nas bacias hidrográficas.

A necessidade de suprir as demandas de água para o abastecimento humano, para a dessedentação animal e para os usos na agricultura, lazer e industrial, exige técnicas de gestão criteriosa dos recursos hídricos no âmbito municipal, estadual e federal. A falta de água em quantidade e qualidade para os diversos usos, quer seja pela ocorrência de secas recorrentes, quer seja pela poluição dos corpos d'água ou pelo aumento da demanda devido o crescimento populacional, necessita do conhecimento detalhado dos processos hidrológicos regionais.

O Brasil, como em outros países enfrenta sérios problemas quanto ao uso e distribuição desse recurso em seu território. Apesar de ser considerado como o país que tem a maior reserva de água doce do mundo, a Política Nacional dos Recursos Hídricos e a Agenda 21 mostram aspectos que convergem para a importância da gestão sustentável das águas (ROCHA, 2011).

As preocupações centrais tem sido discutidas a partir da Rio 92. Galindo (2004) captando de maneira clara os problemas de gestão associados a necessidade de conservação afirma que:

“a adoção de instrumentos de gestão dos recursos hídricos tem como principais objetivos traduzir aspirações coletivas de racionalização do uso da água, de conservação e de preservação ambiental, além de produzir ações que induzam os usuários da água a modificarem um comportamento julgado inadequado em relação à utilização dos recursos hídricos”.

Uma forma de fornecer respostas quantitativas e qualitativas para a gestão sustentável dos recursos hídricos em bacias hidrográficas trata do estudo de séries históricas de dados pluviométricos e fluviométricos regionais, incluindo o conhecimento do comportamento das vazões de nascentes de cursos de água.

As nascentes de cursos de água são resultantes de afloramentos do lençol freático ou oriundas de aquíferos artesianos e têm sido utilizadas para o consumo humano e dessedentação animal e para a irrigação de cultivos agrícolas de pequenas comunidades. Têm uma enorme importância para o abastecimento, como também para a formação e renovação dos cursos d'água e, conseqüentemente para as bacias hidrográficas. No entanto, essas importantes fontes hídricas sofrem sérios problemas de degradação, devido, dentre outros, às alterações dos regimes do fluxo d'água por conta do uso desenfreado do solo para a agricultura e para a expansão urbana, sem o planejamento adequado. E isso se tem verificado no alto curso da bacia hidrográfica do rio Gramame, localizada litoral Sul do estado da Paraíba.

A bacia hidrográfica do rio Gramame vem sofrendo com problemas de degradação ambiental. Caracteriza-se por ser uma bacia com grande potencial hídrico e de intenso uso da água para agricultura e abastecimento urbano, apresentando sérios conflitos de disponibilidade hídrica e qualitativa devido ao crescimento das cidades do seu entorno e do uso do solo no meio rural, como outras bacias hidrográficas litorâneas do nordeste do Brasil.

Esta bacia hidrográfica tem uma importância muito grande e requer bastante atenção, no que diz respeito à sua disponibilidade hídrica e ao uso do solo, por ser responsável por, aproximadamente, 70 % do abastecimento urbano de água da grande João Pessoa abrangendo os municípios de Conde, Bayeux, Cabedelo, Pedras de Fogo e Santa Rita, este parcialmente atendido, todos no estado da Paraíba.

É também uma bacia importante para a produção agrícola. O seu alto curso, por exemplo, trata-se de uma região composta por vários assentamentos rurais, promovidos pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), de pequenos agricultores com características para exploração agrícola familiar. A atividade agrícola é centrada na cultura da cana-de-açúcar seguida pelo abacaxi que tem tido crescimento vertiginoso na última década. Há também a exploração de pequenas lavouras como batata doce, mandioca, inhame, feijão e hortaliças para o consumo próprio e para a comercialização em feiras livres e em supermercados regionais.

A importância estratégica dessa bacia hidrográfica impõe o planejamento no sentido de se obter ações adequadas para a restauração dos seus rios e nascentes, além da regulação do uso do solo. Em particular as suas nascentes têm sido alvo de agressões por conta de obras viárias ou uso agrícola no seu entorno.

Para Cabral da Silva et al. (2011) “quantificar a disponibilidade hídrica é um dos principais fatores que influenciam nos planejamentos e projetos relacionados a recursos hídricos”. Daí a necessidade de, segundo os autores, “expressar em forma de números todos os fatores que caracterizam uma bacia e suas inter-relações”, incluindo os impactos sobre a capacidade produtiva das nascentes.

Além do mais, há necessidade também de mais estudos de nascentes de cursos d’água, necessários para o melhor entendimento e manutenção das funções ambientais dessas, de acordo com o que preconiza as legislações ambientais em vigor no país, pois, para Filgueira et al. (2010) “uma nascente é um recurso natural que possui características próprias que devem ser respeitadas para poder ser usada para o consumo humano ou animal e para a irrigação”.

Nesse sentido, esta pesquisa refere-se a um estudo sobre a influência antrópica nas vazões de captações de água de nascentes. Para tanto, foram realizadas medições de vazão e análises estatísticas das séries resultantes em quatro captações de nascentes de cursos de água, localizadas no alto curso da bacia hidrográfica do rio Gramame, no município de Pedras de Fogo. Também foram realizadas análises das precipitações pluviométricas ocorridos na região influente, visando detectar mudanças na homogeneidade das séries hidrometeorológicas.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 OBJETIVO GERAL**

- Avaliar as alterações devido às atividades antrópicas ou naturais sobre as vazões de captações de nascentes de cursos d’água na bacia hidrográfica do rio Gramame.

### 1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar os tipos e o estado das captações de nascentes que ocorrem no alto curso do rio Gramame, no município de Pedras de Fogo;
- Caracterizar o uso do solo nas áreas no entorno das nascentes estudadas;
- Analisar as séries de precipitação pluviométrica e de vazões medidas nas nascentes selecionadas, quanto à sua homogeneidade, por meio de testes estatísticos.
- Verificar a influência de ações antrópicas nas séries de vazão das captações das nascentes estudadas.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Água Subterrânea

Desde os primórdios da civilização já se sabia da existência das águas subterrâneas, mas as diversas explicações de como se originavam, foram deixadas de lado com o passar dos tempos. Para Platão, existia um grande abismo no fundo do mar e que esse abismo atravessava a terra (a que chamou de “Tártaro”), sendo ele tão grande que, apesar de serem levadas grandes quantidades de água para o mar, mantinha-se constante, pois do abismo a água entrava por terra adentro e embebia o solo, fechando o ciclo. Já para Descartes (ano de 1630), as águas do subsolo eram vindas do mar que chegam às cavernas subterrâneas, de onde se evaporam para logo se condensarem, impregnando as camadas subterrâneas (DAKER, 1983).

Ainda segundo Daker (1983),

*A teoria da infiltração das águas pluviais e superficiais, através das camadas permeáveis, falhas nas estratificações, discordância de camadas, fendas etc., explica a quase totalidade das formações de lençóis subterrâneas, embora haja algumas formações particulares que escapem um pouco a essa teoria e são melhores explicadas por duas outras: a da condensação e a do núcleo em ignição, a primeira se baseia na condensação do vapor de água contido no subsolo. Haveria uma atmosfera subterrânea como existe a superfície da terra, sendo que, concepções teóricas, não totalmente confirmadas, levam a atribuir ao vapor que esta no subsolo o valor de seis vezes do que está na atmosfera livre. Considera-se, também, a influência da umidade e da pressão da atmosférica no equilíbrio entre a água desta, e a do subsolo. A segunda (teoria do núcleo em ignição), explica, juntamente com a primeira e a da infiltração, a formação das fontes termais, levando em consideração as massas em ignição no interior da terra.*

Existem três tipos de águas subterrâneas: a meteórica, a conata e a juvenil. Elas são comumente encontradas, entre os poros das rochas sedimentares e nas fraturas ou fissuras das rochas compactas.

Segundo Rebouças (1999), “águas subterrâneas de origem meteórica são aquelas recarregadas naturalmente pela infiltração da parcela precipitada. Essa água infiltrada até a profundidade de mil metros pode desaguar nos corpos de água superficiais, durante os períodos de estiagem”.

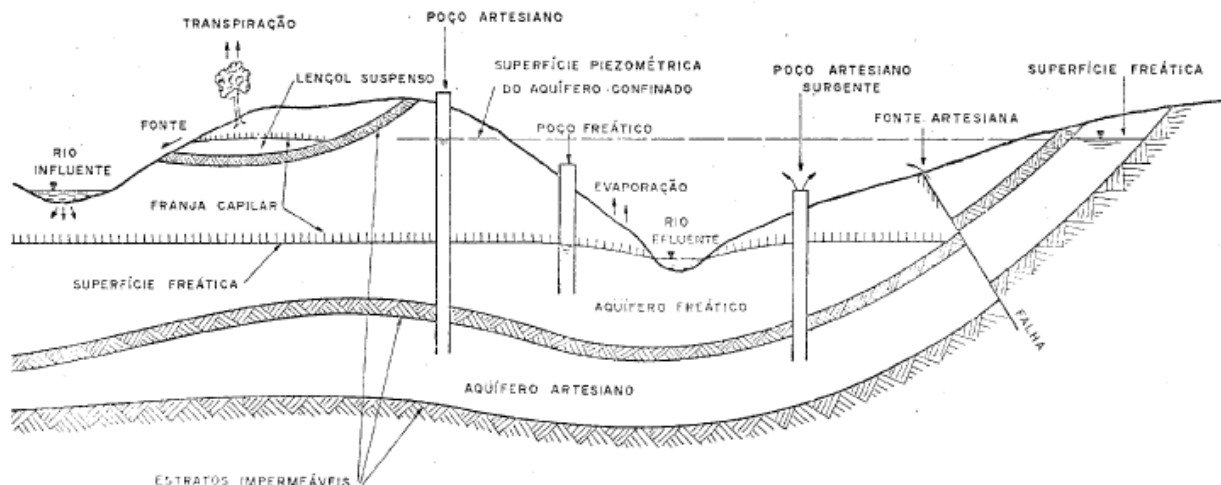
As águas conatas, conhecidas como “águas fósseis”, encontram-se armazenadas nos fragmentos desde o tempo da formação dos depósitos, ou nos períodos climáticos mais favoráveis, podendo ter sido reabastecido pela última vez no período glacial (JOHNSTON, 1997).

De acordo com Berner & Berner (1987), as águas subterrâneas de origem juvenil são geradas pelos processos de formação das rochas graníticas magmáticas, estimada em cerca de  $0,3 \text{ m}^3$  por ano.

### 2.1.1 TIPOS DE AQUÍFEROS QUANTO À PRESSÃO (DA ÁGUA)

Os aquíferos são classificados em livre, confinado e semi-confinado, de acordo com o comportamento hidrostático e hidrodinâmico. Na Figura 1 estão esquematizados os diversos tipos de aquíferos e a ocorrência de fontes ou nascentes.

Figura 1- Desenho esquemático dos tipos de aquíferos



Fonte: Tucci (2003)

Aquíferos Livres ou freáticos – são os aquíferos mais utilizados pela comunidade, por serem de fácil acesso. “Sua base é representada por uma rocha ou formação rochosa impermeável e seu limite superior por uma superfície hídrica livre, diretamente em contato com o ar, submetido diretamente a pressão atmosférica, o que os torna mais vulneráveis a problemas de contaminação” (FEITOSA, 1997).

Aquíferos confinados ou sob pressão – são os aquíferos que estão sobre uma rocha impermeável, encontram-se saturados com uma certa pressão de água no topo, sendo esta pressão superior à pressão atmosférica. Este tipo de aquífero é representado por dois tipos: confinado não drenante ou confinado drenante. O não drenante também conhecido como artesiano, é um tipo de aquífero jorrante, onde a camada saturada está confinada entre duas camadas impermeáveis ou semipermeáveis, sendo a pressão da água no topo da zona saturada maior do que a pressão atmosférica naquele ponto. Quando a pressão da água naquele ponto for suficientemente forte a água poderá jorrar pela boca do poço. Já o aquífero confinado drenante, ao menos uma das camadas limitantes é semipermeável, fazendo com que a entrada e saída da água pelo topo e/ou pela base se faça por drenança.

Aquífero semi-confinado – é o aquífero que a base e o topo são rochas semi-permeáveis onde acontece o fluxo horizontal da água e o fluxo vertical (FEITOSA, 1997).

### 2.1.2 RECARGA DE AQUÍFEROS

Barreto (2006) define a recarga de aquíferos como o movimento de água que atinge a zona saturada sob forças gravitacionais, ou tem direção específica por condicionamento hidráulico.

De acordo com a fonte, o sistema de recarga é classificado em três tipos: Recarga direta, indireta e localizada (VRIES; SIMMERS, 2002).

- Recarga direta: ocorre abaixo do ponto de impacto da precipitação por movimento vertical através da zona não-saturada. A recarga direta pode ser

definida como a parcela da precipitação que vence a zona não-saturada e soma-se à reserva subterrânea;

- Recarga indireta: a recarga do aquífero acontece por águas provindas da urbanização, dos rios e de depressões de superfícies topográficas artificiais;
- Recarga localizada: é um processo pontual de recarga, em que a água move-se em curtas distâncias, lateralmente, antes da infiltração.

Existem também, quatro tipos de recarga em relação ao tempo (BALEK, 1998): recarga curta acontece logo após grandes precipitações; recarga sazonal, acontece durante o degelo em regiões de clima temperado ou em períodos chuvosos em regiões com estações secas e chuvosas bem definidas; recarga perene, acontece nos trópicos úmidos onde existe um fluxo contínuo de água; recarga histórica, é a recarga que aconteceu há muito tempo e que foi responsável pela formação dos recursos hídricos subterrâneos existentes.

## 2.2 Bacia Hidrográfica e Nascentes

Bacia hidrográfica, ou bacia de um rio, é toda zona ou região onde as águas de chuva são drenadas por esse rio. A bacia é limitada pelo “Divortium Aquarum”, é uma linha que acompanha as maiores altitudes das serras, planaltos, etc., separando uma bacia da outra. Em pequenas bacias, essas linhas de divisão, são chamadas de águas vertentes ou de divisores de águas (DAKER,1983).

Para Magalhães (1989), “A bacia hidrográfica pode ser entendida como uma área onde a precipitação é coletada e conduzida para seu sistema de drenagem natural isto é, uma área composta de um sistema de drenagem natural onde o movimento de água superficial inclui todos os usos da água e do solo existentes na localidade”. Os limites da área que compreende a bacia hidrográfica são definidos topograficamente como os pontos que limitam as vertentes que convergem para uma mesma bacia ou exutório.

Loureiro (1983), afirma que:

*Numa bacia hidrográfica, a água das chuvas apresenta vários destinos, dentre estes têm-se: uma parcela é captada pelas plantas, evapora-se e volta para a atmosfera; outra parcela escoam superficialmente formando assim as enxurradas que, através de um córrego abandona rapidamente a bacia; e, tem também aquela parcela que se infiltra no solo, que é a de maior importância presente pode estar, onde uma parte desta água fica temporariamente retida nos espaços porosos, os quais são absorvidas pelas plantas ou evapora-se através da superfície do solo; e por último têm-se a parcela que abastece os aquíferos, que constituem o horizonte saturado do perfil do solo, situando-se próxima à superfície ou a grandes profundidades e a água ali ou não sob pressão.*

Já relativamente à nascente, trata-se de um sistema ambiental natural marcado por uma feição geomorfológica ou estrutura geológica em que ocorre a infiltração da água subterrânea de forma perene ou intermitente, formando canais de drenagem a jusante que a inserem na rede de drenagem da bacia (FELIPPE et al., 2009).

Para Castro (2001), são aberturas naturais na superfície do terreno, por onde escoam as águas subterrâneas. Essas águas formam córregos que vão abastecer outros cursos d'águas, e fazendo esse trajeto por várias vezes, até

chegarem aos mares. O desaparecimento de uma nascente acarretará em diminuição desse recurso (hídrico) para os diversos usos.

Segundo Davide et al. (2000), nascente é um ponto onde jorra água, conhecido popularmente como olho d'água, como fonte, entre outros.

De acordo com Calheiros (2004), "Nascente ideal é aquela que fornece água de boa qualidade, abundante e contínua, localizada próxima do local de uso e de cota topográfica elevada, possibilitando sua distribuição por gravidade, sem gasto de energia".

Apesar da importância que tem a quantidade de água produzida pela nascente, é preciso que ocorra com distribuição constante, ou seja, a variação da vazão situe-se dentro de um mínimo adequado ao longo do ano. A bacia hidrográfica não deve funcionar como um recipiente impermeável, escoando em curto espaço de tempo toda a água recebida durante uma precipitação pluvial. Ao contrário, a bacia deve absorver boa parte dessa água através 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 fundamental 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, garantindo a disponibilidade de água no período do ano em que mais se precisa dela (Calheiros, 2004).

Tundisi (2003) diz que a água disponível de boa qualidade é, então, vital para a manutenção da vida e de todos os ciclos naturais, e as ações do homem que interferem nesses ciclos e na disponibilidade têm comprometido a sustentabilidade dos recursos hídricos. Tundisi (2003) ainda reforça que, compreender que os recursos hídricos beneficiam direta ou indiretamente a população humana, principalmente se levarmos em conta os vários benefícios promovidos para o bem estar da população humana e para a sobrevivência de organismos, já é um caminho para o desenvolvimento sustentável de uma região.

Para Castro (2001), as nascentes são classificadas quanto ao regime de água e quanto ao tipo de reservatório. Quanto ao regime de água elas podem ser perenes, temporárias e efêmeras.

Segundo Castro (2001),

*As nascentes perenes são caracterizadas por apresentarem um fluxo de água contínuo, até mesmo na estação seca. As temporárias somente apresentam fluxo de água durante as estações das chuvas. Já as efêmeras são aquelas que aparecem durante uma chuva, permanecem durante alguns dias e logo em seguida desaparecem.*

E quanto ao tipo de reservatórios, as nascentes são classificadas como de encostas ou pontuais e nascentes difusas.

Castro (2001), afirma que:

*Nascentes pontuais são aquelas que apresentam a ocorrência do fluxo d'água em um único local do terreno, sendo localizadas geralmente em grutas rasas e profundas e no alto das serras. Este ponto no terreno corresponde ao encontro da encosta com a camada impermeável, pois a inclinação da camada impermeável é menor que a da encosta, ocorrendo afloramento do lençol freático. As nascentes difusas são aquelas que não apresentam um ponto definido no terreno, ou seja, apresentam vários olhos d'água, que ora aparecem, ora desaparecem. A maioria das nascentes classificadas nesta categoria encontra-se nos brejos, voçorocas e matas planas de altitudes mais baixas e relevo plano.*

As nascentes de encostas surgem quando a camada impermeável encontra-se com a superfície do solo, ocorrendo principalmente em encostas, serras e grutas em regiões montanhosas. As nascentes difusas são encontradas nos brejos e matas, nas partes mais baixas do terreno, pois é onde ocorre a maior infiltração do terreno e o maior armazenamento, assim ocorrendo o aumento do nível do lençol freático e conseqüentemente a saturação do solo, propiciando assim o aparecimento de diversas nascentes por todo o terreno local (DAVIDE et al., 2002).

Quanto ao estado de conservação, as nascentes podem ser classificadas como preservadas, perturbadas e degradadas. Segundo Pinto (2003), são consideradas nascentes preservadas, quando pelo menos 50 metros de mata ciliar natural estiverem conservadas no entorno do olho d'água das nascentes pontuais e no olho d'água principal nas nascentes difusas. Quando não existirem esses 50 metros de mata natural no entorno dos olhos d'água, mas estiverem bem conservadas, mesmo sendo utilizadas a prática da agricultura e plantio de pastagem, essas serão classificadas como nascentes perturbadas. E quando essas nascentes são classificadas como degradadas, é porque elas estão com alto grau de perturbação, um solo encontra-se compactado, com a vegetação escassa e apresentando erosão e até mesmo voçorocas.

Ainda podem-se dividir as nascentes quanto a formação (Linsley; Franzini, 1978), podendo ser nascente ou olho d'água ou quando formam veredas, que estão representadas nas (Figuras 2 e 3).

*Esse pode ser o tipo de nascente sem acúmulo d'água inicial, comum quando o afloramento ocorre em um terreno declivoso, surgindo em um único ponto em decorrência da inclinação da camada impermeável ser menor que a da encosta, São exemplos desse tipo as nascentes de encosta e de contato (figura 3). Por outro lado, se quando a superfície freática ou um aquífero artesiano interceptar a superfície do terreno e o escoamento for espraiado numa área o afloramento tenderá a ser difuso formando um grande número de pequenas nascentes por todo o terreno, originando as veredas (Linsley; Franzini, 1978).*

Figura 2: Nascente com acúmulo inicial de água



Fonte: Calheiros *et al.* (2004)

Figura 3: Nascente sem acúmulo inicial de água



Fonte: Calheiros *et al.* (2004)

### 2.2.1 MEDIÇÕES DE VAZÕES RELACIONADAS COM OS TIPOS DE NASCENTES

Medição de vazão é todo processo empírico utilizado para determinar a vazão de um curso d'água. A vazão ou descarga de um rio é o volume de água que passa através de uma seção transversal na unidade de tempo. Segundo Santos (2001), os métodos de medição de vazão são: medição e integração da distribuição de velocidade, método acústico, método volumétrico, método químico, uso de dispositivos de geometria regular (vertedores e calhas Parshal e medição com flutuadores).

Método volumétrico é realizado através da medição do volume escoado durante um período de tempo estipulado anteriormente, obtém-se assim, a vazão média durante esse tempo. É um método viável para pequenas vazões. “para a medição dos volumes utilizam-se tanques convenientemente aferidos; e para a contagem do tempo utilizam-se cronômetros. As técnicas utilizadas variam muito com a natureza do problema e com a precisão desejada. O método mais simples consiste em dispor de cronometro, com a atuação manual, e de um tanque aferido” (Rocha, 2011).

## 2.2.2 CLASSIFICAÇÃO DE NASCENTES QUANTO À VAZÃO

A classificação das nascentes quanto a vazão, possui grande variabilidade, dependendo das características de clima da região e da natureza de formação dessas nascentes (CABRAL DA SILVA et al., 2011). Meinzer, citado por Linsley et al. (1975) organizaram uma classificação das nascentes em função dos valores de suas vazões (Quadro 1).

Quadro 1 – Classificação das nascentes segundo a vazão

Classe ou Magnitude	Vazão (L/min)
1	>170.000
2	17.000 – 170.000
3	1.700 – 17.000
4	380 – 1.700
5	38 - 380
6	4 - 38
7	0,6 - 4
8	< 0,6

Fonte: Cabral da Silva et al. ( 2011)

## 2.3 A Degradação Ambiental dos Recursos Hídricos

A agricultura não sustentável e seu constante crescimento para suprir as necessidades de alimentos da população, vem contribuindo para a contaminação de nossos solos e nossas águas. Segundo Filgueira (2002), “Fertilizantes sintéticos e agrotóxicos (inseticidas, fungicidas 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 seres vivos desses ecossistemas. Causam também problemas para o homem e os animais, porque apresentam alta toxidez, efeitos cumulativos e é de difícil decomposição química”.

Na bacia hidrográfica do rio Gramame, por possuir um potencial voltado para atividades rurais, vêm sendo utilizado em grande escala, métodos de irrigação para uma melhoria na qualidade e quantidade de alimentos produzidos.

Ainda por se tratar de uma região Nordeste, onde a pluviosidade é bastante variável durante o ano, além dessa atividade exigir muita água, são utilizados nas plantações muitos agrotóxicos e fertilizantes.

Segundo estudos realizados na bacia, verificou-se que existem pequenas áreas irrigadas no seu entorno, com as mais variadas culturas, com predominância do inhame, feijão, batata-doce e capim. Já em maiores escalas estão a cana-de-açúcar e o abacaxi (PARAÍBA, 2000).

## 2.4 Áreas de Preservação Permanente (APPs)

De acordo com o Código Florestal brasileiro, Lei nº 12.651/2012, Áreas de Preservação Permanente (APP) são áreas protegidas “cobertas ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas”.

*Definições:* São Áreas de Preservação Permanente, em áreas rurais e urbanas:

I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de:

- a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;
- b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;
- c) 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;
- d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600(seiscentos) metros de largura;
- e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600(seiscentos) metros;

II - as áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais, em faixa com largura mínima de:

- a) 100 (cem) metros, em zonas rurais, exceto para o corpo d'água com até 20 (vinte) hectares de superfície, cuja faixa marginal será de 50 (cinquenta) metros;
- b) 30 (trinta) metros, em zonas urbanas;

- III - as áreas no entorno dos reservatórios d'água artificiais, na faixa definida na licença ambiental do empreendimento, observado o disposto nos §§ 1º e 2º;
- IV - as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água, qualquer que seja a sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros;
- V - as encostas ou partes destas com declividade superior a 45°, equivalente a 100% (cem por cento) na linha de maior declive;
- VI - as restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;
- VII - os manguezais, em toda a sua extensão;
- VIII - as bordas dos tabuleiros ou chapadas, até a linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 (cem) metros em projeções horizontais;
- IX - no topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 (cem) metros e inclinação média maior que 25°, as áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços) da altura mínima da elevação sempre em relação à base, sendo esta definida pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação;
- X - as áreas em altitude superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros, qualquer que seja a vegetação;
- XI - as veredas.

De acordo com a Lei 9.433 de 08 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e Cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, “a água é um bem de domínio público, um recurso natural limitado, dotado de valor econômico. Em situações de escassez, o uso prioritário é para o consumo humano e dessedentação de animais. A gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas e 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” (Brasil, 1997).

As cidades, desde seus primórdios, foram construídas no entorno dos rios, por eles servirem de meio de comunicação, de abastecimento de água e descarte de efluentes domésticos e industriais. Apesar de existirem diversas leis de proteção desses rios, a maioria cai no esquecimento por parte da população, dos empresários e até mesmo dos gestores públicos. Acarretando com as práticas

errôneas, problemas ambientais como o assoreamento dos rios, como também provocando riscos graves para a saúde da população, com doenças de veiculação hídrica, e podendo ocorrer enchentes e deslizamento de encostas, como tem sido visto todos os anos em todo o mundo.

Na zona rural, as APP's são mais facilmente encontradas nas encostas acentuadas, nas matas ciliares inseridas no entorno de rios, córregos e nascentes, sendo elas de suma importância para o desenvolvimento sustentável, e para a manutenção e conservação dos recursos hídricos.

Segundo Skorupa (2003),

*Nas áreas de nascentes, a vegetação atuando como um amortecedor das chuvas, evita o seu impacto direto sobre o solo e a sua paulatina compactação. Permite, pois, juntamente com toda a massa de raízes das plantas, que o solo permaneça poroso e capaz de absorver as águas das chuvas, alimentando os lençóis freáticos; por sua vez, evita que o escoamento superficial excessivo de água carregue partículas de solo e resíduos tóxicos provenientes das atividades agrícolas para o leito dos cursos d'água, poluindo-os e assoreando-os.*

Essa vegetação das áreas de nascentes, são as comumente conhecidas como mata ciliar, que é uma formação florestal que ocorre ao longo dos cursos d'água, em locais sujeitos a inundações temporárias, em nascentes e olhos d'água (Passos, 1998). Para Davide et al.(2000), as matas ciliares ou florestas ripárias, são assim chamadas, por sua função de proteção, se assemelhar a dos cílios dos olhos, e na sua forma, por ocorrerem em faixas estreitas, em forma de ripas.

Martins (2001) verificou que existem vários termos para designar as matas ciliares, ou formação vegetal que ocorrem ao longo dos cursos d'água, que são: mata ciliar, floresta ripária, mata de galeria, floresta beiradeira, floresta ripícola floresta ribeirinha.

Ribeiro e Walter (1998) afirmam que:

*Os termos mata ciliar e mata de galeria podem ser definidos com base na largura da faixa de floresta e na fisionomia da vegetação de entorno (de interflúvio), sendo que a mata de galeria corresponde a aquela vegetação florestal que acompanha os rios de pequeno porte e córregos, formando corredores fechados (galerias), sobre os cursos d'água. Essa fisionomia é perenifólia, não apresentando caducifólia durante a estação seca e, quase sempre, ocorre em uma região em que a vegetação original de interflúvio não é de floresta continua, sendo características do cerrado, nas caatingas e nos campos.*

*Enquanto que a mata ciliar acompanha os rios de grande e médio porte, estando presentes em regiões em que a vegetação original de interflúvio também é florestal.*

Segundo Lima (1986), “A cobertura florestal influi positivamente sobre a hidrologia do solo, melhorando os processos de infiltração, percolação e armazenamento de água pelos lençóis, diminuindo o processo de escoamento subsuperficial, influências estas que conduzem a diminuição do processo erosivo”. A camada de serapilheira, camada vegetal seca que fica em cima do solo, é uma das principais condições para a manutenção das condições ótimas para o processo de infiltração de água no solo, sendo também um empecilho para que não ocorram enxurradas, contribuindo desta forma para o aumento da retenção temporária da água na superfície, o que resulta num período maior para ocorrência da infiltração.

*Esta maior capacidade de infiltração dos solos é proporcionada pelo fato da cobertura florestal adicionar matéria orgânica que se decompõe sobre o solo, proporcionando condições mais favoráveis às atividades biológicas. Tais atividades causam efeito benéfico na melhoria da estrutura do solo, afetando sua habilidade para transmitir o fluido, ou seja, aumentam a sua capacidade de infiltração e retenção de água, além de avaliar o impacto das gotas de chuva sobre a superfície (FIALHO, 1985).*

Nas áreas de matas ciliares, quando o solo se encontra desprovida de floresta, ocorre a redução de sua capacidade de retenção da água da chuva, pois ao invés de infiltrar, ela escoar formando enxurradas não permitindo assim o abastecimento do lençol freático, promovendo a diminuição da água armazenada. Assim na época mais seca do ano, ocorre a diminuição de diversas nascentes. Com o rebaixamento do lençol freático, afeta as nascentes, os rios, os riachos e os córregos que são abastecidos por ele. As enxurradas carregam as partículas do solo iniciando o processo de erosão (Barbosa, 1999).

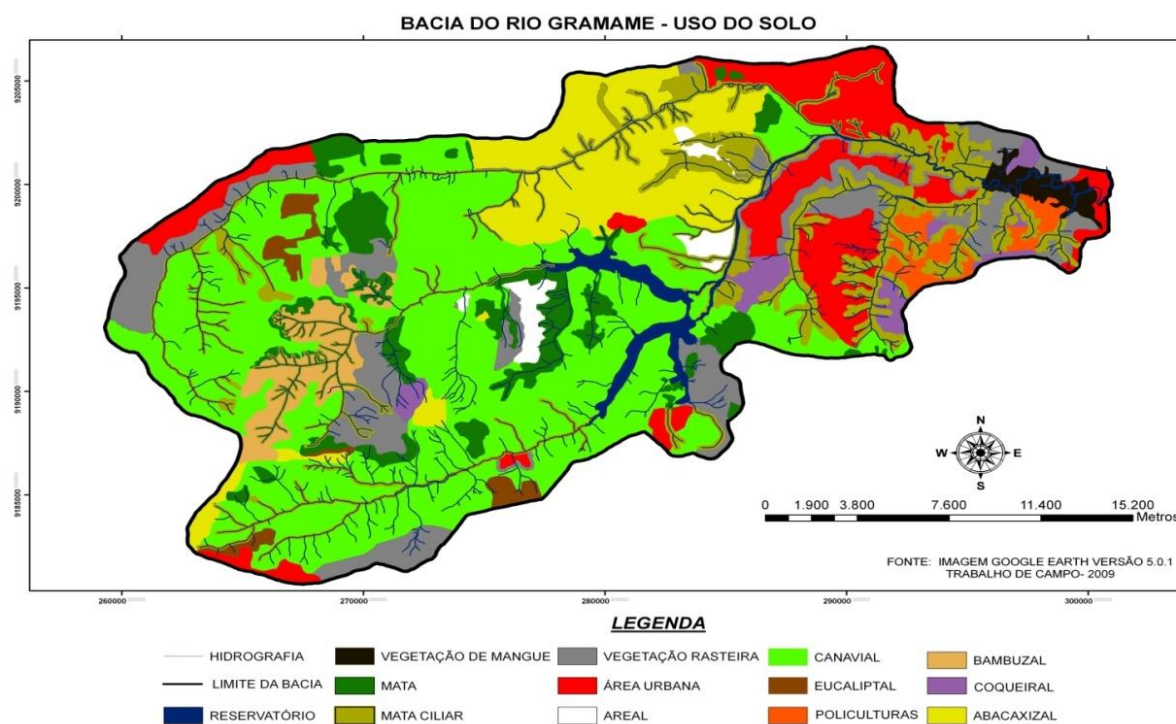
Botelho & Davide (2002), relatam que: apenas a recomposição da mata ciliar não é suficiente para recuperar a capacidade de “produção” de água de uma bacia hidrográfica. É de fundamental importância, para a recarga do lençol freático, a proteção das zonas de recarga acima das nascentes, por meio do uso da terra de acordo com a sua capacidade e existência de matas de topos de morro.

## 2.5 Vegetação

Segundo Costa (2011), “As várzeas, anteriormente ocupadas por uma floresta exuberante, 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*) e muitas outras, foram quase completamente devastadas. Hoje, ainda considerada terras férteis, costumam-se cultivar principalmente cana-de-açúcar dentre outros como cereais, legumes, inhame, abacaxi, mandioca. Nas colinas, localizam-se ainda fragmentos de Mata Atlântica, como a macaíba (*Acrocomia intumescens* Drude), imbaúba (*Cecropia pachystachya* Trec.), pau cinza (*Inga stipularis* DC.), genipapo (*Genipa americana* L.)”.

Um trabalho realizado recentemente na bacia hidrográfica do rio Gramame, por Coelho (2011) mostra o mapa de uso do solo (Figura 4). O autor identificou que com 42,31% da área total, representada pela cana-de-açúcar, essa cultura predomina na região oeste e central da bacia. Tendo o abacaxi (11,9%), apresentando um crescimento constante e ocupando uma considerável área, sendo localizada principalmente na Região Norte, município de Santa Rita. A vegetação nativa ocupa uma área de (11,33%) e as áreas urbanas (10,61%).

Figura 4: Mapa de uso e ocupação do solo



Fonte: Coelho (2011)

## 2.6 Ações Antrópicas

Segundo Guerra e Marçal (2006), a população humana e o crescimento populacional, tanto nos meio rurais quanto nos urbanos, principalmente nas grandes metrópoles, são responsáveis pelo maior número de processos modificadores do meio ambiente ao longo de sua história. Em quase todo o mundo, a erosão dos solos e a escassez dos recursos hídricos, vem preocupando autoridades e habitantes das áreas urbanas e rurais.

Segundo Rebouças (2002), “os mananciais são as fontes disponíveis de água, nos quais a população pode ser abastecida em suas necessidades, porém o desenvolvimento urbano e rural pode comprometer a qualidade destas águas contaminando a rede de escoamento superficial com despejos de esgotos locais, inviabilizando o manancial exigindo novos projetos de captação de águas em áreas mais distantes ou o uso de técnicas de tratamento mais intenso desta água e dos esgotos”.

Um dos marcos iniciais a essa degradação ambiental, a essa urbanização desorganizada, a poluição descontrolada dos recursos hídricos, foi a revolução

industrial e a revolução verde, nos séculos XIX e XX, respectivamente. Essas mudanças no meio físico e na sociedade, ocorreu de uma forma muito acelerada e de efeitos muito intensos, tanto na zona rural, com o desmatamento de grandes áreas para a prática da agricultura e pecuária, quando na zona urbana, ocorrendo também o desmatamento para a construção de cidades. Os efeitos negativos causados aos recursos naturais, com esse “desenvolvimento” acelerado, vem aumentando e se agravando cada vez mais no século que vivemos, o XXI.

Segundo Paraíba (2000) existe uma área preservada, de aproximadamente, 1.429 ha localizada no entorno da bacia do rio Gramame, e um total de 238,2 km de comprimento de cursos d'água degradados pelas diversas ações do homem.

De acordo Filgueira *et al.* (2010),

*Uma nascente ideal é aquela que fornece água de boa qualidade e com vazão o ano todo. Porém, tem-se verificado que nas últimas décadas que o desmatamento indiscriminado no campo, principalmente para o consumo de lenha e de carvão em atividades domésticas e de pequenas indústrias de forma não sustentável, e o uso inadequado dos solos tanto na área rural quanto na urbana, vem contribuindo para a diminuição da quantidade e qualidade da água em nossos mananciais. As águas das nascentes que no passado eram, límpidas, sem substâncias patogênicas e abundantes, hoje frequentemente se apresentam menos caudalosas e poluídas devido a falta de cuidados de usuários e de gestores públicos. Uma nascente é um recurso natural que possui características próprias que devem ser respeitadas para poder ser usada para o consumo humano ou animal e para a irrigação.*

Ainda segundo Filgueira *et al.* (2010), em estudo realizado no alto curso da bacia do rio Gramame, com os usos e usuários das águas das nascentes, verificaram-se que 37,9% da população local, utilizam as águas diariamente, principalmente para a lavagem de pratos e roupas, segundo para irrigação de pequenas lavouras, e em seguida para dessedentação de animais e que é pouco utilizada para beber. Existem perto de algumas nascentes, lançamentos de águas servidas urbanas, casa de farinha com o subproduto lançado a céu aberto, oficinas automotivas e de precários estábulos.

Filgueira et al. (2010), afirmam que:

*As áreas do entorno das nascentes necessitam de mais cuidados, tanto por parte da população residente quanto por parte dos gestores públicos. Verifica-se que o problema básico está na gestão ambiental, na falta de educação ambiental e na falta da implementação de práticas conservacionistas para a preservação dos recursos hídricos na região.*

A ação antrópica constitui a maior agressão à natureza e estes problemas sempre envolvem os mananciais comprometendo o atual ou o futuro da qualidade da água que abastece a cidade (Branco, 1993). Para Mota (2006), as variedades de poluentes lançados nos corpos d'água podem ser agrupadas em duas classes: pontual e difusa. Os resíduos domésticos e industriais constituem o grupo das fontes pontuais por se restringirem a um simples ponto de lançamento, facilitando o sistema de coleta através de canais ou rede. Em geral a fonte de poluição pontual pode ser reduzida através de tratamento apropriado para posterior lançamento. A poluição difusa caracteriza-se por apresentar múltiplos pontos de descarga resultantes do escoamento em áreas urbanas e ou agrícolas e ocorrem durante os períodos de chuva, atingindo concentrações bastante elevadas dos poluentes.

### 3 METODOLOGIA

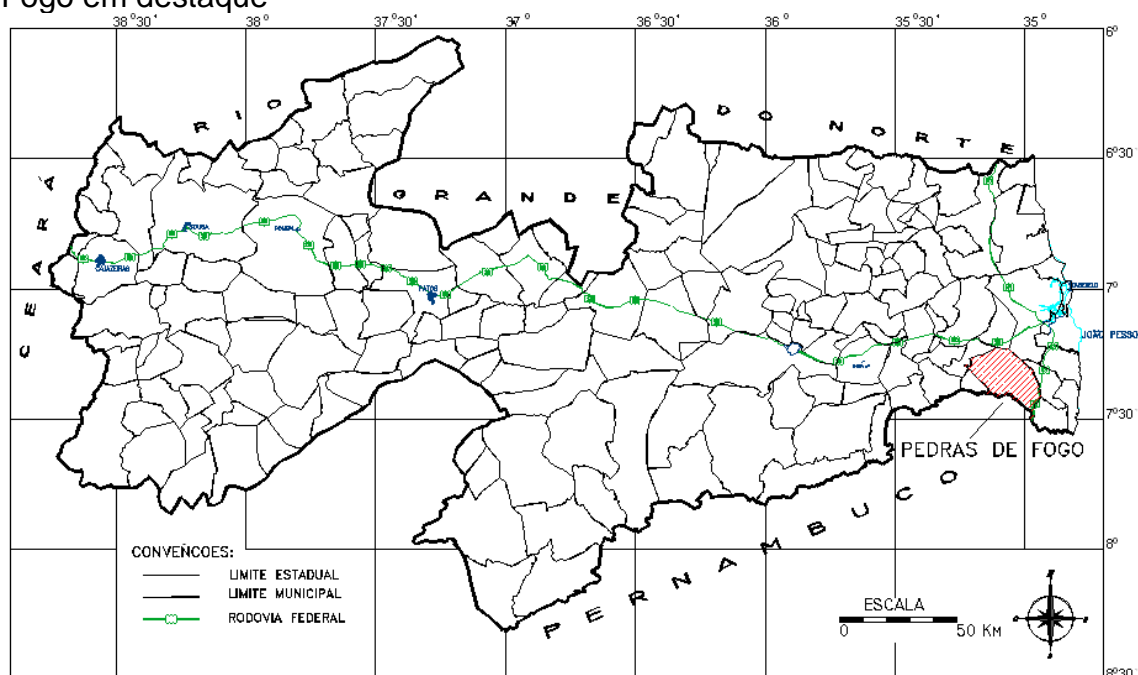
#### 3.1 Caracterização da Área de Estudo

##### 3.1.1 Localização

O município de Pedras de Fogo, situado na microrregião do Litoral Sul da Paraíba (Figura 5), foi criado pela lei estadual nº 895, de 11-03-1953 e tem uma área total de 400,39 km<sup>2</sup>, representando 0,7107% da área territorial do Estado. De acordo com o IBGE (2010), possui uma população de 27.034 habitantes, com uma densidade populacional de 67,4 hab./km<sup>2</sup>. Faz limite a leste com os municípios de Santa Rita, Alhandra e Caaporã; a oeste com Juripiranga e São Miguel de Taipu; a Norte com Cruz do Espírito Santo e a Sul com Itambé.

A cidade de Pedras de Fogo situa-se a uma altitude de 177 m e fica a 42 km da capital, João Pessoa. Tem um índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de 0,590, referido ao ano de 2010, de acordo com o Atlas Brasil 2013 Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD).

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)

O estudo foi realizado na bacia hidrográfica do alto curso do rio Gramame, na zona rural do município de Pedras de Fogo. Foram escolhidas quatro dentre as 71 nascentes catalogadas por Di Lorenzo (2007), sendo três localizadas na sub-bacia hidrográfica do Gramame, Cabelão (coordenadas UTM, SAD 69, Zona 25, Hemisfério Sul: 9.181.918m N e 266.560m E), Cacimba da Rosa (9.181.542m N e 265.632m E) e Nova Aurora (9.182.495m N e 263.233m E) e uma na sub-bacia do rio Mumbaba: Comunidade Fazendinha (9.192.080m N e 262.473m E). Essas nascentes foram escolhidas para a realização desse estudo, por sua localização ser de fácil acesso e por estarem localizadas em assentamentos agrícolas do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) (Comunidade Nova Aurora e Comunidade Fazendinha). (Figuras 6 e 7).

Figura 6: Localização da bacia hidrográfica do rio Gramame, Paraíba

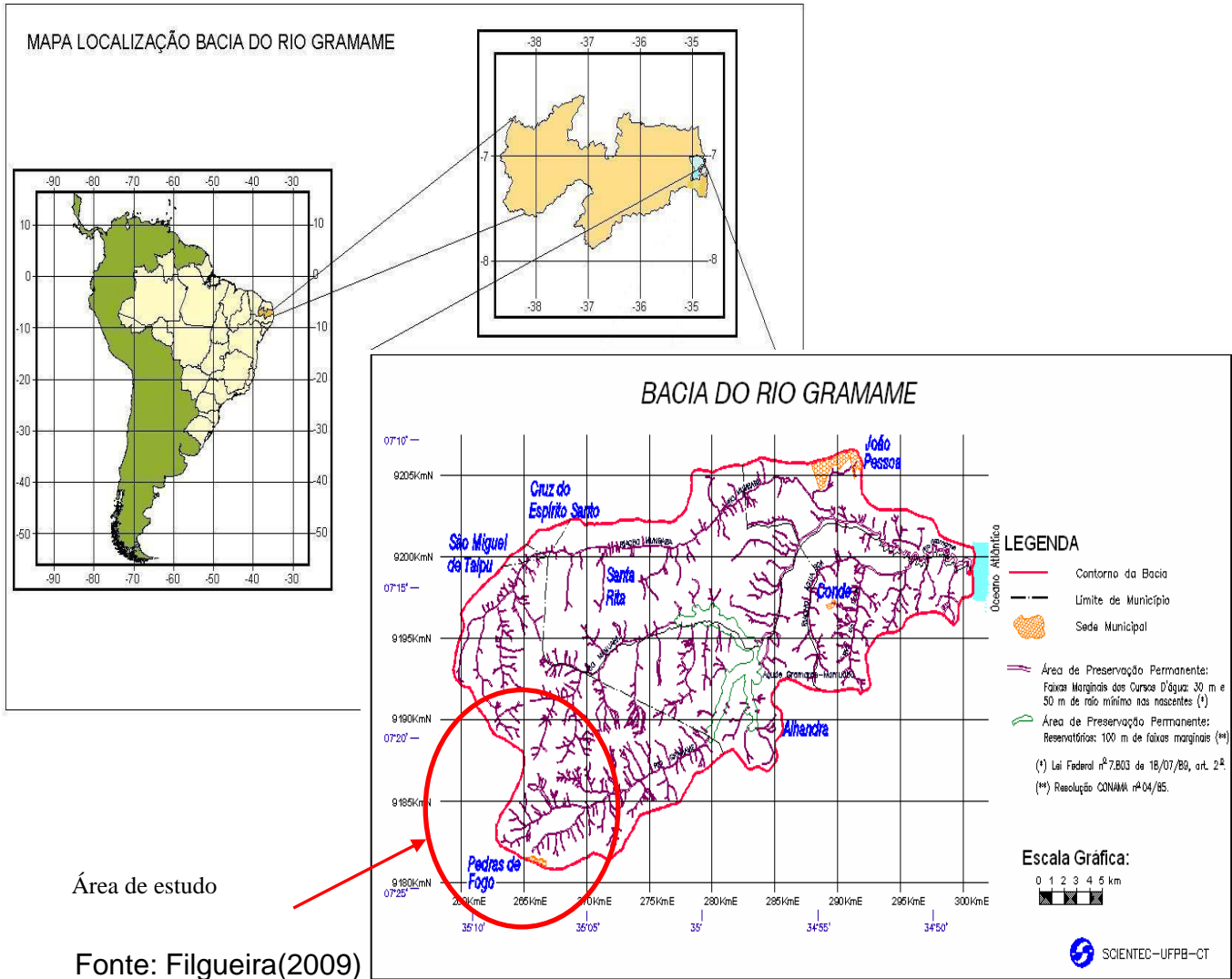
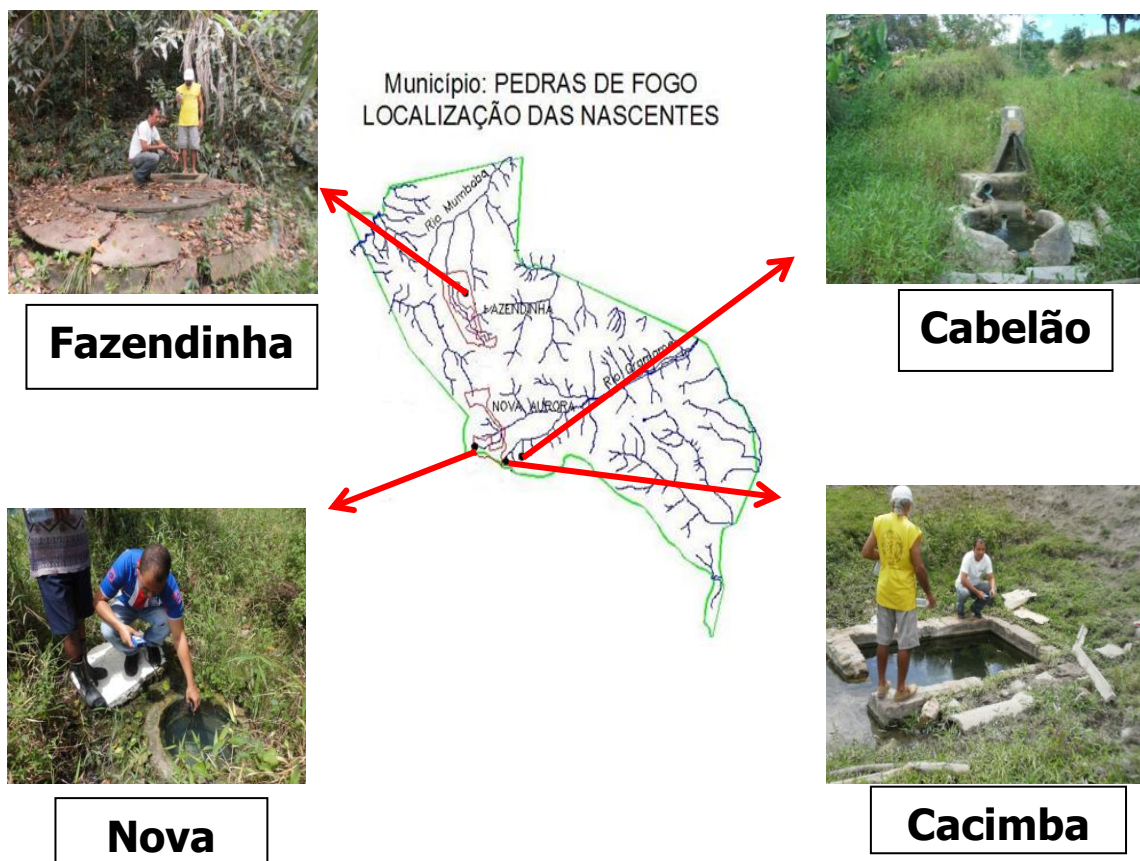


Figura 7: Localização das nascentes Fazendinha, Cabelão, Nova Aurora e Cacimba da Rosa na Bacia do rio Gramame, Paraíba



Fonte: Filgueira et al. (2012)

### **3.1.2 Clima**

O clima do município de Pedras de Fogo é classificado com Köppen como do tipo AS', quente e úmido, tropical chuvoso, com chuvas concentradas no período de outono e inverno, começando no mês de abril podendo chegar até o mês de julho, ocorrendo nesse período baixa temperatura. De acordo com Cabral da Silva (2002), a umidade relativa do ar pode chegar a 80%. Esse município faz parte da Mesorregião da Mata Paraibana, com uma pluviometria média anual de 1.500 mm, e uma temperatura oscilando de 18 °C a 30 °C.

### **3.1.3 Solos**

Os solos mais encontrados na Região de Pedras de Fogo, são: Alissolos, Neossolos Flúvicos e Neossolos Quartzarênicos. Segundo Costa (2011), os alissolos são solos pobres, isto é, de baixa fertilidade e necessitam de calagem para corrigir a acidez e adubação para a utilização na agricultura. Ainda segundo Costa (2011), "Os solos encontrados do tipo Neossolos Flúvicos, são solos profundos de baixa fertilidade natural, bem drenados, podendo apresentar saturação de bases que pode variar de baixa à alta, situando-se em terrenos da baixada litorânea. Podem ser intensamente cultivados desde que se façam práticas de calagem e adubação. Quanto aos Neossolos Quartzarênicos - solos de textura predominantemente arenosa, drenagem excessiva e baixíssima fertilidade necessitam para seu aproveitamento agrícola de práticas de adubação, principalmente a incorporação de matéria orgânica para melhorar sua estruturação e a retenção de umidade".

## **3.2 Caracterização das Captações**

As captações de nascentes estudadas são do tipo freáticas e perenes, sendo três captações de poço raso e uma em dreno com caixa a jusante. Essas captações são de pequeno porte e de características simples de construção, encontrando-se duas delas em mal estado de conservação. O Quadro 2 resume algumas características das nascentes estudadas.

Quadro 2 - Características das nascentes estudadas

Captação	Bacia hidrográfica	Tipo de nascente	Tipo de captação
Cabelão	Gramame	Freática de encosta	Com dreno e caixa rasa a jusante
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)

### 3.2.1 NASCENTE CABELÃO

Segundo Costa (2011), há pouco mais de vinte anos, a nascente do Cabelão, que está situada na periferia da cidade de Pedras de Fogo, era totalmente conservada, pelo fato de que só existia no local, vegetação e matas nativas. Com a urbanização dessa área, ocorreu o desmatamento do local, afetando diretamente na conservação dessa nascente em questão. As matas foram sendo substituídas ao longo do tempo por agricultura de subsistência, chegando assim, nos dias atuais, a um grau de devastação acentuado. A fauna nativa existente foi sendo expulsa da localidade, procurando um ambiente mais adequado para sua sobrevivência. Algumas espécies foram comercializadas pela população, tanto para a criação em cativeiro, como para serem consumidas como alimento.

Vários são os fatores que vem contribuindo para a degradação dessa nascente, sendo os principais: o lixo doméstico jogado no seu entorno e a construção recente de um anel viário a montante, sendo nessa atividade realizado diversos cortes, aterros e compactação do solo.

Com esses fatores houve uma queda na qualidade e quantidade de água fornecida por essa nascente, que antes da concessionária de água (CAGEPA) atender à localidade, era uma das principais fontes de abastecimento de água local (Figura 8).

Figura 8 - Nascente Cabelão, Pedras de fogo, PB



Fonte: Autora (2012)

### 3.2.2 NASCENTE CACIMBA DA ROSA

A nascente Cacimba da Rosa há pouco menos de 10 anos, era conservada, com uma variedade considerável de vegetação e de fauna no seu entorno. Por ser uma fonte de água de qualidade e com uma vazão abundante e muito forte, era considerada uma das principais fontes de água da população local, segundo Costa (2011). Já existia uma população em pequenas quantidades, onde com a construção recente de um anel viário passando a sua jusante, essas características mudaram rapidamente.

Com o passar do tempo, foram substituídas a vegetação existente, por agricultura e pecuária de forma inadequada, sem nenhum controle técnico, começando assim a degradação dessa nascente. Um dos fatores recentes que pode ter afetado a qualidade e a quantidade de água existente nessa nascente, foi a construção da estrada, por ter realizados vários aterramentos nas suas proximidades, conseqüentemente ocorrendo a compactação do solo.

Nas frequentes visitas à nascente Cacimba da Rosa (Figura 9), pode ser observada a grande devastação do ambiente relativamente a degradação e a compactação do solo pela construção do anel viário, a extinção da mata nativa e da fauna local. De acordo com a população local, as culturas mais plantadas no entorno da nascente são, a batata doce, inhame e macaxeira.

Figura 9 - Nascente Cacimba da Rosa, Pedras de Fogo, PB



Fonte: Autora (2012)

### 3.2.3 NASCENTE NOVA AURORA

A nascente Nova Aurora (Figura 10) situa-se na fazenda de mesmo nome, que foi desapropriada pelo Instituto Nacional de Reforma Agrária (INCRA), sendo assim repassados os lotes (Figura 11) para pequenos agricultores, formando um assentamento rural. Aos poucos suas matas foram sendo reduzidas em toda sua extensão, dando espaço para a agricultura de subsistência, a monocultura da cana de açúcar, a pecuária, sendo observado atualmente usos inadequados de suas águas como lavagem de roupas e banho

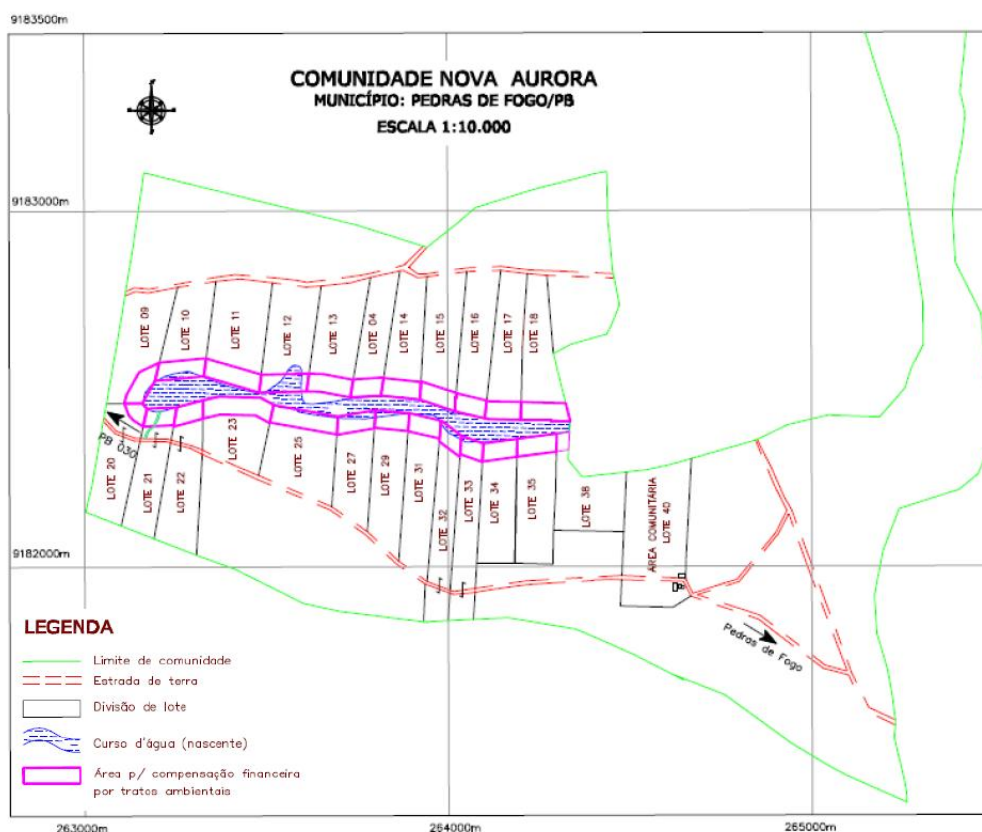
Segundo Costa (2011), “A reforma agrária tomou conta da nascente do assentamento Nova Aurora, levando a consequências ambientais desastrosas e muitas delas de caráter irreversíveis. Dentre essas consequências, as de maiores destaques foram o desmatamento desenfreado, a introdução da agricultura de subsistência e da “lavoura branca” sem acompanhamento técnico, a monocultura da cana-de-açúcar, o uso inadequado da água, a poluição hídrica por meio de lixo doméstico e de agrotóxicos e a introdução de animais como bovinos, caprinos, entre outros, sendo o bovino o mais agressivo por compactar e destruir as propriedades químicas e físicas do solo, retirando todas as riquezas que são necessárias ao bom estabelecimento e desenvolvimento da vegetação”.

Figura 10 - Nascente Nova Aurora, Pedras de fogo, PB



Fonte: Autora (2012)

Figura 11 – Loteamento da comunidade rural de Nova Aurora ao redor de sua nascente, realizado pelo INCRA/PB



Fonte: adaptado do INCRA/PB

### 3.2.4 NASCENTE FAZENDINHA

A nascente Fazendinha, dentre as nascentes estudadas, é a única que ainda possui ainda vegetação natural no seu entorno, com a presença de árvores aparentemente centenárias de grande porte. No entanto, ela sofre processo de antropismo pela lavagem de roupas no local, sobre a estrutura que a protege. Em pesquisa local com moradores naturais da região, os mesmos informaram a importância que essa nascente representa. A lembrança de uns 50 anos atrás, existia um engenho de moagem de cana-de-açúcar nessa localidade, com trabalhos intensos, mas o seu proprietário teve a consciência de quão importante era uma nascente dessa proporção para toda a vida, e manteve assim preservada como se vê na (Figura 12).

Logo após a desativação desse engenho, a terra foi desapropriada pelo Incra, onde a mesma foi denominada Comunidade Fazendinha (Figura 13). Mesmo assim, diferentemente das demais nascentes estudadas nesse trabalho, os assentados que

receberam os seus lotes, decidiram por manter a área da nascente preservada. Uma decisão em que todos se beneficiam, e não precisando assim de medidas de recuperação dessa nascente (Costa, 2011).

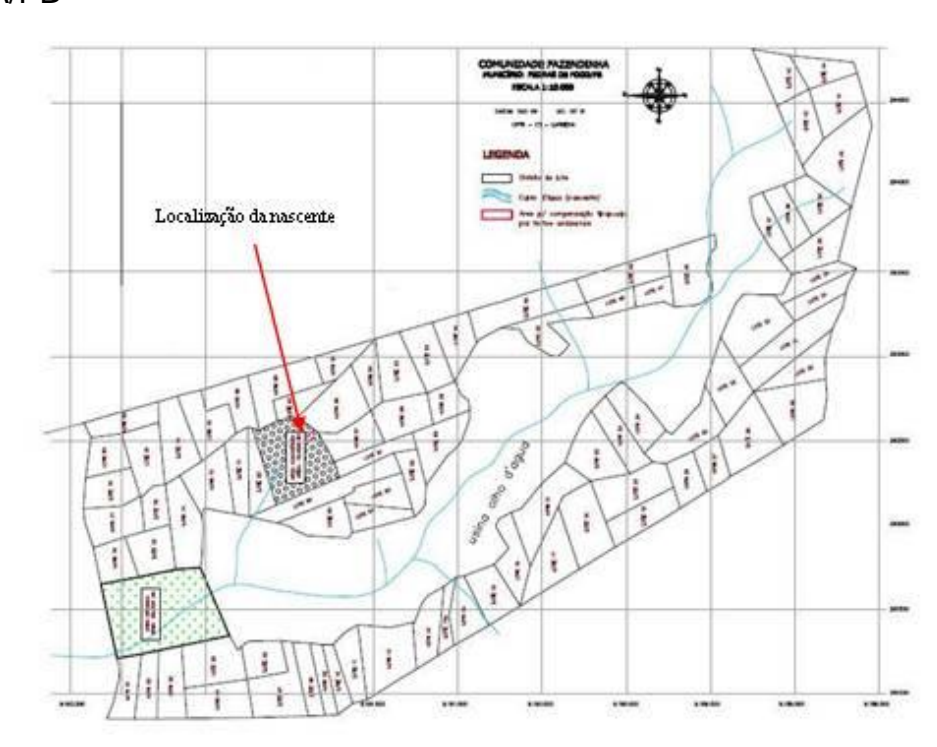
Como na nascente Cacimba da Rosa, a nascente Fazendinha apesar de sua boa conservação florestal, sofre diversos problemas com o despejo de resíduos sólidos deixados pela população que vão até o local para lavar roupas e deixam vasilhames de água sanitária, sacolas de sabão em pó, vasilhames de vidro, entre outros resíduos.

Figura 12 – Nascente Fazendinha, Pedras de fogo, PB



Fonte: Autora (2012)

Figura 13 – Loteamento da comunidade rural de Fazendinha, realizado pelo INCRA/PB



Fonte: adaptado do INCRA/PB

### 3.3 Metodologia Utilizada

Este trabalho foi realizado em três etapas. A primeira etapa trata do levantamento de dados socioeconômicos e climatológicos referente à área de estudo. Para a coleta dos dados socioeconômicos foram realizadas pesquisas junto a órgãos públicos como: Prefeitura Municipal de Pedras de Fogo/PB, Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural da Paraíba (EMATER/PB) e Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA); além de pesquisas bibliográficas em bibliotecas públicas e na rede mundial de computadores e em artigos técnico-científicos publicados em periódicos nacionais e internacionais e em anais de congressos. Quanto aos dados climatológicos, essa pesquisa tratou de coletar os valores diários de precipitação pluviométrica ocorridos na região de estudo nos últimos 30 anos, com prazo final de coleta em março de 2013. Esses dados estão sendo obtidos na Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs), na EMATER/PB e no Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), da cidade de Itambé/PE, cidade essa conjugada com a cidade de Pedras de Fogo/PB.

A segunda etapa da pesquisa consistiu dos trabalhos realizados em campo. Os primeiros passos dos trabalhos de campo trataram da escolha das nascentes na área de trabalho. Foram escolhidas quatro das nascentes que 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. Em seguida foram feitas caminhadas exploratórias, com registros fotográficos e de georreferenciamentos com uso de um GPS (*Global Positioning System*) portátil, nas áreas dos em torno dessas nascentes, com o intuito de verificação das ações antrópicas na área de estudo. Ainda com referência as visitas de campo, os dados de vazões mensais nas quatro nascentes estudadas, foram coletados de janeiro de 2010 a março de 2013. As vazões foram medidas utilizando-se métodos simples adequados a cada tipo de captação: para poços rasos o procedimento adotado foi o descrito em Daker (1983). As vazões das nascentes captadas através de dreno com tubo foram quantificadas a partir de medições realizadas o mais próximo possível da surgência, pelo método volumétrico.

A terceira etapa tratou das análises dos dados hidrometeorológicos, compreendendo vazões das nascentes e pluviometria, coletados em campo, utilizando estatísticas pertinentes. As análises estatísticas consistiram na verificação da estacionariedade das séries de vazões mensais das nascentes e das séries históricas de precipitações pluviométricas ocorridas nas áreas do em torno dessas. Foram empregados os seguintes procedimentos: análise das curvas de tendência das séries de vazão e de pluviometria; aplicação do teste de Pettit para determinação do possível ponto de ruptura da homogeneidade da série por ações antrópicas, por exemplo; aplicação do teste “U”, para verificação da estacionariedade das séries.

## 2.4 Método Utilizado para Medir o Valor da Vazão

### 3.4.1 MÉTODO DE POÇOS RASOS, DAKER (1983)

O método consiste em extrair água do poço em uma vazão tal que o nível da água no seu interior desça a uma altura  $\Delta a$ . Determina-se em seguida o intervalo de tempo  $\Delta t$  necessário para nível subir novamente até a altura primitiva. Sendo  $S$  a área da seção transversal do poço, a vazão  $Q$  será (Equação 1):

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

No procedimento para medir a vazão das nascentes, utiliza-se uma bomba hidráulica para rebaixamento do nível da água, uma régua para medir a velocidade do nível da água e cronômetro para contabilizar o tempo (Figuras 14, 15 e 16).

Figura 14 - Bomba Hidráulica – procedimento de nivelamento de água



Fonte: Autora (2012)

Figura 15: Régua utilizada no procedimento de medição da vazão



Fonte: Autora (2012)

Figura 16 - Cronômetro Digital



Fonte: Autora (2012)

### 3.4.2 MÉTODO VOLUMÉTRICO

Esse método é utilizado para nascentes com pequenas vazões (Figura 17). São utilizadas em nascentes com dreno e caixa rasa a jusante.

O procedimento consiste na medição direta do volume de água em um recipiente de volume conhecido, onde o tempo gasto para o seu enchimento é marcado com um cronômetro digital.

A vazão resultante é a razão entre volume coletado e o tempo medido no cronômetro para a água atingir a marca graduada indicadora do volume no recipiente.

Nos dois casos, o método de poços rasos e o volumétrico, repetiram-se três vezes o procedimento, tirou-se a média utilizando-a como o valor final da vazão.

Figura 17 - Método volumétrico para medição da vazão na nascente Cabelão



Fonte: Cabral da Silva, (2011)

### 3.5 Procedimentos estatísticos:

Foram realizados procedimentos estatísticos para verificar se ocorreu mudança brusca nos valores das séries de vazão e de precipitação. Foram utilizados os seguintes procedimentos estatístico: o teste de Pettit, teste de normalidade, teste “U” (*Mann-Whitney*), Histograma e Box-plot.

#### 3.5.1 O TESTE DE PETTIT

O teste de *Pettit* tem a finalidade de localizar o ponto de ruptura (*changing point*) de uma série temporal, ou seja, o ponto onde ocorreu uma mudança brusca na média dos valores dessa série. Esse método também oferece recurso para se calcular o nível de significância estatística do teste. É um teste não paramétrico (*Pettit*, 1979), ou seja, dispensa o conhecimento dos parâmetros da distribuição para a sua utilização e é uma versão do teste de Mann-Whitney com a finalidade de verificar se duas amostras são provenientes de uma mesma população. Esse teste baseado em postos (Thomas C. Peterson et alli, 1998), possui a vantagem de não ser influenciado pela presença de outliers (Gert Verstraeten et alli, 2006) e é considerado robusto a mudanças na distribuição e relativamente poderoso comparado com o teste de Wilcoxon-Mann-Whitney (Zbigniew W. Kundzewicz, 2004).

No teste de Pettit-Mann-Whitney, uma série de comprimento T dada por  $(X_1, X_1, \dots, X_T)$ , é considerada como duas amostras representadas por  $X_1, X_4, \dots, X_t$  e  $X_{t+1}, X_{t+2}, \dots, X_T$  e pode ser representado matematicamente como (M. J. Nazemosadat et alli, 2006), (Equações 2, 3 e 4):

$$V_{t,T} = \sum_{j=1}^T \text{sgn}(X_t - X_j) \quad (2)$$

$$U_{t,T} = U_{t-1,T} + V_{t,T} \quad \text{para } t = 2, T \quad (3)$$

$$U_{1,T} = V_{1,T} \quad (4)$$

Sendo:

$$\text{sgn}(x) = \begin{cases} 1, & x > 0 \\ 0, & x = 0 \\ -1, & x < 0 \end{cases}$$

$\text{sgn}(x)$  = resultado da diferença entre dois valores da série  $(X_i - X_j)$ , podendo ser positivo, zero ou negativo.

A estatística  $U_{t,T}$  faz uma contagem do número de vezes que um membro da primeira amostra é maior que um membro da segunda e essa estatística é calculada para os valores de  $1 \leq t \leq T$  e a estatística  $k(t)$  do teste de Pettit é o máximo valor absoluto de  $U_{t,T}$ , (Equação 5).

$$k(t) = \text{MAX}_{1 \leq t \leq T} |U_{t,T}| \quad (5)$$

Esta estatística localiza o ponto onde houve uma ruptura (“*changing point*”) de uma série temporal, ou seja, o ponto de mudança brusca é o ‘t’ onde ocorre o máximo  $k(t)$  e a sua significância pode ser calculada aproximadamente pela (Equação 6):

$$p = 2 \cdot \exp\{-6 \cdot (k(t))^2 / (T^3 + T^2)\} \quad (6)$$

O teste tem como hipótese nula ( $H_0$ ) e alternativa ( $H_1$ ):

$H_0$ : não existência de mudança brusca na série.

$H_1$ : existência de mudança brusca.

A hipótese nula ( $H_0$ ) é rejeitada quando o valor calculado exceder um valor crítico tabelado, para um determinado nível de significância  $\alpha$ . Para esse teste foi adotado nível de significância de 5%.

O valor crítico de K pode ser calculado pela (Equação 7):

$$k_{\text{crit}} = \pm \sqrt{\frac{-\ln(p/2)(T^3 + T^2)}{6}} \quad (7)$$

A hipótese nula ( $H_0$ ) também pode ser rejeitada quando o valor de probabilidade calculado do teste  $p(k)$  for menor do que um determinado nível de significância alfa previamente estabelecido como por exemplo, 10% ou 5% ou 1%.

### 3.5.2 TESTE DE NORMALIDADE

O Teste de Shapiro-Wilk é formulado com as seguintes hipóteses:

Hipótese nula → H0: a amostra tem distribuição normal ( $\mu$ ,  $\sigma^2$ ).

Hipótese alternativa → H1: a amostra não tem distribuição normal.

O software SPSS apresenta como resultado para o teste de Shapiro-Wilk a sua significância, ou seja, o valor-p. A significância do teste é um valor de probabilidade que divide a distribuição em duas regiões, a saber: uma de aceitação da hipótese nula para valores de probabilidade maiores do que o valor-p e outra de não aceitação da hipótese nula para valores de probabilidade menores do que o valor-p. Para analisar o resultado do teste de Shapiro-Wilk primeiramente escolhe-se um nível de significância alfa que pode ser os seguintes níveis padrão: alfa =10% ou alfa = 5% ou alfa = 1%. Em seguida verifica-se:

- a) se a significância do teste de Shapiro-Wilk (valor-p) for menor do que um nível de significância (alfa) previamente escolhido então: rejeita-se a H0 ao nível alfa de significância.
- b) se a significância do teste de Shapiro-Wilk (valor-p) for maior do que um nível de significância (alfa) previamente escolhido então: não rejeita-se a H0 ao nível alfa de significância.

### 3.5.3 TESTE NÃO PARAMÉTRICO U DE MANN-WHITNEY (WILCOXON-MANN-WHITNEY)

Como apenas duas das amostras seguem a distribuição normal conforme os testes *Shapiro-Wilk*, fica-se impossibilitado estatisticamente de realizar o teste *paramétrico t* que exige o pressuposto de normalidade da distribuição. Como alternativa tem-se o teste não paramétrico de *Mann-Whitney*.

O teste de Mann-Whitney ou Mann-Whitney-Wilcoxon (ou teste M-W-W) é um teste não-paramétrico alternativo ao teste t-Student para comparar as médias de

duas amostras independentes. Esse teste exige como pressuposto apenas que as duas amostras sejam independentes e aleatórias.

Para amostras com tamanhos superiores a 10 o teste de Mann-Whitney pode ser aproximado pela normal utilizando as seguintes estatísticas:

Para esse teste as hipóteses podem ser formuladas do seguinte modo:

Hipótese nula →  $H_0: \mu_1 = \mu_2$  (as médias são iguais).

Hipótese alternativa →  $H_1: \mu_1 \neq \mu_2$  (as médias são diferentes).

O teste de Mann-Whitney foi realizado no *software* SPSS e como saída do teste esse software apresenta além de outras estatísticas a significância do teste bicaudal que compararemos com valores de significância convencional e comumente estabelecidos como alfa ( $\alpha$ ): 5% e 1%. Se a significância do teste for menor do que valores de alfa (5% ou 1%) rejeita-se a hipótese nula e se for maior não rejeita-se a hipótese nula e resumidamente tem-se:

Se a Significância do teste (sig.) > alfa (5% ou 1%) não rejeita-se  $H_0$ .

Se a Significância do teste (sig.) < alfa (5% ou 1%) rejeita-se  $H_0$ .

## 3.5.4 HISTOGRAMA E BOX-PLOT

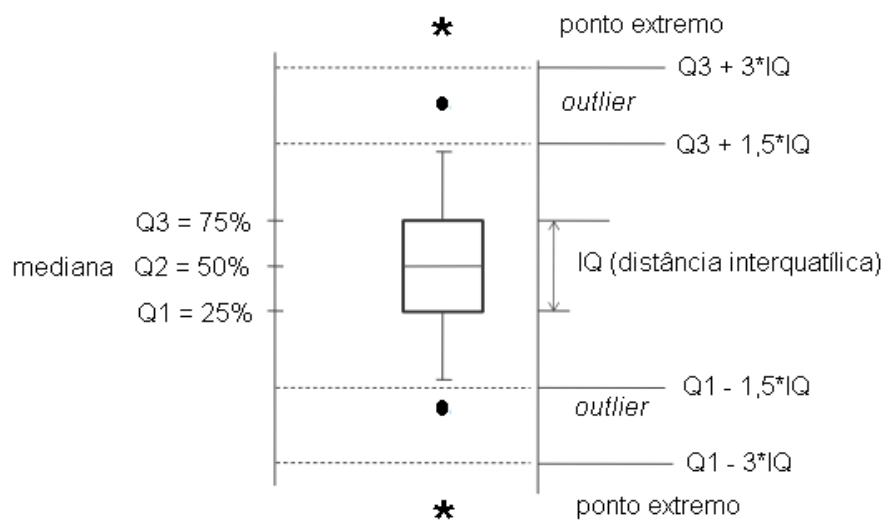
### 3.5.4.1 Histograma

O histograma é um instrumento de representação gráfica de dados e de grande utilidade para a análise. O objetivo da representação dos dados por meio do histograma (eixo X medidas e eixo Y frequência) é visualizar o formato da distribuição dos dados. Através da análise do histograma outras informações da distribuição como assimetria, curtose, amplitude podem ser visualizadas e comparadas. É comum representar o histograma superposto por uma curva normal para estabelecer semelhança ou contraste com esta referida distribuição, ou seja, verificar a tendência à normalidade dos dados.

### 3.5.4.2 Box-Plot

Como o histograma, o box-plot também é uma outra forma de representar os dados de uma distribuição de uma variável aleatória quantitativa. Através desse gráfico pode-se observar o comportamento dos dados por meio dos valores por ele representados como primeiro quartil (Q1), segundo quartil (Q2), terceiro quartil (Q3), limite superior, limite inferior, outliers (•) e os pontos extremos (\*). Com essas informações é possível ter uma noção do comportamento da distribuição e concentração dos dados.

Figura 18 – Saída do Box-Plot no SPSS



## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 As vazões medidas

As vazões foram medidas no período de janeiro de 2010 a março de 2013, com intervalo aproximado de 30 dias. Assim, foram realizadas 150 medições, sendo 39 para Cabelão, 39 para Nova Aurora, 37 para Cacimba da Rosa e 35 para Fazendinha (Quadro 3).

Os valores das precipitações médias mensais variaram de 15,8 mm no mês de Novembro a 292,7 mm no mês de julho, sendo o mês de novembro de 2011, o de menor valor mensal com 2,8 mm e o mês de julho de 2011, com maior valor mensal, 555,5 mm (Apêndice B). A média anual para o período estudado foi de 1.471,6 mm. Já para a série de 30 anos o total médio anual foi de 1.169,77 mm. A maior precipitação diária registrada neste período foi de 163,00 mm, ocorrida no dia 29 de maio de 2011.

Foram realizadas 39 medições mensais de vazões, no período de três anos e três meses. Os dados de vazão obtidos e precipitações diárias foram plotados e estão apresentados na Figura 19.

As vazões medidas em cada captação revelaram variações que indicam possuir influencia de fatores determinantes na formação das vazões. Os valores das vazões medidas nas captações estudadas, nos meses de janeiro de 2010 a março de 2013, apresentaram grandes variações entre elas variando com mínimo de 2,6 L/min em Cabelão até o máximo de 90,47 L/min em Cacimba da Rosa. A menor vazão média foi de 10,5 L/min da captação Nova Aurora. Já a maior vazão média foi 57,5 L/min da captação Cacimba da Rosa.

Quadro 3: Valores de vazões medidas (L/min), vazões médias (Qm) e coeficiente de variação (CV)

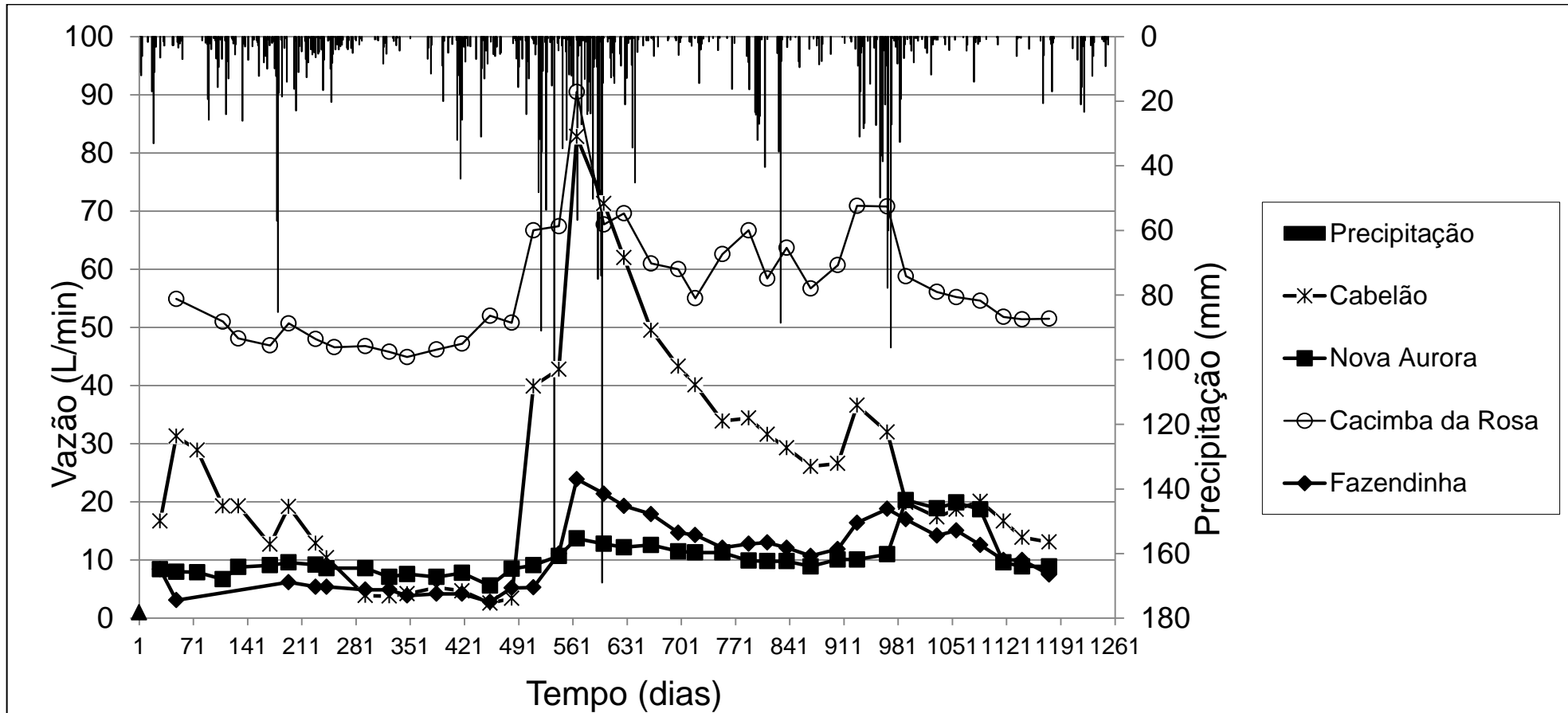
Data das medições	Cabelão	Nova Aurora	Cacimba da Rosa	Fazendinha
28/01/2010	16,7	8,4		8,4
18/02/2010	31,3	8	54,9	3,1
17/03/2010	28,9	7,89		
19/04/2010	19,3	6,7	51	
09/05/2010	19,3	8,8	48,1	
19/06/2010	12,7	9,1	46,9	
13/07/2010	19,3	9,6	50,7	6,2
17/08/2010	12,9	9,2	48	5,6
20/09/2010	10,4	8,6	46,6	5,4
20/10/2010	3,9	8,6	46,8	4,9
20/11/2010	3,8	7,1	72,3	4,9
13/12/2010	4,2	7,6	44,9	3,9
20/01/2011	5,3	7,1	46,2	4,2
22/02/2011	4,7	7,8	47,2	4,2
30/03/2011	2,6	5,6	39,9	2,8
27/04/2011	3,4	8,5	52	5,2
25/05/2011	39,9	9,07	66,7	5,3
27/06/2011	42,8	10,7	67,4	11,07
20/07/2011	82,79	13,74	90,47	23,87
24/08/2011	71,31	12,81	67,71	21,4
19/09/2011	62,03	12,17	69,6	19,3
24/10/2011	49,54	12,56	61,01	17,91
28/11/2011	43,26	11,53	59,98	14,72
20/12/2011	40,1	11,34	55,04	14,33
24/01/2012	33,89	11,26	62,64	12,12
27/02/2012	34,4	9,9	66,7	12,8
22/03/2012	31,6	9,8	58,4	13
16/04/2012	29,3	9,8	63,7	12,1
17/05/2012	26,1	8,9	56,7	10,7
21/06/2012	26,6	10,1	60,7	11,9
16/07/2012	36,6	10,1	70,9	16,4
24/08/2012	31,99	11	70,84	18,76
17/09/2012	19,89	20,31	58,81	17
27/10/2012	17,42	18,89	56,12	14,15
21/11/2012	18,7	19,9	55,2	15,1
22/12/2012	20,1	18,7	54,6	12,7
21/01/2013	16,7	9,6	51,8	10
14/02/2013	13,9	8,9	51,4	10
21/03/2013	13,1	8,9	51,5	7,5
<b>Qm</b>	25,7	10,5	57,5	10,9
<b>Cv</b>	0,72	0,33	0,17	0,52

Fonte: elaboração da autora

O coeficiente de variação de 0,72, da captação Cabelão, indica ser a sua produção mais vulnerável a influências externas. Por outro lado, a captação Cacimba da Rosa apresentou a menor vulnerabilidade representada pelo seu baixo coeficiente de variação de apenas 0,17. A análise da Figura 19, focada nas vazões medidas, aponta para pequenas variações da captação Cacimba da Rosa, enquanto que Cabelão apresenta uma grande variação ascendente da curva decorrente das chuvas no intervalo central das medições (praticamente em três meses, entre os dias 491 a 631), sendo os outros períodos de pouca variação ou de valores decrescentes.

As captações Fazendinha e Nova Aurora não apresentaram grandes variações de vazão, com respostas muito pequenas às ocorrências de chuvas nos períodos anteriores às medições.

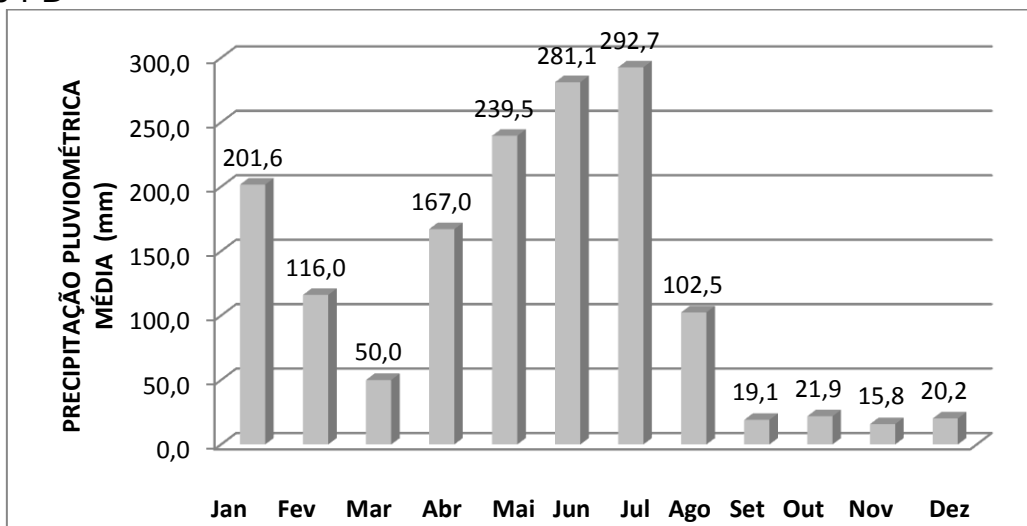
Figura 19 – Valores de vazões medidas nas quatro captações e das precipitações no período de janeiro de 2010 a março de 2013



Fonte: elaboração da autora

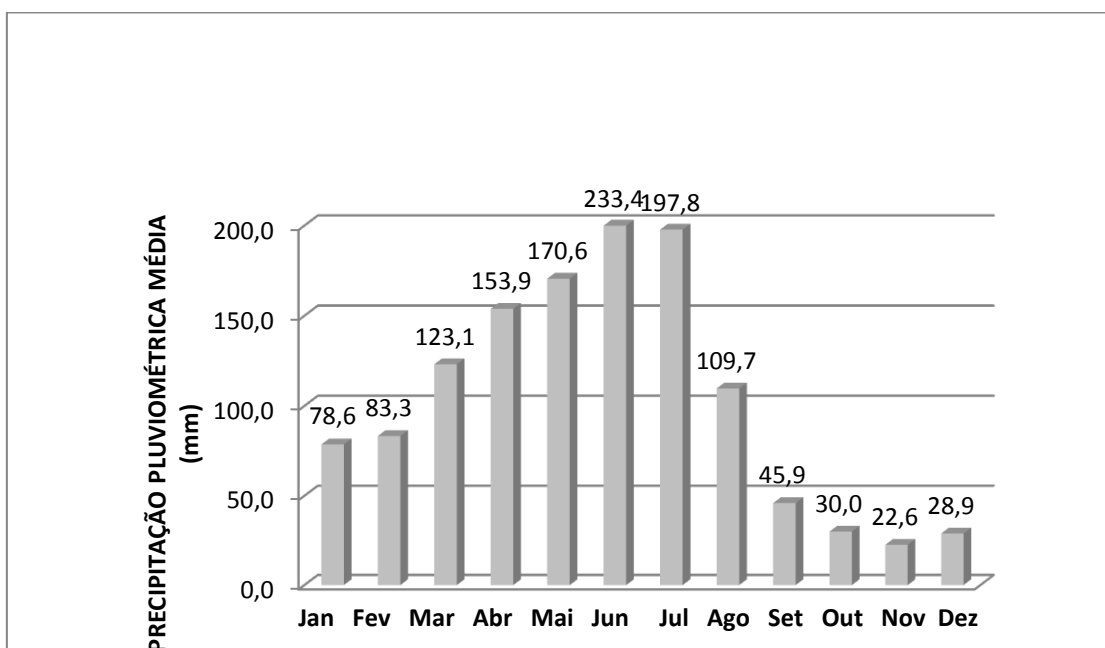
Os gráficos das Figuras 20 e 21 mostram as precipitações pluviométricas médias mensais ocorridas na região de estudo no período de janeiro de 2010 a março de 2013 e no período de 30 anos (1983-2013), respectivamente.

Figura 20: Precipitação Média Mensal (2010 – 2013), município de Pedras de Fogo-PB



Fonte: elaboração da autora

Figura 21: Precipitação Mensal, Média nos últimos 30 anos, Município Pedras de Fogo – PB



Fonte: elaboração da autora

Verifica-se pelo gráfico da Figura 22 que os meses mais chuvosos na região começam em março e se estende até o mês de agosto. Valores atípicos de precipitação ocorreram nos últimos três anos entre os meses de janeiro a março (Figura 21), com valores acima da média dos últimos 30 anos para os meses de janeiro e fevereiro e abaixo da média no mês de abril, e abaixo no mês de março. Houve também uma tendência nos últimos três anos de queda nas médias precipitadas para os meses de setembro a dezembro.

#### **4.2 Investigação da homogeneidade nas series pluviométricas e de vazão**

A análise dos dados hidrológicos foi feita com o objetivo de verificar a existência ou não de homogeneidade e tentar relacioná-la temporalmente com possíveis influências antrópicas. Esse teste é para verificar se todos os elementos amostrados (para cada série) provêm de uma única população. A existência de não homogeneidade de uma série de dados pode ser verificada através do teste de Pettit que identifica a existência da não homogeneidade através de um ponto de ruptura (determinado valor da série) que dividirá a série em duas amostras com médias diferentes e com a respectiva significância estatística do teste. A título de comprovação da não homogeneidade, cada uma das duas amostras oriundas do teste de Pettit (para cada série) foi submetida a um teste para comparação de médias.

### 4.3 Resultados da aplicação do teste de Pettit

Os resultados das aplicações do teste de Pettit para as séries de vazões das captações Cabelão, Nova Aurora, Cacimba da Rosa e Fazendinha e para os dados pluviométricos estão apresentados e comentados a seguir.

A partir da confecção dos gráficos de vazão e de pluviometria também poderão ser observados qualitativamente a tendência e a estacionariedade (saltos e ciclos ao longo do tempo) das séries.

Nos Quadros 4 a 7, constam os dados necessários a realização do teste de Pettit, onde  $k(t)$  é o valor absoluto das somas cumulativas,  $p(k)$  é a probabilidade de cada valor  $k(t)$  para ser confrontado com o nível de significância  $\alpha = 5\%$  e  $n =$  número da realização.

No Quadro 4 estão apresentados os dados do teste de ruptura para a captação Cabelão.

Quadro 4 – Teste de ruptura para a captação Cabelão

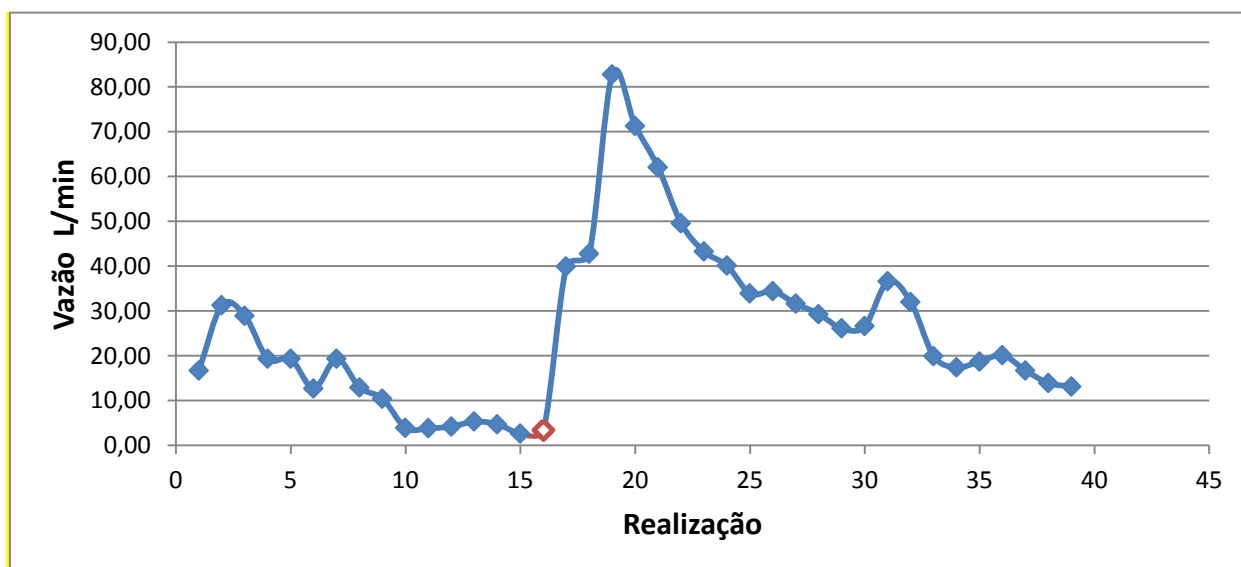
k (t)	p (k)	Data	n	Q (L/min)	---	População	
13	0,983	28/1/2010	1	16,70	---	n = T	39
1	1,000	18/2/2010	2	31,30	---	Média =	25,66
7	0,995	17/3/2010	3	28,90	---	Var amos =	349,12
3	0,999	19/4/2010	4	19,30	---	DP amos =	18,68
1	1,000	9/5/2010	5	19,30	---	Var pop =	340,17
23	0,949	19/6/2010	6	12,70	---	DP pop =	18,44
27	0,931	13/7/2010	7	19,30	---		
47	0,804	17/8/2010	8	12,90	---		
71	0,608	20/9/2010	9	10,40	---	<b>Amostra 1</b>	
103	0,351	20/10/2010	10	3,90	---	Média =	12,42
137	0,157	20/11/2010	11	3,80	---	n1 =	16
167	0,064	13/12/2010	12	4,20	---	Var amos =	86,35
193	0,025	20/1/2011	13	5,30	---	DP amos =	9,29
221	0,008	22/2/2011	14	4,70	---	CV	0,72
259	0,001	30/3/2011	15	2,60	---		
<b>295</b>	<b>0,000</b>	<b>27/4/2011</b>	<b>16</b>	<b>3,40</b>	---	<b>Amostra 2</b>	
271	0,001	25/5/2011	17	39,90	---	Média =	34,87
243	0,003	27/6/2011	18	42,80	---	n2 =	23
205	0,016	20/7/2011	19	82,79	---	Var amos =	327,95
169	0,060	24/8/2011	20	71,31	---	DP amos =	18,11
135	0,166	19/9/2011	21	62,03	---		
103	0,351	24/10/2011	22	49,54	---		
73	0,591	28/11/2011	23	43,26	---		
47	0,804	20/12/2011	24	40,10	---		
29	0,920	24/1/2012	25	33,89	---		
9	0,992	27/2/2012	26	34,40	---		
5	0,998	22/3/2012	27	31,60	---		
15	0,978	16/4/2012	28	29,30	---		
19	0,965	17/5/2012	29	26,10	---		
25	0,940	21/6/2012	30	26,60	---		
47	0,804	16/7/2012	31	36,60	---		
63	0,676	24/8/2012	32	31,99	---		
63	0,676	17/9/2012	33	19,89	---		
53	0,758	27/10/2012	34	17,42	---		
45	0,819	21/11/2012	35	18,70	---		
47	0,804	22/12/2012	36	20,10	---		
47	0,804	21/1/2013	37	16,70	---		
47	0,804	14/2/2013	38	13,90	---		
47	0,804	21/3/2013	39	13,10	---		

Fonte: elaboração da autora

Pelos resultados do Quadro 4 verifica-se que o ponto de ruptura da série ocorreu no valor  $k(t)$  igual a 295 ( $16^{\text{o}}$  ponto da série – ver gráfico 3) e uma correspondente probabilidade  $p(k)$  igual a 0,000. Esse valor de probabilidade é menor do que um nível de significância  $\alpha$  de 1%. Portanto a hipótese nula ( $H_0$ ) de não ruptura da série foi rejeitada. O ponto de ruptura ( $16^{\text{o}}$  ponto da série) corresponde à data de 27/4/2011 com correspondente vazão de 3,40 L/min.

A série ficou dividida em dois segmentos: O primeiro segmento abrange os valores de 1 até 16 e o segundo de 17 até 39. Esse ponto pode ser observado na Figura 22.

Figura 22 – Séries de vazões medidas na captação Cabelão (L/min)



Fonte: elaboração da autora

No Quadro 5 estão apresentados os dados do teste de ruptura para a captação Nova Aurora.

Quadro 5 – Teste de ruptura para a captação Nova Aurora

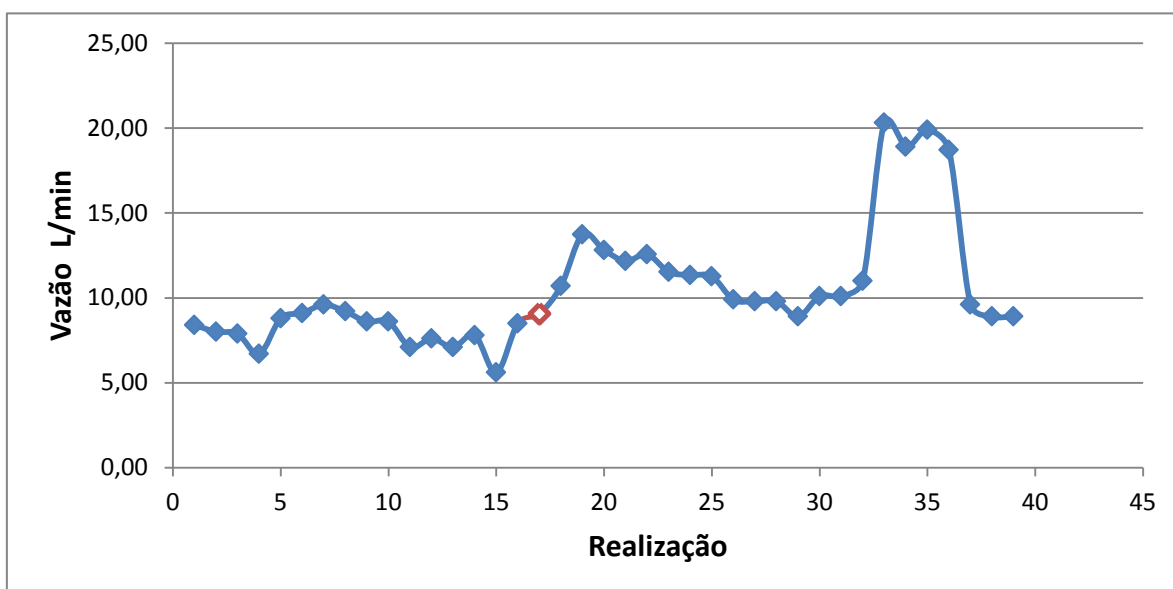
<b>k (t)</b>	<b>p (k)</b>	<b>Data</b>	<b>n</b>	<b>Q (L/min)</b>	<b>---</b>	<b>População</b>	
22	0,953	28/1/2010	1	8,40	---	n = T	39
46	0,812	18/2/2010	2	8,00	---	Média	10,476
72	0,600	17/3/2010	3	7,89	---	Var amos	12,453
108	0,317	19/4/2010	4	6,70	---	DP amos	3,529
122	0,230	9/5/2010	5	8,80	---	Var pop	12,134
126	0,209	19/6/2010	6	9,10	---	DP pop	3,483
125	0,214	13/7/2010	7	9,60	---		
127	0,204	17/8/2010	8	9,20	---		
144	0,129	20/9/2010	9	8,60	---	<b>Amostra 1</b>	
161	0,078	20/10/2010	10	8,60	---	Média	8,098
194	0,024	20/11/2010	11	7,10	---	n1	17
224	0,007	13/12/2010	12	7,60	---	Var amos	1,078
257	0,001	20/1/2011	13	7,10	---	DP amos	1,038
285	0,000	22/2/2011	14	7,80	---	CV	0,33
323	0,000	30/3/2011	15	5,60	---		
343	0,000	27/4/2011	16	8,50	---	<b>Amostra 2</b>	
<b>349</b>	<b>0,000</b>	<b>25/5/2011</b>	<b>17</b>	<b>9,07</b>	---	Média	12,314
335	0,000	27/6/2011	18	10,70	---	n2 = n – n1	22
305	0,000	20/7/2011	19	13,74	---	Var amos	13,594
277	0,001	24/8/2011	20	12,81	---	DP amos	3,687
253	0,002	19/9/2011	21	12,17	---		
227	0,006	24/10/2011	22	12,56	---		
205	0,016	28/11/2011	23	11,53	---		
185	0,034	20/12/2011	24	11,34	---		
167	0,064	24/1/2012	25	11,26	---		
159	0,083	27/2/2012	26	9,90	---		
154	0,096	22/3/2012	27	9,80	---		
149	0,112	16/4/2012	28	9,80	---		
159	0,083	17/5/2012	29	8,90	---		
148	0,115	21/6/2012	30	10,10	---		
137	0,157	16/7/2012	31	10,10	---		
121	0,236	24/8/2012	32	11,00	---		
83	0,507	17/9/2012	33	20,31	---		
49	0,789	27/10/2012	34	18,89	---		
13	0,983	21/11/2012	35	19,90	---		
19	0,965	22/12/2012	36	18,70	---		
19	0,965	21/1/2013	37	9,60	---		
19	0,965	14/2/2013	38	8,90	---		
19	0,965	21/3/2013	39	8,90	---		

Fonte: elaboração da autora

Pelos resultados do Quadro 5 verifica-se que o ponto de ruptura da série ocorreu no valor  $k(t)$  igual a 349 (17<sup>o</sup> ponto da série) e uma correspondente probabilidade  $p(k)$  igual a 0,000. Esse valor de probabilidade é menor do que um nível de significância  $\alpha$  de 1%. Portanto a hipótese nula ( $H_0$ ) de não ruptura da série foi rejeitada. O ponto de ruptura (17<sup>o</sup> ponto da série) corresponde à data de 25/5/2011 com correspondente vazão de 9,07 l/s.

A série ficou dividida em dois segmentos: O primeiro segmento abrange os valores de 1 até 17 e a segundo de 18 até 39. Esse ponto pode ser observado na Figura 23.

Figura 23 – Séries de vazões medidas na captação Nova Aurora (L/min)



Fonte: elaboração da autora

No Quadro 6 estão apresentados os dados do teste de ruptura para a captação Cacimba da Rosa.

Quadro 6 – Teste de ruptura para a captação Cacimba da Rosa

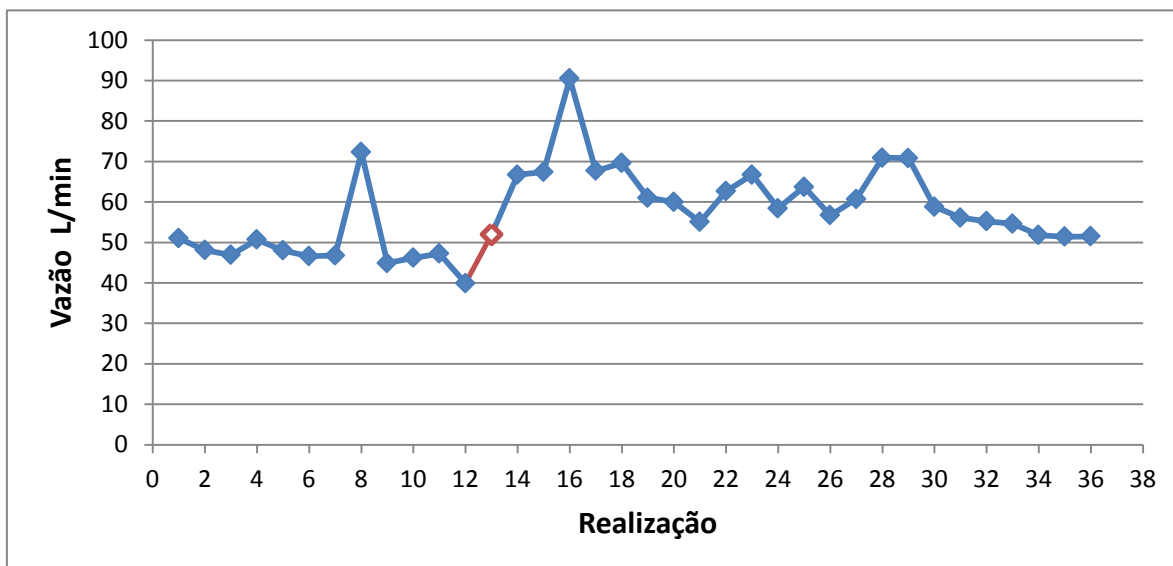
<b>k (t)</b>	<b>p (k)</b>	<b>Data</b>	<b>n</b>	<b>Q (L/min)</b>	---	<b>População</b>	
15	0,972	19/4/2010	1	51,00	---	n = T	36
34	0,865	9/5/2010	2	48,10	---	Média	57,459
59	0,647	19/6/2010	3	46,90	---	Var amos	107,167
76	0,485	13/7/2010	4	50,70	---	DP amos	10,352
97	0,308	17/8/2010	5	48,00	---	Var pop	104,191
126	0,137	20/9/2010	6	46,60	---	DP pop	10,207
153	0,053	20/10/2010	7	46,80	---	CV	0,17
120	0,165	20/11/2010	8	72,30	---		
153	0,053	13/12/2010	9	44,90	---	<b>Amostra 1</b>	
184	0,014	20/1/2011	10	46,20	---	Média	49,277
207	0,005	22/2/2011	11	47,20	---	n1	13
242	0,001	30/3/2011	12	39,90	---	Var amos	57,109
<b>249</b>	<b>0,000</b>	<b>27/4/2011</b>	<b>13</b>	<b>52,00</b>	---	DP amos	7,557
229	0,001	25/5/2011	14	66,70	---		
206	0,005	27/6/2011	15	67,40	---		
171	0,026	20/7/2011	16	90,47	---	<b>Amostra 2</b>	
146	0,069	24/8/2011	17	67,71	---	Média	62,083
119	0,170	19/9/2011	18	69,60	---	n2	23
106	0,245	24/10/2011	19	61,01	---	Var amos	77,426
97	0,308	28/11/2011	20	59,98	---	DP amos	8,799
100	0,286	20/12/2011	21	55,04	---		
85	0,405	24/1/2012	22	62,64	---		
65	0,589	27/2/2012	23	66,70	---		
60	0,637	22/3/2012	24	58,40	---		
43	0,793	16/4/2012	25	63,70	---		
40	0,819	17/5/2012	26	56,70	---		
29	0,900	21/6/2012	27	60,70	---		
2	0,999	16/7/2012	28	70,90	---		
31	0,887	24/8/2012	29	70,84	---		
38	0,835	17/9/2012	30	58,81	---		
39	0,827	27/10/2012	31	56,12	---		
38	0,835	21/11/2012	32	55,20	---		
33	0,873	22/12/2012	33	54,60	---		
24	0,930	21/1/2013	34	51,80	---		
11	0,985	14/2/2013	35	51,40	---		
0	1,000	21/3/2013	36	51,50	---		

Fonte: elaboração da autora

Pelos resultados do Quadro 6 verifica-se que o ponto de ruptura da série ocorreu no valor  $k(t)$  igual a 249 (13<sup>o</sup> ponto da série) e uma correspondente probabilidade  $p(k)$  igual a 0,000. Esse valor de probabilidade é menor do que um nível de significância  $\alpha$  de 1%. Portanto a hipótese nula ( $H_0$ ) de não ruptura da série foi rejeitada. O ponto de ruptura (13<sup>o</sup> ponto da série) corresponde à data de 27/4/2011 com correspondente vazão de 52,00 L/min.

A série ficou dividida em dois segmentos: O primeiro segmento abrange os valores de 1 até 13 e a segundo de 14 até 39. Esse ponto pode ser observado na Figura 24.

Figura 24 – Séries de vazões medidas na captação Cacimba da Rosa (L/min)



Fonte: elaboração da autora

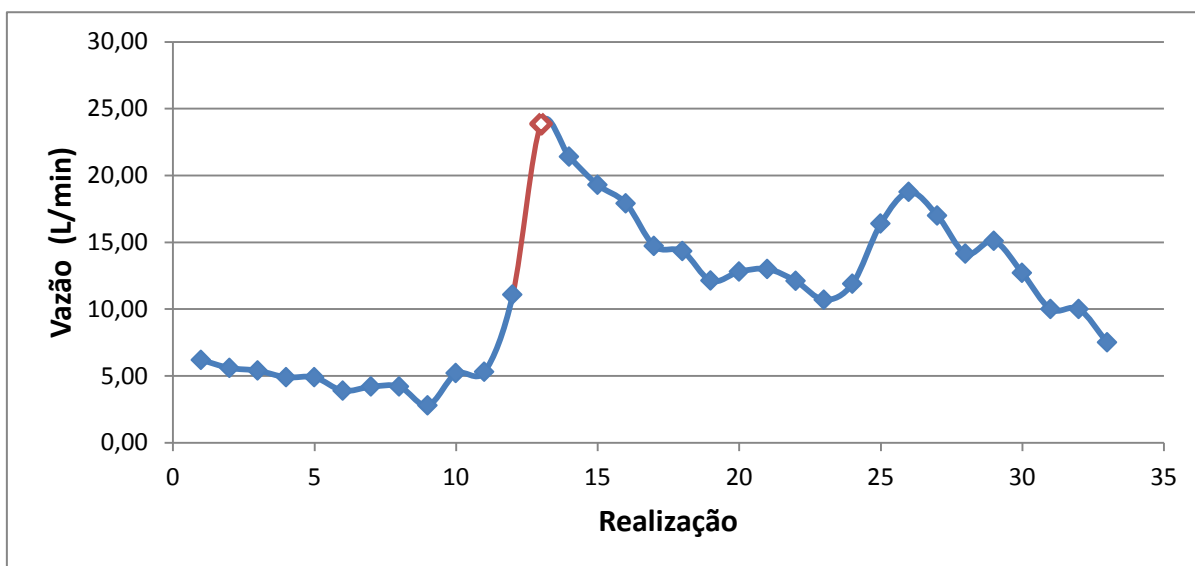
No Quadro 7 estão apresentados os dados do teste de ruptura para a captação Fazendinha.

Quadro 7 – Teste de ruptura para a captação Fazendinha

<b>k (t)</b>	<b>p (k)</b>	<b>Data</b>	<b>n</b>	<b>Q (L/min)</b>	---	<b>População</b>	
12	0,977	13/7/2010	1	6,20	---	n = T	33
26	0,896	17/8/2010	2	5,60	---	Média	11,195
42	0,751	20/9/2010	3	5,40	---	Var amos	32,132
65	0,504	20/10/2010	4	4,90	---	DP amos	5,668
88	0,285	20/11/2010	5	4,90	---	Var pop	31,158
118	0,105	13/12/2010	6	3,90	---	DP pop	5,582
145	0,033	20/1/2011	7	4,20	---	CV	0,52
172	0,008	22/2/2011	8	4,20	---		
204	0,001	30/3/2011	9	2,80	---	<b>Amostra 1</b>	
224	0,000	27/4/2011	10	5,20	---	Média	5,306
242	0,000	25/5/2011	11	5,30	---	n1	12
<b>244</b>	<b>0,000</b>	<b>27/6/2011</b>	<b>12</b>	<b>11,07</b>	---	Var amos	4,106
212	0,001	20/7/2011	13	23,87	---	DP amos	2,026
182	0,005	24/8/2011	14	21,40	---		
154	0,021	19/9/2011	15	19,30	---		
130	0,065	24/10/2011	16	17,91	---	<b>Amostra 2</b>	
114	0,122	28/11/2011	17	14,72	---	Média	14,560
100	0,198	20/12/2011	18	14,33	---	n2	21
96	0,225	24/1/2012	19	12,12	---	Var amos	16,454
88	0,285	27/2/2012	20	12,80	---	DP amos	4,056
78	0,373	22/3/2012	21	13,00	---		
76	0,392	16/4/2012	22	12,10	---		
80	0,354	17/5/2012	23	10,70	---		
80	0,354	21/6/2012	24	11,90	---		
60	0,558	16/7/2012	25	16,40	---		
34	0,829	24/8/2012	26	18,76	---		
12	0,977	17/9/2012	27	17,00	---		
0	1,000	27/10/2012	28	14,15	---		
18	0,949	21/11/2012	29	15,10	---		
24	0,911	22/12/2012	30	12,70	---		
17	0,954	21/1/2013	31	10,00	---		
10	0,984	14/2/2013	32	10,00	---		
0	1,000	21/3/2013	33	7,50	---		

Fonte: elaboração da autora

Figura 25 – Séries de vazões medidas na captação Fazendinha (L/min)



Fonte: elaboração da autora

Pelos resultados do Quadro 7 verifica-se que o ponto de ruptura da série ocorreu no valor  $k(t)$  igual a 244 (13<sup>o</sup> ponto da série) e uma correspondente probabilidade  $p(k)$  igual a 0,000. Esse valor de probabilidade é menor do que um nível de significância  $\alpha$  de 1%. Portanto a hipótese nula ( $H_0$ ) de não ruptura da série foi rejeitada. O ponto de ruptura (13<sup>o</sup> ponto da série) corresponde à data de 27/6/2011 com correspondente vazão de 11,07 L/min.

A série ficou dividida em dois segmentos: O primeiro segmento abrange os valores de 1 até 13 e a segundo de 14 até 39. Esse ponto pode ser observado na Figura 25.

Analisando os gráficos e as tabelas onde foram aplicados os testes de petitit, verificou-se ocorreu a ruptura nos dados das medições de vazão, entre os meses de abril a junho de 2011, essas modificações foram comprovadas através da aplicação desse teste estatístico utilizado em todas as captações (Cabelão, Cacimba da Rosa, Nova Aurora e Fazendinha), estudadas nesse trabalho.

#### 4.4 Resultados dos Testes de Normalidade - Comparação de duas médias

O teste de *Pettit* dividiu cada série de vazão para cada captação em duas amostras a partir de um ponto de ruptura. Com o propósito de comprovar os resultados dos testes de *Pettit*, ou seja, verificar se as duas médias de cada teste diferem, foi realizado um teste de hipóteses para igualdade de médias para as duas amostras de cada série de vazão resultantes e também para as duas amostras de pluviometria resultantes dos testes de *Pettit*.

O teste de igualdade de médias permite verificar se as duas amostras são provenientes de populações diferentes, ou seja, se as amostras possuem médias diferentes. O teste de hipóteses para duas médias permite verificar se a diferença entre os valores das médias é devido à variabilidade amostral (fruto do acaso) ou se a diferença realmente existe.

Os testes de igualdades de médias podem ser paramétricos como o teste *t* e não paramétricos como o teste de *Mann-Whitney*. Os testes paramétricos exigem pressupostos para serem aplicados já os testes não paramétricos não necessitam de parâmetros para serem aplicados. O teste *t* é um teste paramétrico que para sua utilização exige o pressuposto de que as amostras são distribuídas normalmente com parâmetros média e desvio padrão. Portanto, antes da aplicação desse teste cada uma das duas amostras (de vazão das captações e de pluviometria) que o teste de Pettit propôs ruptura serão submetidas a um teste de normalidade. Alguns métodos de inferência estatística tem como pressuposto a normalidade dos dados e, a qualidade das inferências realizadas por tais métodos depende da proximidade entre a população real estudada e a distribuição normal. Portanto, o teste de normalidade ou teste de ajustamento tem a finalidade de investigar se conjunto de dados (amostra) pode ser ou não ser considerado como proveniente de uma população com distribuição normal.

O teste de normalidade foi realizado no *software* SPSS e como as amostra são pequenas ( $n < 50$ ) o teste apropriado e utilizado foi o de *Shapiro-Wilk*.

Juntamente com o resultado dos testes de normalidade, são apresentados um histograma com curva normal sobreposta, um gráfico do tipo *box-plot* e uma tabela com as estatísticas. Todos os testes, gráficos e tabelas são referentes as duas amostras de cada teste de cada captação e das pluviometria resultantes do

teste de Pettit e são sempre representados aos pares para permitir uma visão comparativa das amostras.

Nos Quadros de 8 a 22 são mostrados os resultados dos testes, quadros e Figuras acima mencionados.

### CAPTAÇÃO CABELÃO:

Quadro 8 – Teste de normalidade para a captação Cabelão

Amostra	Testes					
	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
1	0,216	16	0,045	0,876	16	<b>0,034</b>
2	0,148	23	0,200	0,900	23	<b>0,025</b>

Fonte: elaboração da autora

Com base nos resultados do Quadro 8, infere-se que:

Amostra 1: (0,034) ou 3,4% < 5%. Rejeita-se a hipótese nula ao nível de 5%.

Amostra 2: (0,025) ou 2,5% < 5%. Rejeita-se a hipótese nula ao nível de 5%.

O quadro 9 apresenta os valores de média e outros parâmetros estatísticos das amostras de vazão da captação do Cabelão.

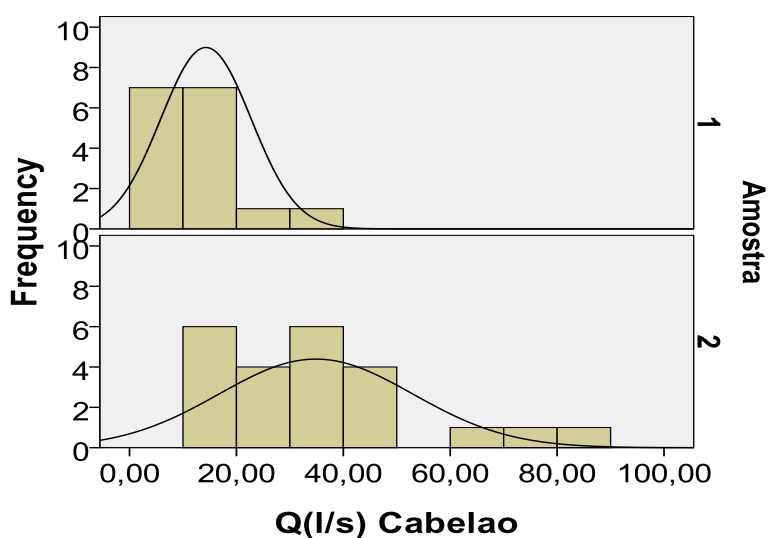
Quadro 9- Estatísticas para as duas amostras da captação Cabelão

<b>Cabelão</b>		
<b>Estatísticas</b>	<b>Amostra 1</b>	<b>Amostra 2</b>
Média	12,42	34,87
Máximo	31,30	82,79
Primeiro Quartil	4,125	19,995
Mediana	11,55	31,99
Terceiro Quartil	19,30	41,45
Mínimo	2,60	13,10
Distância Inter Quartílica	15,18	21,455
N	16	23
Variância	86,35	327,95
Desvio Padrão	9,29	18,11

Fonte: elaboração da autora

Os dados do Quadro 9, demonstram valores bastantes dispares para as estatísticas realizadas para as amostras 1 e 2. Com efeito, a relação entre as medias das amostras atinge 2,8 enquanto que a relação entre os valores dos desvios padrão atinge 1,95. Estes resultados são melhor detalhados nas figuras 26 e 27, na forma de histograma e Box-plot, respectivamente.

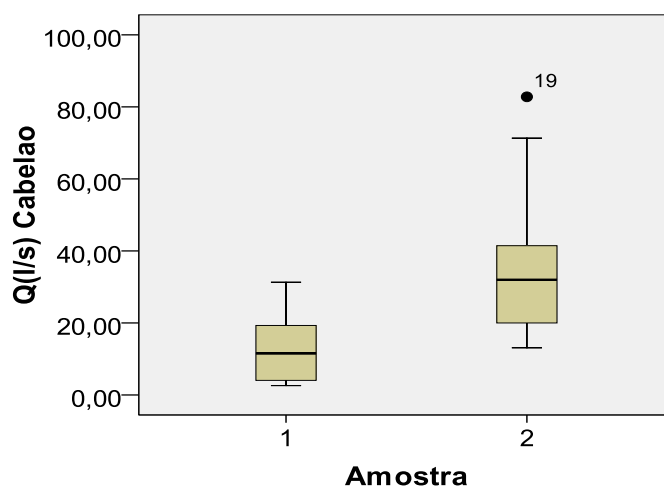
Figura 26 – Histograma e curva normal das duas amostras da captação Cabelão



Fonte: elaboração da autora

É visível na Figura 26 a diferença nos histogramas e curvas de freqüência das amostras 1 e 2.

Figura 27 - Box-Plot das duas amostras da captação Cabelão



Fonte: elaboração da autora

A amostra 1 mostrou-se diferente da amostra 2 quanto a análise do Box-plot. De fato, as diferentes medianas e distâncias interquartílicas extremas corroboram a hipótese de diferentes amostras (Figura 27).

### NOVA AURORA:

Quadro 10 – Teste de normalidade para a captação Nova Aurora

Amostra	Testes					
	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
1	0,144	17	0,200	0,949	17	0,444
2	0,221	22	0,007	0,782	22	0,000

Fonte: elaboração da autora

Com base nos resultados do Quadro 10, infere-se que:

Amostra 1: (0,444) ou 44,4% > 5%. Não rejeita-se a hipótese nula ao nível de 5%.

Amostra 2: (0,00) ou 0,0% < 5%. Rejeita-se a hipótese nula ao nível de 5%.

O quadro 11 apresenta os valores de media e outros parâmetros estatísticos das amostras de vazão da captação Nova Aurora.

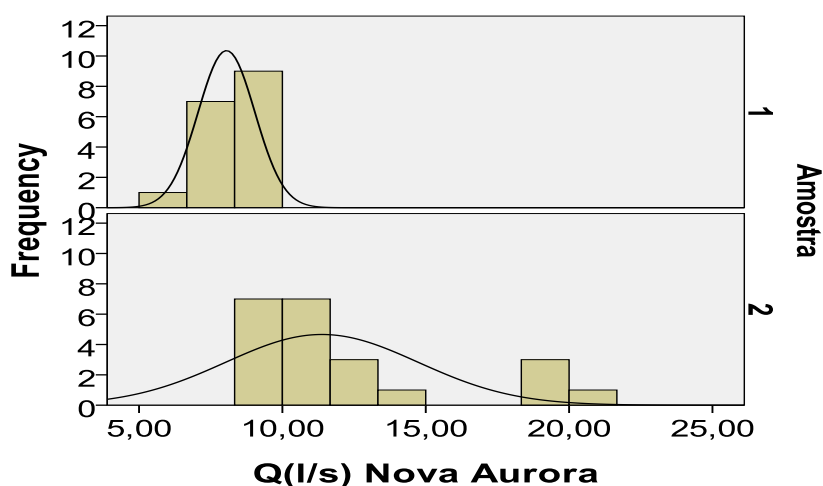
Quadro 11 - Estatísticas para as duas amostras da captação Nova Aurora

Nova Aurora		
Estatísticas	Amostra 1	Amostra 2
Média	8,10	12,31
Máximo	9,60	20,31
Primeiro Quartil	7,60	9,83
Mediana	8,40	11,13
Terceiro Quartil	8,80	12,75
Mínimo	5,60	8,90
Distância Inter Quartílica	1,20	2,92
n	17	22
Variância	1,08	13,59
Desvio Padrão	1,04	3,69

Fonte: elaboração da autora

Os dados do Quadro 11, demonstram valores dispares para as estatísticas realizadas para as amostras 1 e 2. Com efeito, a relação entre as médias das amostras atinge 1,5 enquanto que a relação entre os valores dos desvios padrão atinge 3,5. Estes resultados são melhor detalhados nas figuras 28 e 29, na forma de histograma e Box-plot, respectivamente.

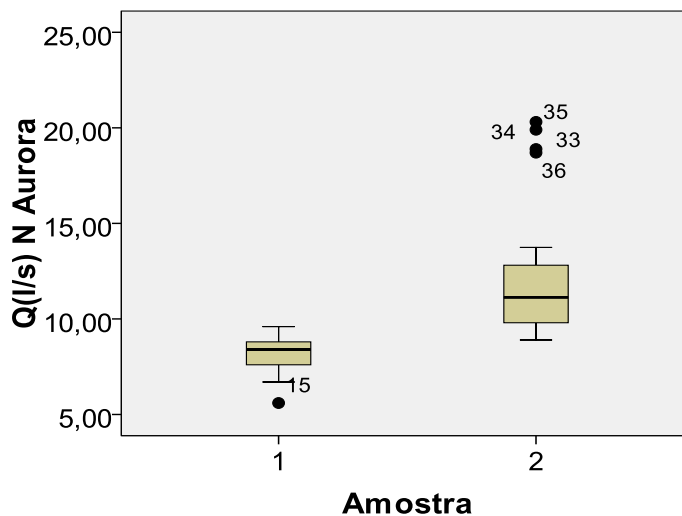
Figura 28 – Histograma e curva normal das duas amostras da captação Nova Aurora



Fonte: elaboração da autora

É visível na Figura 28 a diferença nos histogramas e curvas de frequência das amostras 1 e 2.

Figura 29 - Box-Plot das duas amostras da captação Nova Aurora



Fonte: elaboração da autora

A amostra 1 mostrou-se diferente da amostra 2 quanto a análise do Box-plot. De fato, as diferentes medianas e distancias interquartílicas extremas corroboram a hipótese de diferentes amostras (Figura 29).

### CACIMBA DA ROSA:

Quadro 12 – Teste de normalidade para a captação Cacimba da Rosa

Amostra	Testes					
	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
1	0,282	13	0,006	0,692	13	<b>0,000</b>
2	0,115	23	0,200	0,881	23	<b>0,010</b>

Fonte: elaboração da autora

Com base nos resultados do Quadro 12, infere-se que:

Amostra 1: (0,00) ou 0,0% < 5%. Rejeita-se a hipótese nula ao nível de 5%.

Amostra 2: (0,010) ou 1,0% < 5%. Rejeita-se a hipótese nula ao nível de 5%.

O quadro 13 apresenta os valores de média e outros parâmetros estatísticos das amostras de vazão da captação Cacimba da Rosa

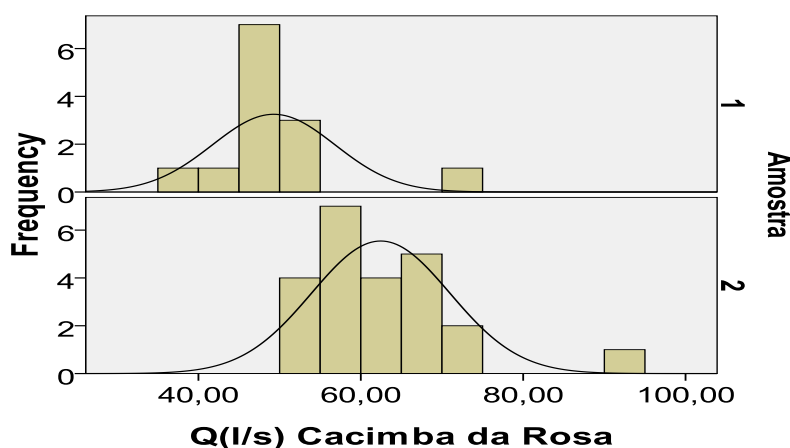
Quadro 13- Estatísticas para as duas amostras da nascente Cacimba da Rosa

<b>Cacimba da Rosa</b>		
<b>Estatísticas</b>	<b>Amostra 1</b>	<b>Amostra 2</b>
Média	49,277	62,083
Máximo	72,30	90,47
Primeiro Quartil	46,60	55,66
Mediana	47,20	60,70
Terceiro Quartil	50,70	67,05
Mínimo	39,90	51,40
Distância Inter Quartílica	4,10	11,39
n	13	23
Variância	57,109	77,426
Desvio Padrão	7,557	8,799

Fonte: elaboração da autora

Os dados do Quadro 13, demonstram valores bastantes dispares para as estatísticas realizadas para as amostras 1 e 2. Com efeito, a relação entre as médias das amostras atinge 1,25 enquanto que a relação entre os valores dos desvios padrão atinge 1,16. Estes resultados são melhor detalhados nas figuras 30 e 31, na forma de histograma e Box-plot, respectivamente.

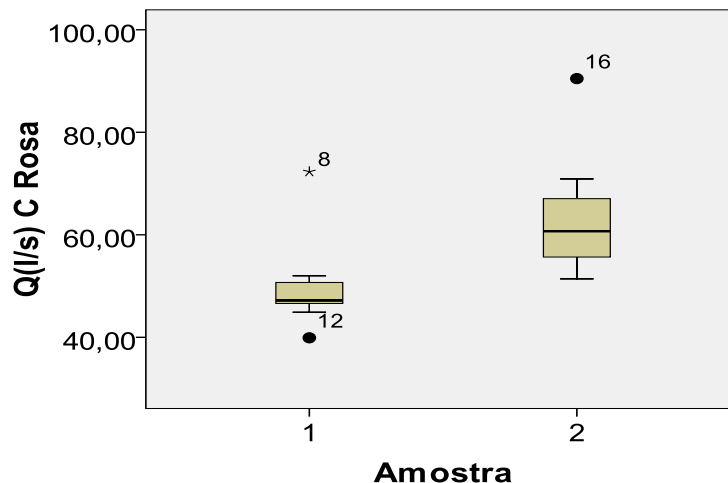
Figura 30 – Histograma e curva normal das duas amostras da captação Cacimba da Rosa



Fonte: elaboração da autora

É visível na Figura 30 a diferença nos histogramas e curvas de freqüência das amostras 1 e 2.

Figura 31 - Box-Plot das duas amostras da captação Cacimba da Rosa



Fonte: elaboração da autora

A amostra 1 mostrou-se diferente da amostra 2 quanto a análise do Box-plot. De fato, as diferentes medianas e distancias interquartílicas extremas corroboram a hipótese de diferentes amostras (Figura 31).

#### FAZENDINHA:

Quadro 14 – Teste de normalidade para a captação Fazendinha

Amostra	Testes					
	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
1	0,276	12	0,012	0,760	12	<b>0,003</b>
2	0,126	21	0,200	0,970	21	<b>0,723</b>

Fonte: elaboração da autora

Com base nos resultados do Quadro 14, infere-se que:

Amostra 1: (0,003) ou 0,3% < 5%. Rejeita-se a hipótese nula ao nível de 5%.

Amostra 2: (0,723) ou 72,3% > 5%. Não rejeita-se a hipótese nula ao nível de 5%.

O quadro 15 apresenta os valores de média e outros parâmetros estatísticos das amostras de vazão da captação Fazendinha.

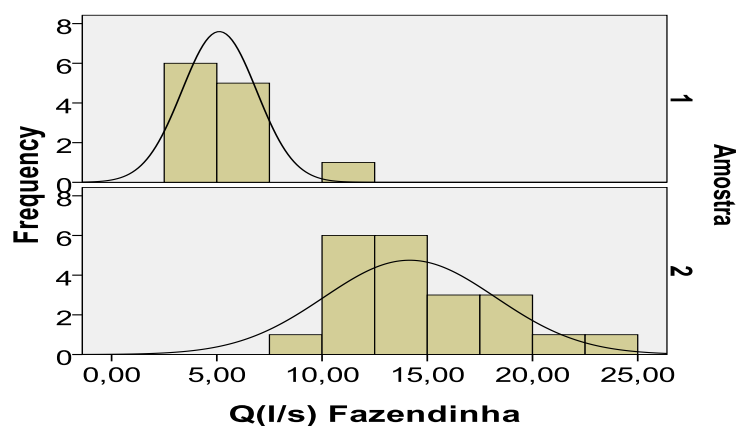
Quadro 15 - Estatísticas para as duas amostras da captação Fazendinha

<b>Fazendinha</b>		
<b>Estatísticas</b>	<b>Amostra 1</b>	<b>Amostra 2</b>
Média	5,306	14,560
Máximo	11,07	23,87
Primeiro Quartil	4,2	12,1
Mediana	5,05	14,15
Terceiro Quartil	5,45	17,00
Mínimo	2,80	7,50
Distância Inter Quartílica	1,25	4,90
n	12	21
Variância	4,106	16,454
Desvio Padrão	2,026	4,056

Fonte: elaboração da autora

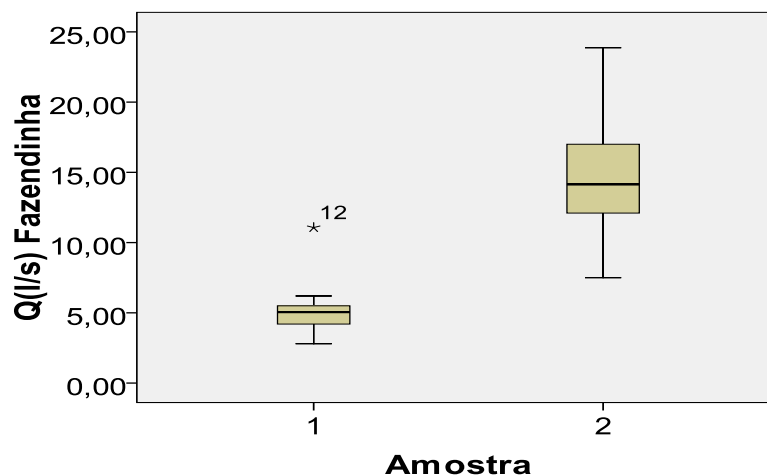
Os dados do Quadro 15, demonstram valores bastantes dispares para as estatísticas realizadas para as amostras 1 e 2. Com efeito, a relação entre as medias das amostras atinge 2,7 enquanto que a relação entre os valores dos desvios padrão atinge 2,0. Estes resultados são melhor detalhados nas figuras 32 e 33, na forma de histograma e Box-plot, respectivamente.

Figura 32 – Histograma e curva normal das duas amostras da captação Fazendinha



É visível na Figura 32 a diferença nos histogramas e curvas de frequência das amostras 1 e 2.

Figura 33 - Box-Plot das duas amostras da captação Fazendinha



A amostra 1 mostrou-se diferente da amostra 2 quanto a análise do Box-plot. De fato, as diferentes medianas e distâncias interquartílicas extremas corroboram a hipótese de diferentes amostras (Figura 33).

### Pluviometria:

Conforme procedimento análogo ao feito para as vazões, apresentam-se a seguir as estatísticas para a série pluviométrica da região estudada (Quadros 16 e 17, Figuras 34 e 35).

Quadro 16 - Teste de normalidade para a Pluviometria

Amostra	Testes					
	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
1	0,221	20	0,011	0,796	20	<b>0,001</b>
2	0,302	19	0,000	0,738	19	<b>0,000</b>

Fonte: elaboração da autora

Com base nos resultados do Quadro 16, infere-se que:

Amostra 1: (0,001) ou 0,1% < 5%. Rejeita-se a hipótese nula ao nível de 5%.

Amostra 2: (0,00) ou 0,0% < 5%. Rejeita-se a hipótese nula ao nível de 5%.

O quadro 17 apresenta os valores de media e outros parâmetros estatísticos das amostras de pluviometria.

Quadro 17 - Estatísticas para as duas amostras da pluviometria

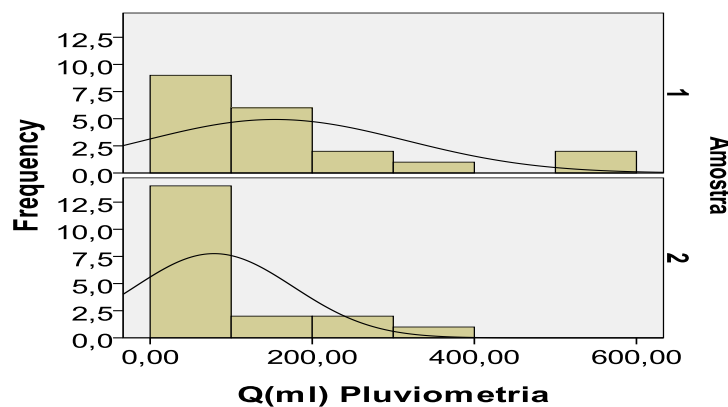
<b>Pluviometria</b>		
<b>Estatísticas</b>	<b>Amostra 1</b>	<b>Amostra 2</b>
Média	154,02	78,86
Máximo	555,50	347,30
Primeiro Quartil	32,45	19,4
Mediana	101,90	31,60
Terceiro Quartil	195,63	105,35
Mínimo	10,00	2,80
Distância Inter Quartílica	163,18	85,95
n	20	19
Variância	26194,60	9544,61
Desvio Padrão	161,85	97,70

Fonte: elaboração da autora

Com base nesses resultados, a hipótese de que não há mudanças bruscas na serie (hipótese nula), foi rejeitada ao nível de 5% de probabilidade, em ambos os testes.

Os dados do Quadro 17, demonstram valores bastantes dispares para as estatísticas realizadas para as amostras 1 e 2. Com efeito, a relação entre as medias das amostras atinge 1,95 enquanto que a relação entre os valores dos desvios padrão atinge 1,65. Estes resultados são melhor detalhados nas figuras 34 e 35, na forma de histograma e Box-plot, respectivamente.

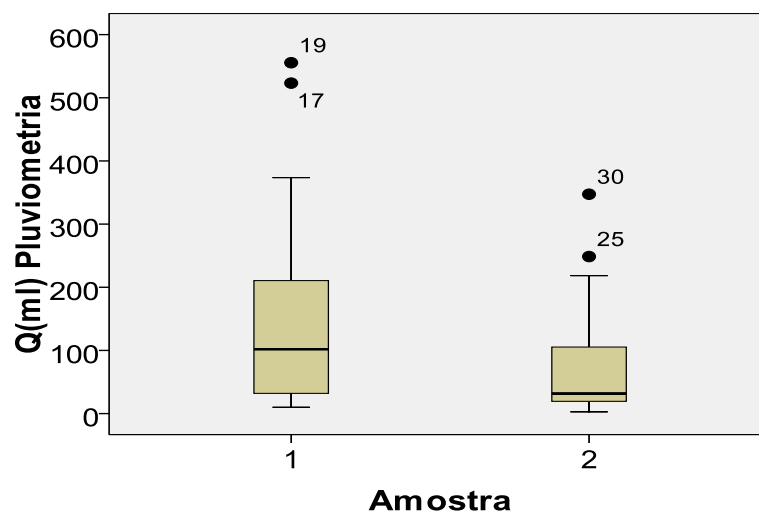
Figura 34 – Histograma e curva normal das duas amostras da pluviometria



Fonte: elaboração da autora

É visível na Figura 34 a diferença nos histogramas e curvas de frequência das amostras 1 e 2.

Figura 35 - Box-Plot das duas amostras da Pluviometria



Fonte: elaboração da autora

A amostra 1 mostrou-se diferente da amostra 2 quanto a análise do Box-plot. De fato, as diferentes medianas e distâncias interquartílicas extremas corroboram a hipótese de diferentes amostras (Figura 35).

#### 4.5 Resultados dos testes de igualdade de média de Mann-Whitney

Juntamente com o resultado do teste de *Mann-Whitney*, são apresentados para cada teste de cada captação e para a pluviometria, um histograma com curva normal que permite uma visualização da forma da distribuição, um gráfico do tipo *Box-Plot* onde pode ser comparado para cada amostra, os quartís e a mediana, permitindo assim uma visão comparativa da variabilidade de cada amostra, e uma tabela com as estatísticas utilizadas e ao final os resultados.

Quadro 18 – Estatística de Mann-Whitney para a captação Cabelão

<b>Estatísticas</b>	<b>Cabelao</b>
Mann-Whitney U	36,500
Wilcoxon W	172,500
Z	-4,212
Asymp. Sig. (2-tailed)	<b>0,000</b>
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	0,000

Fonte: elaboração da autora

Resultado para cabelão: rejeita-se H0 ao nível de significância de 0,0%. Ou seja, as médias não são iguais.

Quadro 19 – Estatística de Mann-Whitney para a captação Nova Aurora

<b>Estatísticas</b>	<b>Nova Aurora</b>
Mann-Whitney U	12,500
Wilcoxon W	165,500
Z	-4,944
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,000
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	0,000

Fonte: elaboração da autora

Resultado para Nova Aurora: rejeita-se H0 ao nível de significância de 0,0%. Ou seja, as médias não são iguais.

Quadro 20 – Estatística de Mann-Whitney para a captação Cacimba da Rosa

<b>Estatísticas</b>	<b>Cacimba da Rosa</b>
Mann-Whitney U	25,000
Wilcoxon W	116,000
Z	-4,101
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,000
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	0,000

Fonte: elaboração da autora

Resultado para Cacimba da Rosa: rejeita-se H0 ao nível de significância de 0,0%. Ou seja, as médias não são iguais.

Quadro 21 – Estatística de Mann-Whitney para a captação fazendinha

<b>Estatísticas</b>	<b>Fazendinha</b>
Mann-Whitney U	4,000
Wilcoxon W	82,000
Z	-4,567
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,000
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	0,000

Fonte: elaboração da autora

Resultado para Fazendinha: rejeita-se H0 ao nível de significância de 0,0%. Ou seja, as médias não são iguais

Quadro 22 – Estatística de Mann-Whitney para a pluviometria

<b>Estatísticas</b>	<b>Pluviometria</b>
Mann-Whitney U	122,000
Wilcoxon W	312,000
Z	-1,911
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,056
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	0,057

Fonte: elaboração da autora

Resultado para pluviometria: rejeita-se H0 ao nível de significância de 5,6%. Ou seja, pode-se afirmar com erro de 5,6% que as médias não são iguais, ao contrario dos testes anteriores.

## 5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

### 5.1 Conclusões

No presente trabalho realizado no alto curso da bacia hidrográfica do rio Gramame, foram realizadas medições de vazão nas quatro nascentes estudadas e aplicados testes estatísticos para verificação da homogeneidade das séries de vazão e de pluviometria.

As captações em áreas de nascentes referiam-se a captações de poços rasos (Fazendinha, Nova Aurora e Cacimba da Rosa) e de caixa rasa com dreno a jusante (Cabelão).

As séries de vazões medidas nas captações apresentaram comportamentos que não puderam ser interpretados como similares. Apesar das captações Fazendinha e Nova Aurora apresentarem comportamentos semelhantes com relativamente poucas variações percentuais de vazão, a série da captação Cabelão se mostrou extremamente sensível às precipitações ocorridas, do que resultou o maior coeficiente de variação entre as séries de vazão das captações estudadas. O tipo diferente dessa captação, nascente de encosta com captação de dreno e caixa rasa a jusante, explica o comportamento diverso dessa série de vazões frente às demais séries analisadas.

A questão que se colocava era se havia influências externas, de origem antrópica, no comportamento das séries de vazão, uma vez que em duas das captações, Cabelão e Cacimba da Rosa, poderiam ter ocorrido influências decorrentes da construção da rodovia que foi construída perto de áreas a montante e a jusante dessas captações, respectivamente. Na ocasião da construção, ocorreram desmatamentos, cortes e aterros, provocando compactação do solo nessas áreas e podendo ter afetado o escoamento subterrâneo alimentador dessas captações, a partir da implementação da estrada.

Foi constatado a partir do teste de Pettit para verificação de possíveis rupturas nas séries temporais que houve ruptura em todas as séries de vazão entre os meses de abril e junho, segundo as séries analisadas.

A realização do teste “U” (Mann-Whitney) permitiu a conclusão de que as médias das sub-amostras são diferentes para as séries de vazões de todas as captações estudadas.

Quanto à série pluviométrica analisada, representativa do local, não foi possível detectar ruptura por meio do teste de Pettit. No entanto, a aplicação do teste “U” indicou, ao nível de significância de 5,6 %, serem diferentes as médias das duas sub-amostras, derivadas da separação da amostra total.

A aplicação do teste de médias, ou o teste “U”, também confirmou serem diferentes as médias das sub-amostras das respectivas séries de vazão. No entanto, a hipótese de que houve ações antrópicas influentes não pôde ser comprovada, uma vez que houve ruptura nas quatro series de vazão. As rupturas nas series de vazão, são explicadas pela mudança de padrão das precipitações ocorridas no período analisado.

As chuvas ocorridas entre os dias 491 e 631, dias 06/05/2011 e 23/09/2011, entre os quais ocorreram as máximas precipitações diárias nos valores de 163 mm no dia 20/05/2011 e 169 mm no dia 17/07/2011, no segmento final da primeira sub-amostra, praticamente na interface com a segunda sub-amostra, explicam a média maior das vazões observadas na primeira sub-amostra, muito embora as vazões médias maiores tenha ocorrido no período correspondente às segundas sub-amostras.

## 5.2 Recomendações

Tendo em vista a escassez de trabalhos sobre a temática enfocada, recomenda-se a continuação dos estudos e pesquisas relativas a aspectos quantitativos das captações de nascentes de bacias hidrográficas.

Neste sentido, são recomendados os seguintes estudos:

1. Avaliação de vazões captações de nascentes em intervalos inferiores ao mensal;
2. Pesquisa relativa aos níveis freáticos no entorno das captações tentando entender a relação com as vazões;
3. Avaliação da qualidade química e bacteriológica das águas de captações de nascentes;
4. Caracterização dos usos e usuários de água oriunda de captações de nascentes;
5. Realização de levantamentos relativos ao uso do solo no entorno das nascentes e das captações de nascentes;

6. Realização de programas de educação ambiental, centrados na conscientização da importância das nascentes para a preservação da vazão de base dos rios;
7. Pesquisa referente aos usos sustentáveis passíveis de ser feitos pelas comunidades locais, visando inclusive a geração de renda;
8. Pesquisa relativa a importância das nascentes para a preservação da Biota sob influência das nascentes.

## 6 REFERÊNCIAS

AMBICENTER: PORTAL DE INFORMAÇÃO E LEGISLAÇÃO AMBIENTAL. Arquivos: Educação Ambiental: **A floreta e a água**. Publicado pela AFUBRA – Associação dos Fumicultores do Brasil, sem data. Disponível em: < <http://www.ambicenter.com.br/ea01052200.htm> >. Acesso em: 14 agosto. 2012.

BALEK, J. Groundwater recharge concepts. In: Simmers (ed.), **Estimation of natural groundwater recharge**. D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, Holland, p.3 9. 1998.

BARBOSA, L. M. **Implantação de mata ciliar**. In: Simpósio Mata Ciliar Ciência e Tecnologia. 1999, Belo Horizonte. Anais ... Lavras: UFLA/FAEPE/CEMIG, 1999. P 111-135.

BARRETO, C. E. A. G. **Balço hídrico em zona de afloramento do Sistema Aquífero Guarani a partir de monitoramento hidrogeológico em bacia representativa**. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

BRANCO, S. M. **Água, origem, uso e preservação**. 3. ed. São Paulo: Moderna, 1993.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. Secretaria dos Recursos Hídricos, 1997. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. **Política Nacional de Recursos Hídricos**. Brasília: MMA, 35 p.

BERNER, E. K., BERNER, R. A. **The Global water cycle – Geochemistry and environment**. Prentice hall, 1987.

BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C. **Métodos silviculturais para recuperação de nascentes e recomposição de matas ciliares**. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 5., 2002, Belo Horizonte. Anais . . . Belo Horizonte, 2002. P. 123-145.

CABRAL da SILVA, T.; FILGUEIRA, H. J. A.; CAVALCANTI, A. K.; ALENCAR, R. I. S. de; PEDROSA FILHO, L de A. **Caracterização de captações de águas de nascentes na bacia do rio Gramame: avaliação quantitativa preliminar**. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídrico, 19. Maceió, AL, 27 de novembro a 01 de dezembro de 2011. Anais... Porto Alegre: ABRH, 2011. 16 p. CD-ROM.

CALHEIROS, R. DE OLIVEIRA *et al.* **Preservação e Recuperação das Nascentes**. Piracicaba: Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba,

Capivari e Jundiá - Câmara Técnica de Conservação e Proteção aos Recursos Naturais (CTRN), 2004. 40p.

Coelho, V. H. R. **Monitoramento e análise da variação do nível d'água para estimativa da recarga do aquífero livre da bacia do Rio Gramame - PB/** Victor Hugo Rabelo Coelho.- João Pessoa, 2011.

CASTRO, P. S. & LOPES, J. D. S. **Recuperação e conservação de nascentes.** Viçosa: Centro de Produções Técnicas, 2001. 84 p. (Série Saneamento e Meio-Ambiente, n. 296).

COSTA, F. F. **Avaliação ambiental em áreas de nascentes da bacia hidrográfica do alto curso do Rio Gramame – PB.** João Pessoa, 2011. Dissertação (Mestrado) UFPB.

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.

DAVIDE, A. C.; BOTELHO, S. A. **Análise crítica dos programas de recomposição de matas ciliares em Minas Gerais.** In. SIMPÓSIO MATA CILIAR: ciência e tecnologia, 1999, Belo Horizonte, MG. **Anais. . .** p. 172-188.

DAVIDE, A. C.; FERREIRA, R. A.; FARIA, J. M. R.; BOTELHO, S.A. **Restauração de matas ciliares.** Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 21, n. 207, pag. 65-74, 2000.

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

FEITOSA, F.A.C.; FILHO, J.M. **Hidrogeologia Conceitos e Aplicações. Serviço Geológico do Brasil – SPRM.** Fortaleza, Ceará, 1997.

FELIPPE, M.; LAVARINI C.; PEIFER D.; DOLABELA, D.; MAGALHÃES JR. A. (2009). **“Espacialização e Caracterização das Nascentes em Unidades de Conservação de Belo Horizonte - MG”.** XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Campo Grande, MS. Anais em CD-ROM. 18p.

FIALHO, J. F. **Efeitos da cobertura vegetal sobre características físicas e químicas e atividades da microbiota de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, na região de Viçosa.** 1985. 55p. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1985.

FILGUEIRA, H.J.A., SILVA NETO, A.F. da, Estimativa do consumo de água para a irrigação na Bacia Hidrográfica do Rio Gramame. In: CABRAL DA SILVA, T; PASSERAT DE SILANS, A. M. B.; GADELHA, C. L. M. **Bacia Hidrográfica do Rio Gramame: hidrologia e aspectos ambientais para a gestão dos recursos hídricos**. João Pessoa: Ed. Universitária/UFPB, 2002. p. 81-91.

FILGUEIRA, H. J. A.; CABRAL DA SILVA, T,; 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).

GALINDO, E. F. (2004). **A intersectorialidade como requisito para construção de uma Cidade Saudável: política de Saneamento e de Saúde no Recife (gestão 2001-2004)** - Estudo de Caso. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Urbano). Recife, UFPE.

GOLDFARB, M. C.; CYSNEIROS, D. de O.; CABRAL DA SILVA, T. **Caracterização flúvio-morfológica da bacia do rio Gramame**. **Bacia do Rio Gramame**. In: CABRAL DA SILVA, T; PASSERAT DE SILANS, A. M. B.; GADELHA, C. L. M. **Bacia Hidrográfica do Rio Gramame: hidrologia e aspectos ambientais para a gestão dos recursos hídricos**. João Pessoa: Ed. Universitária/UFPB, 2002. p. 3-12.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. (2010). “Cidades @.” Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/>>. Acesso em: 18 de março de 2013.

JOHNSTON, R. J. **Sources of water supplying pumpage from regional aquifer systems of United States**. Hydrogeology Journal. Vol.5 n. 2, pp 54-63. 1997.  
KUNDZEWICZ, Z. W. - **Change detection in hydrological records - a review of the methodology**. Hydrological Sciences. Journal des Sciences Hydrologiques, 49(1) February 2004

LINSLEY, R. K. & FRANZINI, J. B. **Engenharia de recursos hídricos**. São Paulo: Mc Graw-Hill do Brasil, 1978. 798 p.

LINSLEY, R. K.; KOHLER, M.; PAULHUS, J. (1975). **Applied Hydrology. New Delhi**, Mac Graw Hill, 689p.

LIMA, W. P. **O papel hidrológico da floresta na proteção dos recursos hídricos**. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 5, 1986, Olinda. **Anais.** . São Paulo: Sociedade Brasileira de Silveira, 1986a. p. 59-62.

Lorí Viali - viali@mat.pucrs.br - <http://www.mat.pucrs.br/~lori/>.

LOUREIRO, B. T. Águas subterrâneas. Irrigação: produção com estabilidade. **Informe Agropecuário**, v. 9, n. 100, 1983. p. 48-52.

MARTINS, S. V. **Recuperação de matas ciliares**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2001. 143 p.

MOTA, S. **Introdução à engenharia ambiental**. 4. Rio de Janeiro: ABES, 2006. 388p.

Nazemosadat, M. J.; Samani, N.; D. A. Barry and M. Molaii Niko. - **ENSO FORCING ON CLIMATE CHANGE IN IRAN: PRECIPITATION ANALYSIS**. Iranian Journal of Science & Technology, Transaction B, Engineering, Vol. 30, No. B4 Printed in The Islamic Republic of Iran, 2006 © Shiraz University.

PASSOS, M. J. **Estruturada vegetação arbórea e regeneração natural em remanescentes de mata ciliar no Rio Mogi/Guaçu-SP**. 1998. 68 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

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. 247 p.

PETERSON, T. C. et alli. **HOMOGENEITY ADJUSTMENTS OF IN SITU ATMOSPHERIC CLIMATE DATA: A REVIEW**. International Journal of Climatology Int. J. Climatol. 18:1493–1517(1998).

PETTIT, A. N. – **A non-parametric approach to the change-point problem**. Appl. Statist. 28, 2, pp. 126-135, 1979.

PINTO, L. V. A. **Caracterização física da sub bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG, e propostas de recuperação de suas nascentes**. 2003. 165p.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

PNUD, Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. **Relatório de Desenvolvimento Humano 2000**. Nova York, EUA: ONU, PNUD, 2000. Disponível em: <<http://www.undp.org.br/HDR/HDR2000/rdh2000/default.asp>>. Acesso em: 03 abr. 2011.

\_\_\_\_\_. **Plano Diretor Participativo de Pedras de Fogo**. Prefeitura Municipal de Pedras de Fogo. 2006. CD.

**Portal Action** - <http://www.portalaction.com.br/506-263-3%C2%BA-caso-vari%C3%A2ncias-desconhecidas-e-diferentes>).

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T.; **Fotofisionomia do bioma cerrado**. In: Sano, S. M.; ALMEIDA, S. P. de; Cerrado: ambiente e flora. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1998. Cap. 3, pg 89-166.

REBOUÇAS, A. C., BENEDITO, B. TUNDISI, J. G. **Águas Doces do Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação**. São Paulo: Ed. Escrituras. 1999.

REBOUÇAS, A. C. **Uso inteligente da água**. São Paulo: Escrituras, 2004. 207 p.

REBOUÇAS, A. da C. **O Sistema Aquífero Guarani – SAG**. Revista da Associação Brasileira de Águas Subterrâneas. São Paulo, n.16, 119p, maio 2002.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T.; FONSECA, C. E. L. da. **Ecosistemas de matas ciliares**. In: Simpósio Mata Ciliar Ciência e Tecnologia, 1999, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: UFLA/FAEPE/CEMIG, 1999.P 12-24.

ROCHA, A. P. T., **Manejo ecológico integrado de bacias hidrográficas no semiárido brasileiro. Campina Grande**: EPGRAF, 2011. V. 1, 332 P. SCT, 1992, Relatório final – Comissão de Ciência e Tecnologia para o Desenvolvimento do Nordeste, Brasília, DF.

SANTOS, I dos; FILL, H. D.; SUGAI, M. R. V. B.; BUBA, H.; KISHI, R. T.; MARONE, E.; LAUTERT, L. F. **Hidrometria Aplicada**. Curitiba: Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento. ISBN 85-88519-01-1. 2001.

SANTOS, S. A. M dos & RUFFINO, P. H. P. Sensibilização. In: SCHIEL, D.; MASCARENHAS, S.; VALEIRAS, N. SANTOS, S. A. M. dos. (Orgs./Edits.). **O estudo de bacias hidrográficas. Uma estratégia para a educação ambiental**. São Carlos, SP: RiMa Editora, 2002. 181 p.

SKORUPA, L. A. **Áreas de preservação permanente e desenvolvimento sustentável.** Embrapa, Meio Ambiente, Jaguariúna, 2003.

TUCCI, C. E. M. (1993) **Hidrologia: ciência e aplicação.** Porto Alegre: Editora da UFRGS: ABRH: EDUSP.

TUCCI, C.E.M. J.J.S.P. Qualidade da água subterrânea. – documento final, Brasília CGEE – Centro de Gestão e estudos estratégicos, 2003. Disponível em < [HTTP://www.cgEE.org.br/arquivos](http://www.cgEE.org.br/arquivos). acesso em 09/10/2013.

TUNDISI. J. G. **Água no século XXI: Enfrentando a escassez.** São Carlos: Rima. 2003.

VAZHEMIN, I.G. **Chemical composition of natural waters in the VYG river basin in relation to the soil of Central Karelia.** *Soviet Soil Science*, Silver Spring, v.4, n.1, p.90-101, 1972.

Verstraeten, G. et alli. **Long-term (105years) variability in rain erosivity as derived from 10-min rain fall depth data for Ukkel (Brussels, Belgium): Implications for assessing soil erosion rates.** *Journal of Geophysical Research*, Vol.111, D22109, doi:10.1029/2006JD007169, 2006.

**APÊNDICE A – Pluviometria diária de 2010**

EMATER-PB		DADOS PLUVIOMÉTRICOS											98
REGIÃO: JOÃO PESSOA													
MUNICÍPIO	PEDRAS DE FOGO			2010									
DIA	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
1	11,00	0,00	0,00	0,50	0,00	8,00	0,00	4,90	1,30	0,00	0,00	0,00	
2	10,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00	0,00	
3	12,00	0,00	0,00	1,20	0,00	6,00	0,00	6,40	1,10	0,00	0,00	0,00	
4	6,00	0,00	0,00	6,80	0,00	0,00	0,00	0,00	2,60	0,00	0,00	0,00	
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,00	0,00	0,30	1,00	0,00	0,50	0,00	
6	0,00	0,00	0,00	15,70	26,10	1,00	0,00	5,30	0,00	0,00	1,40	0,00	
7	0,00	0,00	0,00	9,40	0,00	0,00	0,00	4,80	0,00	0,00	0,00	0,00	
8	0,00	0,00	0,00	0,00	2,30	2,70	16,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
9	0,00	0,00	0,00	1,00	3,10	0,00	1,40	0,60	0,00	0,00	2,70	0,00	
10	0,00	2,70	0,00	0,00	0,00	0,00	22,90	4,10	3,50	0,00	0,40	0,00	
11	1,70	2,70	0,00	6,90	0,00	2,00	0,00	0,40	4,00	0,00	0,00	0,00	
12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,50	0,00	16,60	1,20	0,00	0,00	0,00	
13	0,00	0,00	0,00	0,00	7,20	0,00	11,00	7,20	0,00	0,00	4,40	0,00	
14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,90	3,00	0,00	0,00	0,90	0,00	0,00	
15	0,00	0,00	0,00	1,30	0,00	4,70	0,00	0,00	3,60	0,00	0,00	0,00	
16	17,00	1,70	0,00	24,00	0,00	12,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
17	10,00	3,40	0,00	0,60	0,00	57,00	4,60	0,00	5,10	1,00	0,00	6,90	
18	33,00	0,00	1,20	7,70	3,00	85,30	0,00	1,30	0,00	1,20	0,00	3,5	
19	11,00	2,20	0,00	13,00	0,00	17,50	0,00	1,10	0,00	0,00	0,00	0,2	
20	1,40	1,40	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,00	
21	3,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,40	10,00	1,20	0,00	0,00	11,5	
22	0,00	7,00	1,90	0,00	0,00	1,00	7,00	20,20	0,00	0,00	0,00	2,6	
23	0,00	0,00	0,00	0,50	1,10	18,60	12,60	8,20	0,00	0,00	0,00	0,00	
24	0,00	0,00	2,30	1,00	1,70	0,00	0,00	5,40	0,00	8,40	0,00	0,00	
25	0,00	0,00	19,40	2,20	2,70	0,00	8,00	0,20	2,50	3,20	0,00	0,00	
26	6,50	0,00	25,80	0,00	12,20	3,50	0,40	0,00	0,70	0,00	0,60	0,00	
27	0,00	0,00	2,20	5,60	0,00	0,00	0,00	4,00	0,00	2,00	0,00	0,00	
28	0,00	0,00	0,00	2,40	0,00	0,60	4,00	0,00	1,30	5,30	0,00	0,00	
29	0,00	0,00	3,90	0,00	0,00	14,00	3,40	2,50	0,00	0,00	0,00	0,00	
30	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,60	1,00	0,00	0,00	0,00	0	
31	2,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	4,00	0,00	0,00	0,00	0	
<b>SOMA</b>	<b>126,10</b>	<b>21,10</b>	<b>56,70</b>	<b>100,3</b>	<b>60,4</b>	<b>251,6</b>	<b>104,1</b>	<b>108,5</b>	<b>32,90</b>	<b>22,00</b>	<b>10,00</b>	<b>24,7</b>	
<b>MAIOR CHUVA</b>	<b>33,00</b>	<b>7,00</b>	<b>25,80</b>	<b>24,0</b>	<b>26,1</b>	<b>85,3</b>	<b>22,9</b>	<b>20,2</b>	<b>5,10</b>	<b>8,4</b>	<b>4,4</b>	<b>11,5</b>	
<b>DIAS C/ HUVA</b>	<b>14</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>18</b>	<b>10</b>	<b>18</b>	<b>16</b>	<b>21</b>	<b>15</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	

**APÊNDICE B – Pluviometria diária de 2011**

EMATER-PB		DADOS PLUVIOMÉTRICOS										
REGIÃO: JOÃO PESSOA												
MUNICÍPIO :	PEDRAS DE FOGO		2011									
DIA	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1	0,00	7,80	0,00	0,00	48,20	0,60	8,00	14,40	0,00	0,00	1,70	0,00
2	0,00	0,50	0,00	0,00	12,60	0,00	14,00	1,60	0,00	0,00	1,00	0,00
3	0,00	0,00	0,00	0,00	31,80	4,70	23,80	0,00	0,00	0,00	2,90	0,00
4	9,00	2,90	1,60	7,00	91,00	32,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	20,00	0,00	0,00	0,00	35,60	0,00	0,40	0,00	2,80	1,20	0,00	4,20
6	1,40	0,00	0,00	0,00	10,60	1,00	50,20	0,00	0,00	0,70	0,00	0,00
7	0,00	3,00	5,50	0,00	0,00	11,80	9,40	0,00	0,00	0,00	0,50	0,40
8	0,00	0,00	0,00	13,80	0,00	2,70	6,90	5,40	0,00	0,00	0,00	0,00
9	0,00	0,00	6,00	45,40	1,80	0,00	0,00	9,00	1,20	0,00	0,00	0,00
10	0,00	0,00	2,30	4,20	53,60	12,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	5,00	0,00	3,20	15,80	11,00	0,00	9,40	0,00	1,20	0,00	1,90	0,00
12	0,00	0,00	0,00	5,80	0,60	15,20	75,00	0,00	0,00	0,00	14,40	0,00
13	0,20	0,00	0,00	77,40	0,00	0,00	59,60	0,00	0,00	0,00	3,20	0,00
14	0,00	7,00	0,00	0,80	0,00	0,00	1,80	21,00	0,00	0,50	4,10	0,00
15	0,00	0,00	5,40	4,80	1,80	0,00	0,00	5,00	0,50	1,20	2,30	0,00
16	2,30	0,00	5,00	0,00	1,20	1,10	74,00	12,80	0,00	0,00	0,00	0,50
17	0,00	0,00	0,00	0,00	15,20	56,80	169,00	0,00	1,00	0,00	0,70	0,00
18	0,00	0,00	0,00	27,80	1,00	6,00	14,40	2,00	6,00	5,76	0,00	0,00
19	0,00	0,00	0,00	104,60	0,00	0,90	0,40	0,80	0,00	1,80	0,00	0,00
20	0,00	31,00	0,00	4,60	163,00	2,80	0,00	0,00	0,00	0,40	0,00	0,00
21	1,10	9,80	0,00	54,60	0,00	1,70	0,00	0,70	0,00	0,00	0,00	0,00
22	32,00	1,20	0,00	2,00	0,00	27,20	0,00	8,80	0,00	0,00	0,00	16,2
23	12,00	1,00	0,00	1,20	0,00	0,90	0,00	34,40	3,10	0,00	0,00	0,00
24	4,30	13,00	0,00	0,00	2,00	1,20	1,60	0,60	0,00	0,00	1,50	0,00
25	18,00	0,00	0,00	1,80	4,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00
26	44,00	4,40	0,00	1,60	0,50	13,10	0,60	45,20	0,00	0,00	0,00	0,00
27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
28	25,80	8,40	0,00	0,00	0,00	1,60	12,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
29	0,00	0,00	0,00	0,40	2,80	24,00	0,50	4,80	0,00	0,00	0,50	0,00
30	3,20	0,00	0,00	0,00	34,60	23,00	5,00	0,90	0,00	0,00	0,00	0,00
31	2,40	0,00	2,10	0,00	0,00		12,20	0,00		1,50		0,00
<b>SOMA</b>	<b>180,70</b>	<b>90,00</b>	<b>31,10</b>	<b>373,6</b>	<b>523,2</b>	<b>240,4</b>	<b>555,5</b>	<b>167,4</b>	<b>15,80</b>	<b>13,60</b>	<b>34,70</b>	<b>23,3</b>
<b>MAIOR CHUVA</b>	<b>44,00</b>	<b>31,00</b>	<b>6,00</b>	<b>104,6</b>	<b>163,0</b>	<b>56,80</b>	<b>169</b>	<b>45,2</b>	<b>3,10</b>	<b>5,7</b>	<b>14,4</b>	<b>16,2</b>
<b>DIAS C/ CHUVA</b>	<b>15</b>	<b>12</b>	<b>8</b>	<b>18</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>16</b>	<b>7</b>	<b>9</b>	<b>12</b>	<b>5</b>

**APÊNDICE C – Pluviometria diária de 2012**

EMATER-PB			DADOS PLUVIOMÉTRICOS									
REGIÃO: JOÃO PESSOA												
MUNICÍPIO :	PEDRAS DE FOGO			2012								
DIA	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	96,20	0,00	0,00	4,40	0,00	6,00
3	0,00	0,80	0,00	2,80	0,00	0,00	27,20	0,50	0,00	2,60	0,00	0,70
4	0,00	0,00	0,00	0,50	0,20	1,40	0,50	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,30
6	0,00	0,00	0,00	8,60	0,00	0,00	1,30	0,00	2,50	0,00	0,00	0,00
7	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	15,60	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	3,20	0,00	0,00	0,00	0,30	0,00
9	6,00	0,00	0,00	7,60	0,00	0,00	2,40	0,80	0,00	0,00	2,50	0,00
10	1,30	0,00	0,00	2,30	0,00	0,00	8,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	8,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,20	14,00	0,00	0,00
12	16,40	0,00	7,80	0,00	0,00	3,50	1,00	0,00	0,00	1,30	0,00	0,00
13	0,00	0,00	9,50	0,00	0,00	0,60	32,60	3,60	0,00	1,80	0,00	0,00
14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60	27,40	19,40	1,30	0,00	0,40	0,00	0,00
15	0,00	5,20	0,00	0,00	1,60	1,00	0,00	5,10	0,00	0,00	0,00	0,00
16	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,30	0,00	0,00
17	0,00	35,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,90	0,00	3,80
18	0,00	18,60	0,00	0,00	0,00	0,00	6,70	0,00	1,00	1,50	0,00	0,00
19	23,40	88,60	0,00	0,00	0,00	49,80	2,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20	24,2	7,60	0,00	5,40	3,80	37,00	0,00	11,80	0,00	0,00	0,00	0,00
21	21,9	1,00	0,00	0,00	0,00	1,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22	32,0	0,00	0,00	0,00	0,00	38,60	0,80	2,50	0,00	0,00	0,00	0,00
23	22,5	0,00	0,00	0,00	9,00	4,40	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
24	27,0	0,00	0,00	0,00	7,30	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00
25	24,6	0,00	3,80	0,00	31,00	21,00	0,50	0,70	0,00	0,00	0,00	0,00
26	0,00	0,00	0,00	0,00	17,00	9,00	2,30	1,00	0,00	0,80	0,00	0,00
27	0,90	3,30	0,00	0,00	5,00	0,00	4,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
28	0,00	0,30	0,00	0,00	0,00	77,80	0,00	1,00	0,30	0,00	0,00	0,00
29	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	60,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
30	0,00		0,70	0,00	28,40	0,00	8,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
31	40,40		0,00		26,80		0,00	0,00		0,00		1,3
<b>SOMA</b>	<b>248,6</b>	<b>162,00</b>	<b>23,00</b>	<b>27,2</b>	<b>135,7</b>	<b>347,3</b>	<b>218,4</b>	<b>31,6</b>	<b>8,50</b>	<b>30,00</b>	<b>2,80</b>	<b>12,1</b>
<b>MAIOR CHUVA</b>	<b>40,40</b>	<b>88,60</b>	<b>9,50</b>	<b>8,6</b>	<b>97,3</b>	<b>77,8</b>	<b>96,2</b>	<b>11,8</b>	<b>4,20</b>	<b>14</b>	<b>2,5</b>	<b>6</b>
<b>DIAS C/ CHUVA</b>	<b>13</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>12</b>	<b>15</b>	<b>18</b>	<b>14</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>2</b>	<b>5</b>

**APÊNDICE D – Pluviometria diária de janeiro a março de 2013**



