



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS NATURAIS**



**LINHA DE PESQUISA: MANEJO INTEGRADO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS**

**SILVANA FERNANDES NETO**

**ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL EM MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO  
SEMIÁRIDO PARAIBANO**

**CAMPINA GRANDE – PB**

**Março de 2013**

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS NATURAIS  
LINHA DE PESQUISA: MANEJO INTEGRADO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS**

**SILVANA FERNANDES NETO**

**ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL EM MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO  
SEMIÁRIDO PARAIBANO**

**Orientadores: Prof. Dr. Pedro Dantas Fernandes  
Prof. Dr. José Geraldo de Vasconcelos Baracuhy**

**CAMPINA GRANDE – PB  
Março de 2013**

**SILVANA FERNANDES NETO**

**ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL EM MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO  
SEMIÁRIDO PARAIBANO**

Tese de Doutorado submetida ao Curso de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande/PB, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutora em Recursos Naturais.

Área de Concentração: Sociedade e Recursos Naturais

Linha de Pesquisa: Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas

**Orientadores: Prof. Pedro Dantas Fernandes**

**Prof. José Geraldo de Vasconcelos Baracuhy**

**CAMPINA GRANDE – PB**

**Março de 2013**

F363z Fernandes Neto, Silvana.  
Zoneamento geoambiental em microbacia  
hidrográfica do Semiárido Paraibano. / Silvana Fernandes  
Neto. - Campina Grande - PB: [s.n], 2013.

134 f.

Orientadora: Professora Dr<sup>a</sup>. Annemarie Konig

Tese de Doutorado (Programa de Pós-Graduação em  
Recursos Naturais) - Universidade Federal de Campina  
Grande; Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.

1. Zoneamento geoambiental. 2. Microbacia  
Riacho Fundo - Cabaceiras - PB. 3. Semiárido Paraibano -  
microbacia hidrográfica. 4. Coeficiente de rugosidade.  
5. Aptidão de uso da terra. 6. Planejamento ambiental.  
7. Manejo integrado de bacias hidrográficas. 8.  
Mapeamento hipsométrico - microbacia. 9. Mapeamento  
clinográfico - microbacia. 10. Classificação pedológica  
- microbacia. 11. Aquífero em rochas cristalinas. 12.  
Rede de drenagem - microbacia. 13. Unidades  
litoestratigráficas - microbacia. 14. Recursos naturais  
- semiárido. I. Konig, Annemarie. II. Título.

CDU:556.51 (043.3)

### **Elaboração da Ficha Catalográfica:**

Johnny Rodrigues Barbosa  
Bibliotecário-Documentalista  
CRB-15/626

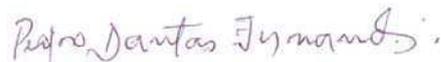
Todos os direitos autorais reservados a Silvana Fernandes Neto. A reprodução de parte(s) ou do todo deste trabalho só poderá ser realizada com autorização por escrito da autora. Endereço Eletr.: [silfeneto@yahoo.com.br](mailto:silfeneto@yahoo.com.br)

**SILVANA FERNANDES NETO**

**ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL EM MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO  
SEMIÁRIDO PARAIBANO**

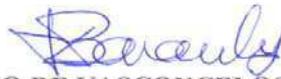
**APROVADA EM: 04/03/2013**

BANCA EXAMINADORA



**Dr. PEDRO DANTAS FERNANDES**

Universidade Federal de Campina Grande – UFCG



**Dr. JOSÉ GERALDO DE VASCONCELOS BARACUHY**

Universidade Federal de Campina Grande – UFCG



**Dr. JÓGERSON GOMES PINTO PEREIRA**

Universidade Federal de Campina Grande – UFCG



**Dra. VERA LÚCIA ANTUNES DE LIMA**

Universidade Federal de Campina Grande – UFCG



**Dr. ADILSON DAVID DE BARROS**

Universidade Federal de Campina Grande – UFCG



**Dra. SOAHD ARRUDA RACHED FARIAS**

Universidade Federal de Campina Grande – UFCG

## AGRADECIMENTOS

... a Deus, pois sem sua proteção e ajuda, nada seria possível;  
... ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Universidade Federal  
de Campina Grande/PB, pela oportunidade de aperfeiçoamento;  
... ao Professor Pedro Dantas Fernandes, por ter aceitado me orientar, amizade,  
paciência, sabedoria e incentivo;  
... ao Professor José Geraldo de Vasconcelos Baracuhy, por sua orientação,  
amizade, incentivo e sabedoria em transmitir seus conhecimentos;  
... ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pelo  
apoio financeiro aos meus estudos;  
... a minha família, pela compreensão de minha ausência e incentivo;  
... aos meus amigos e colegas Bruno Abreu, Geórgia Karênia, Susane Ribeiro,  
Antonio Antunes, Geraldo Baracuhy Neto, Irenaldo Abreu, Catyelle Ferreira e  
Taciana Araújo; ainda, Angelise Mendes, Roberto Tarabal, Patrícia M. de Paula e  
Sergio F. Garcia, sempre presentes ou mesmo ausentes, apoiando e incentivando  
com muito carinho;  
... aos colegas e amigos do Laboratório Interdisciplinar de Ciências Agroambientais  
LICTA/UFCG, Kaline, Jógerson, Soahd, Aline, Eronildes, Verneck, Veneziano,  
Enoque, Aurimar, Adilson e Francisca, pelo incentivo e amizade.  
... aos demais amigos, mesmo distantes, que de alguma forma me apoiaram e  
incentivaram,

**Muito obrigada a todos!**

## ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL EM MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO SEMIÁRIDO PARAIBANO

Silvana Fernandes Neto  
Pedro Dantas Fernandes  
José Geraldo de Vasconcelos Baracuhy

### RESUMO

Uma das grandes preocupações da humanidade, ao buscar melhorias na qualidade de vida, vem sendo o uso racional dos recursos naturais, a recuperação e a preservação do meio ambiente. Na zona semiárida do Nordeste brasileiro, algumas características merecem destaque, como as atividades produtivas, alta densidade demográfica, solos deteriorados, variações pluviométricas e as instabilidades climáticas. Nesse contexto, objetivou-se com este estudo elaborar uma ferramenta de zoneamento geoambiental, a partir da análise da aptidão de uso/ocupação das terras, tendo como base o coeficiente de rugosidade, em uma microbacia hidrográfica do semiárido paraibano, a fim de determinar áreas com potencialidades de usos e fragilidades ambientais, visando o uso racional, preservação e conservação dos recursos naturais, bem como melhoria na qualidade de vida da população e desenvolvimento local. Para tanto, foram elaborados diagnósticos do meio físico e, através do fator coeficiente de rugosidade, foi possível se identificar áreas de aptidão de uso na microbacia. Os resultados foram obtidos mediante a proposição de metodologias de geoprocessamento, como ferramentas de análise em cada etapa do trabalho. A área de estudo foi a microbacia Riacho Fundo, localizada no distrito da Ribeira em Cabaceiras/PB, a qual possui área de 3.757,9 ha. Para o estudo da aptidão de uso das terras, fez-se uma adaptação do fator coeficiente de rugosidade para a região, além da análise dos dados físicos, sendo, rede de drenagem, clima, solos, declividade, relevo e uso e ocupação. Quanto ao uso, a cobertura vegetal recobre 92,8% da microbacia, composta por vegetação arbustiva, herbácea e arbórea de caatinga; ainda, 0,9% é composta por corpos d'água; 2,4% por áreas com cultivo agrícola; 3,2% com presença de processos erosivos e afloramentos de rocha e 0,7% da área com presença de estradas e construções. Quanto à aptidão de uso, 82,1% da microbacia, está classificada com aptidão A, ou uso simplificado, sendo áreas passíveis de instalações ou construções de técnicas de contenção de solo e água, junto às áreas baixas, onde concentram materiais inconsolidados provindos das partes mais altas da microbacia. Pode também ser utilizada com culturas anuais e perenes, criação de pecuária, pastagens e/ou reflorestamento e vida silvestre, sendo cultiváveis com práticas simples de manejo e conservação. Ainda, 17,9% tem aptidão D, ou uso protegido, com restrições de usos, sendo prioritariamente permitida a utilização como abrigo e proteção de fauna e flora silvestre, ou ainda, como ambiente para recreação, ou para fins de armazenamento de água. São áreas impróprias para o cultivo agrícola, pastagem ou reflorestamento.

Palavras chave: diagnóstico físico; microbacia hidrográfica; coeficiente de rugosidade; aptidão de uso da terra; planejamento ambiental.

## GEOENVIRONMENTAL ZONING IN THE SEMIARID WATERSHED PARAIBANO

Silvana Fernandes Neto  
Pedro Dantas Fernandes  
José Geraldo de Vasconcelos Baracuhy

### ABSTRACT

A major concern of humanity, to seek improvements in quality of life, has been the rational use of natural resources, recovery and preservation of the environment. In semiarid region of Brazilian northeastern, some features are worth mentioning, as production activities, high population density, soils deteriorate, variations in rainfall and climatic instability. In this context, the aim of this study was to develop a tool geoenvironmental zoning, from the analysis of the suitability of use/occupation of land, based on the roughness coefficient, in a semiarid watershed paraibano, to determine areas with potential uses and environmental fragilities, to encourage rational use, preservation and conservation of natural resources as well as improved quality of life and local development. For this purpose, we developed diagnostic of the physical and, through the factor roughness coefficient, it was possible to identify areas of suitability for use in the watershed. The results were obtained by the proposition geoprocessing methodologies, such as assessment tools for each stage of the work. The area of study was the watershed Riacho Fundo, located in the district of Ribeira in Cabaceiras in the state of Paraíba, which has an area of 3757.9 ha. To study the suitability of land use, it was done an adaptation of the roughness coefficient factor for the region, as well as analysis of physical data to drainage system, climate, soils, slope, topography and land use and occupation. Regarding the use, the vegetation covers 92.8% of the watershed, consisting of shrubs, herbaceous and woody caatinga; still, 0.9% consists of water bodies, 2.4% for areas with agricultural cultivation; 3.2% with the presence of erosion and rock outcrops and 0.7% of the area with the presence of roads and buildings. As for the fitness of use, 82.1% of the watershed is classified with the fitness A, or use simplified, being areas for liable facilities installation or construction of techniques of containment of soil and water, along the low areas where unconsolidated material stemmed from concentrate higher parts of the watershed. It can also be used with annual and perennial crops, livestock breeding, grazing and/or reforestation and wildlife, being cultivated with simple management practices and conservation. Still, 17.9% have fitness D, or use protected with restricted uses, mainly being allowed to use as shelter and protection of wild fauna and flora, or to environment for recreation, or for water storage. These are areas unsuitable for farming, grazing or forestry.

Keywords: physical diagnosis; watershed; roughness coefficient; suitability of land use, environmental planning.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01. Mapa de localização da microbacia hidrográfica Riacho Fundo/PB. ....	27
Figura 02. Imagem de satélite Quickbird da microbacia Riacho Fundo. ..	29
Figura 03. Croqui com a representação das medidas de A e CV. ....	38
Figura 04. Disposição da rede de drenagem que compõem a microbacia hidrográfica Riacho Fundo. ....	48
Figura 05. Variação mensal da precipitação (mm), durante a série temporal de 1926 a 2006. ....	51
Figura 06. Variação anual da precipitação (mm), durante a série temporal de 1926 a 2006. ....	53
Figura 07. Mapa com a representação Hipsométrica. ....	56
Figura 08. Mapa da compartimentação da rede de drenagem da microbacia Riacho Fundo. ....	58
Figura 09. Mapa Geológico da microbacia Riacho Fundo. ....	59
Figura 10. Mapa de Declividade da microbacia Riacho Fundo. ....	61
Figura 11. Morrote que marca o relevo ondulado no alto curso da microbacia (ao fundo). ....	63
Figura 12. Mapa das Unidades de Relevo da Microbacia. ....	64
Figura 13. Mapa de Solos predominantes na microbacia Riacho Fundo. ....	67
Figura 14. Mapa de Uso/Ocupação Atual da Microbacia. ....	70
Figuras 15 e 16. Presença de vegetação rala, no baixo e alto curso da microbacia. ....	71
Figuras 17 e 18. Desmatamento para limpeza da área e fabricação de carvão. ....	72
Figuras 19 e 20. Vegetação densa, com destaque a uma Baraúna. ....	73
Figuras 21 e 22. Concentração da espécie algaroba na beira da drenagem. ....	74
Figura 23. Figura 23. Açude Olho D'água no período de estiagem. ....	76
Figuras 24 e 25. Cultivo de milho e coco. ....	77
Figuras 26 e 27. Processo de erosão laminar próximo à estrada e junto à rede de drenagem. ....	77
Figuras 28 e 29. Afloramento de rocha em forma de blocos. ....	78
Figuras 30 e 31. Distrito da Ribeira (Sede) e presença de casas abandonadas nas proximidades. ....	79
Figuras 32 e 33. Estradas não pavimentadas de acesso ao distrito da Ribeira. ....	79
Figura 34. Mapa de Aptidão de Uso da Terra da Microbacia Riacho Fundo. ....	81
Figuras 35 e 36. Reservatório de água coletivo e chafariz de distribuição da água a população. ....	85

## LISTA DE QUADROS

Quadro 01: Definição dos intervalos de classes de declividade para a microbacia Riacho Fundo. ....	41
Quadro 02. Variação da precipitação mensal (mm), durante a série temporal de 1926 a 2006, com o total anual acumulado. ....	115
Quadro 03. Parâmetros físicos e químicos de cada ponto de coleta de solo, na profundidade de 10 e 20 cm. ....	68
Quadro 04. Teores de sais das águas dos poços de abastecimento da Ribeira. ....	86

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01. Parâmetros da rede de drenagem. ....	50
Tabela 02. Classes hipsométricas da microbacia. ....	54
Tabela 03. Compartimentação da microbacia em setores. ....	57
Tabela 04. Composição geológica predominantes na microbacia. ....	59
Tabela 05. Classes de declividade e tipo de relevo encontrado na microbacia. ....	62
Tabela 06. Unidades de relevo predominante na microbacia Riacho Fundo. ....	64
Tabela 07. Classes de solos encontrados na microbacia Riacho Fundo. ....	67
Tabela 08. Quantificação dos dados de usos/ocupação da terra na microbacia Riacho Fundo. ....	71
Tabela 09. Classes de aptidão das terras por zonas de usos. ....	81

## SUMARIO

RESUMO .....	v
ABSTRACT .....	vi
1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1. Apresentação da Pesquisa .....	1
1.2. Caracterização do Problema .....	3
1.3. Justificativa do Estudo .....	4
1.4. Objetivos .....	6
1.4.1. Geral .....	6
1.4.2. Específicos .....	6
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	7
2.1. Bacia Hidrográfica como Unidade de Planejamento .....	7
2.2. Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas .....	10
2.3. Uso da Terra e sua Capacidade de Uso .....	12
2.4. Uso da Terra a partir do Coeficiente de Rugosidade (CR) .....	16
2.5. Planejamento Ambiental com Uso de Zoneamento .....	18
2.6. Base Geológica Paraibana e Aquífero .....	21
2.7. O Uso do Sensoriamento Remoto .....	23
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	27
3.1. Caracterização da Área de Estudo .....	27
3.2. Materiais Utilizados .....	29
3.3. Procedimentos Metodológicos .....	30
3.3.1. Delimitação da área (A) e perímetro (P) da microbacia hidrográfica .....	31
3.3.2. Parâmetros morfométricos de drenagem .....	32
3.3.2.1. Definição da rede de drenagem .....	32
3.3.2.2. Hierarquia fluvial .....	32
3.3.2.3. Padrão de drenagem .....	33
3.3.2.4. Coeficiente de compacidade ou Índice de Gravelius (Kc) .....	33
3.3.2.5. Fator de forma (Kf) .....	34
3.3.2.6. Comprimento total das drenagens (Cr) .....	35
3.3.2.7. Densidade de drenagem (Dd) .....	35
3.3.3. Caracterização climatológica .....	36
3.3.4. Caracterização hipsométrica da microbacia .....	37
3.3.5. Comprimento das Vertentes (CV) .....	37
3.3.6. Compartimentação da microbacia .....	39
3.3.7. Caracterização litoestratigráfica da microbacia .....	39
3.3.8. Caracterização clinográfica da microbacia .....	40
3.3.9. Definição das unidades de relevo da microbacia .....	41
3.3.10. Caracterização pedológica da microbacia .....	41
3.3.11. Uso e ocupação atual das terras da microbacia .....	43
3.3.12. Aptidão de uso da terra a partir do coeficiente de rugosidade (CR) .....	44
3.3.13. Análise da água de poços públicos na microbacia .....	46

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	48
4.1. Rede de drenagem da microbacia .....	48
4.2. Climatologia da região .....	51
4.3. Mapeamento hipsométrico da microbacia .....	54
4.4. Compartimentação da microbacia .....	56
4.5. Unidades litoestratigráficas da microbacia .....	58
4.6. Mapeamento clinográfico da microbacia .....	61
4.6. Mapeamento das unidades de relevo .....	63
4.8. Classificação pedológica da microbacia .....	66
4.9. Mapeamento do uso/ocupação atual da terra da microbacia .....	69
4.9.1. Vegetação rala .....	71
4.9.2. Vegetação densa .....	73
4.9.3. Corpos d'água .....	75
4.9.4. Área agrícola .....	76
4.9.5. Área erodida .....	77
4.9.6. Afloramento rochoso .....	78
4.9.7. Edificações .....	78
4.9.8. Estradas .....	79
4.10. Zoneamento geoambiental a partir da aptidão de uso/ocupação da terra .....	80
4.11. Aquífero em rochas cristalinas .....	85
5. CONCLUSÕES .....	88
6. BIBLIOGRAFIA CITADA .....	89
APÊNDICE I - Parâmetros químicos e físicos dos solos. ....	100
ANEXO I - Dados de precipitação, série temporal de 1926 a 2006. ....	114
APÊNDICE II - Resultados das análises físico-químicas e microbiológica das águas dos poços antigo, novo e cacimbão (coletivo). ....	117

## **1. INTRODUÇÃO**

### **1.1. Apresentação da Pesquisa**

Uma das grandes preocupações da humanidade, ao buscar melhorias na qualidade de vida, vem sendo o uso sustentável dos recursos naturais, a recuperação e a preservação do meio ambiente. A visão integrada da paisagem e a necessidade de compreensão das relações existentes entre a sociedade e a natureza, estão criando novos enfoques para as pesquisas ambientais. Diante desse cenário, os elementos da paisagem passaram a ser estudados, como objetos de análises e, o homem, como agente modificador do meio, seja como elemento que degrada, mitiga ou recupera o ambiente.

O ser humano interfere no meio ambiente, criando novas situações ao construir e reordenar os espaços físicos, de acordo com seus interesses. As modificações no ambiente natural alteram o equilíbrio da natureza que não é estática, mas possui, quase sempre, um dinamismo harmonioso, em evolução estável e contínua (ROSS, 2001).

A falsa ideia de que o ambiente possui riquezas infinitas e a desconsideração e/ou o desconhecimento do tempo geológico, necessário para recompor o meio, faz com que a sociedade se aproprie dos recursos naturais, muitas vezes, de maneira inadequada. E isso pode explicar o atual desequilíbrio ambiental, podendo-se dizer que a sociedade tem uma relação intrínseca com a deterioração do ambiente, transformando um problema natural em um problema antrópico e, portanto, social.

O conhecimento das características físicas do meio e suas interações, perante as múltiplas atividades humanas sob o ambiente, são de fundamental importância, para um convívio harmônico, reduzindo adversidades, buscando soluções para problemas emergentes, ainda promovendo uma reflexão sobre sustentabilidade.

Na zona semiárida do Nordeste brasileiro, algumas peculiaridades merecem destaque, como as atividades produtivas e a densidade demográfica. Ab'Saber (1985) enfatiza que essa região é uma das mais populosas do mundo nesse tipo de ambiente. Associado a isso, existem alguns problemas referentes a uma estrutura fundiária rígida, na qual se desenvolvem atividades agropecuárias, com baixo nível

tecnológico que, inevitavelmente, levam às práticas agrícolas predatórias e, conseqüentemente, à deterioração ambiental.

O regime pluviométrico no semiárido é marcado pela irregularidade de chuvas, no tempo e no espaço. Nesse cenário, a escassez de água constitui um forte entrave ao desenvolvimento socioeconômico e, até mesmo, à subsistência da população. A ocorrência cíclica das secas e seus efeitos catastróficos são por demais conhecidos e remontam aos primórdios da história do Brasil (MOREIRA FILHO, 2002).

Faz-se presente, no entanto, a necessidade de adoção de uma unidade de pesquisa, gestão e planejamento, que integre ou incorpore elementos, tanto naturais como sociais, que permitam estudos abrangentes, capazes de retratar a realidade local. Tem-se assim, uma unidade básica de planejamento, a bacia hidrográfica, definida no Brasil, primeiramente em 1987, através do decreto nº 94.076, como unidade ecológica para aproveitamento agropecuário e, posteriormente, pela Lei 9.433/97, como a unidade geográfica fundamental para estudos ambientais, sendo reconhecida mundialmente, devido a sua complexidade.

Como unidade de planejamento, a bacia hidrográfica se constitui num sistema natural onde seus componentes interagem de forma integrada. Ainda, constitui-se numa unidade espacial de fácil reconhecimento e caracterização, considerando que “não há qualquer área de terra, por menor que seja que não se integre a uma bacia hidrográfica e, quando o problema central é água, a solução deve estar estreitamente ligada ao seu manejo e manutenção” (SANTOS, 2004: 40).

Dentro deste contexto, tem-se a microbacia hidrográfica do Riacho Fundo, pertencente à sub-bacia do rio Taperoá, localizada na porção central do estado da Paraíba, no município de Cabaceiras. Por estar inserida na zona do semiárido, vem sofrendo com problemas ambientais relacionados a solos imperfeitamente drenados, baixo potencial hídrico subterrâneo e superficial, processos erosivos, desmatamento, assoreamento de drenagens, entre outros.

Tais problemáticas se repetem em muitas regiões brasileiras, podendo ser modificadas ou amenizadas através de um manejo integrado com a gestão dos recursos naturais. Entretanto, a carência de estudos de abrangência regional, que avalie as potencialidades e fragilidades dos recursos, reduz substancialmente as possibilidades de seu manejo e inviabilizam uma gestão eficiente. Além disso, as decisões sobre as prioridades e implantações de ações de convivência com as

adversidades naturais, exigem o conhecimento básico sobre a localização, fatores físicos e bióticos, além da disponibilidade de áreas possíveis de serem recuperadas.

Para tanto, é mister o desenvolvimento de um modelo de zoneamento geoambiental para a região, que possibilite determinar as aptidões das áreas para usos, bem como as prioridades para um processo de gestão integrada dos recursos naturais, com ênfase para solo e água. Tal procedimento permitirá tomada acertada de decisão, o desenvolvimento local, a elevação da qualidade de vida dos moradores e a preservação ambiental.

Enfatizam Spori e Ross (2004) que estudos relativos à fragilidade dos ambientes são de extrema importância ao planejamento ambiental, onde a identificação dos ambientes naturais e suas fragilidades potenciais e emergentes proporcionam uma melhor definição de diretrizes e ações a serem implementadas no espaço físico-territorial, servindo de base para o zoneamento, fornecendo subsídios à gestão da unidade de estudo.

## **1.2. Caracterização do Problema**

Os problemas gerados pelo uso inadequado dos recursos naturais, tanto em nível nacional quanto regional, de maneira geral se repetem, ou seja, degradação e compactação do solo, erosão, uso inadequado de encostas, queimadas, desmatamento, assoreamento dos rios, poluição por dejetos e produtos químicos, entre outros. Todos esses tipos de degradações passam a ser incorporados pelo meio causando sérios prejuízos ambientais.

A região semiárida brasileira, conforme Carvalho (1988) sofre com questões de ordem natural, impostas pelas condições climáticas, determinadas pela diferença da evaporação potencial média anual (2.000 mm) e precipitação média anual (600 mm), condicionando a existência de déficit hídrico permanente, causando processos de deterioração, com efeitos danosos, afetando diretamente a sobrevivência da população nordestina.

Ab'Saber (2003) discorre a respeito do nordeste seco do Brasil, como sendo uma província fitogeográfica das caatingas, onde predominam as temperaturas médias anuais elevadas e constantes. Os atributos que dão similitude às regiões semiáridas são sempre de origem climática, hídrica e fitogeográfica: baixos níveis de

umidade, escassez de chuvas anuais, irregularidade no ritmo das precipitações ao longo do ano, prolongados períodos de carência hídrica, solos problemáticos tanto do ponto de vista físico quanto do geoquímico – solos salinos, carbonáticos – e ausência de rios perenes, sobretudo no que se refere às drenagens autóctones<sup>1</sup>.

Ainda, na região onde se encontra a microbacia hidrográfica Riacho Fundo/PB, no semiárido paraibano, existe uma carência de estudos que envolvam fatores ambientais característicos, que permitam pontuar os problemas e as virtudes locais, e ainda, que aponte as prioridades e as ações a serem realizadas, na busca da convivência harmônica com as adversidades climáticas e do desenvolvimento local.

Assim, questiona-se a cada dia sobre, o que fazer para conviver adequadamente com o quadro de escassez hídrica ou para amenizar os problemas decorrentes dessa problemática? Ou ainda, quais ações devem ser realizadas, para minimizar o quadro da deterioração ambiental, que aponte e incentive a preservação, conservação e a recuperação dos recursos hídricos, tão escassos na região?

### **1.3. Justificativa do Estudo**

No decorrer das últimas décadas acentuaram-se os desequilíbrios decorrentes do uso incorreto e indiscriminado dos recursos naturais. O ambiente é alterado pelas atividades humanas e o grau de alteração de um espaço, é avaliado pelos seus diferentes modos de produção e/ou diferentes estágios de desenvolvimento tecnológico. Na natureza isso se revela pela intensificação dos processos de apropriação dos recursos e conseqüente deterioração ambiental.

A deterioração dos solos é um dos exemplos de problemas ambientais dos dias atuais. Em diversas regiões brasileiras são conhecidas áreas que apresentam processos avançados de deterioração, provocados por práticas inadequadas de uso e manejo dos solos, muitas vezes ocasionados pelo desconhecimento da sua capacidade ambiental de suporte.

---

<sup>1</sup> Autóctone: compreende todos os rios, riachos e córregos que nascem e correm no interior do núcleo principal de semiaridez do Nordeste brasileiro, em um espaço hidrológico com centenas de milhares de km<sup>2</sup> (AB'SABER, 2003:92).

Além dos solos, os recursos hídricos que são de extrema importância para a manutenção da vida, vêm se tornando escassos, contribuindo assim com o avanço da problemática ambiental principalmente com relação às questões referentes ao seu gerenciamento.

A eficácia do gerenciamento dos recursos hídricos encontra-se diretamente relacionada à gestão ambiental que, por sua vez, relaciona-se à correta utilização do solo. Pode ser desenvolvido, através de um modelo integrado de manejo de bacias hidrográficas, embasado em diagnósticos, que levam a formulação de um conjunto de ações sobre o meio natural e a estrutura socioeconômica de uma bacia, promovendo uma conservação e utilização sustentável dos recursos naturais, nela existentes.

A proposta de elaboração de um modelo de zoneamento geoambiental se justifica a partir da observação dos problemas físicos, sociais, econômicos e ambientais encontrados na microbacia hidrográfica Riacho Fundo, localizada no município de Cabaceiras/PB, onde se faz necessário a realização de estudo que vise a integralização dos fatores responsáveis pela preservação ambiental e a melhoria na qualidade de vida da população residente, contribuindo com o desenvolvimento e a sustentabilidade.

Uma das ferramentas para alcançar esse objetivo é o zoneamento geoambiental, que através de diagnósticos, avalia a área, espacializando os problemas, fornecendo informações referentes ao meio físico e conseqüentemente apresentando as fragilidades ambientais, as potencialidades e as prioridades a serem executadas, ou seja, as reais condições que se encontra o meio, para a elaboração de um planejamento de uso e ocupação, e ainda medidas para solucionar tais problemas.

Soma-se ainda, que a falta de conhecimento das condições físicas, associadas às técnicas inadequadas de usos e ocupação dos solos, afetam diretamente o bem estar socioeconômico e ambiental da população da microbacia, agravada pelo fato de localizar-se no semiárido, que sofre sérias dificuldades com déficit hídrico, por longo período do ano, e tem sua economia baseada praticamente no setor primário, mesmo com toda a problemática existente.

Então, acredita-se que este estudo tem relevância para as comunidades pertencentes ao semiárido brasileiro, mais precisamente aquelas localizadas na região da microbacia hidrográfica Riacho Fundo, pois buscaram-se alternativas por

meio de técnicas capazes de melhorar o uso racional da microbacia e, conseqüentemente, melhorar as condições de vida local, assim como, levar subsídios para uma maior sustentabilidade e bem-estar da população.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Geral**

Propor um modelo de Zoneamento Geoambiental, a partir da análise da aptidão de uso/ocupação das terras, tendo como base o coeficiente de rugosidade, em uma microbacia hidrográfica do semiárido paraibano.

### **1.4.2. Específicos**

- Realizar a caracterização morfométrica/morfológica da microbacia hidrográfica Riacho Fundo;
- Mapear a rede de drenagem da microbacia;
- Realizar o mapeamento das declividades existentes;
- Mapear o uso atual dos solos da microbacia;
- Caracterizar os solos encontrados na área;
- Adequar o coeficiente de rugosidade para a realidade local;
- Definir o zoneamento geoambiental da microbacia, a partir da aptidão de uso da terra;
- Analisar a qualidade da água consumida na comunidade da microbacia.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1. Bacia Hidrográfica como Unidade de Planejamento

Na década de 80, o Governo Federal, através do Decreto nº 94.076 de 05 de março de 1987, instituiu o Programa Nacional de Microbacias Hidrográficas (PNMH), sob supervisão do Ministério da Agricultura, e a bacia hidrográfica começou a ter maior respaldo no contexto nacional. Visava promover adequado aproveitamento agropecuário dessas unidades ecológicas, mediante a adoção de práticas de utilização racional dos recursos naturais renováveis.

Foi a partir de então, que novos interesses e estudos começaram a surgir, e o termo de Bacia Hidrográfica, se expandiu como sendo uma área drenada por um curso d'água e seus afluentes, a montante de uma determinada seção transversal, para a qual convergem as águas que drenam a área considerada (BRASIL, 1987).

O PNMH reforçou a importância da utilização das bacias como unidades de estudos para análise ambiental, enfatizando as preocupações com os ecossistemas locais, despertando muitos estudos e também a formação de comitês para discussões de questões referentes à gestão das águas e manejo de bacias hidrográficas no Brasil.

A bacia hidrográfica, como unidade básica de planejamento, foi determinada em 1997 pela Lei 9.433, a qual definiu a Política Nacional dos Recursos Hídricos. Ainda na elaboração desta Lei foram considerados princípios, para a gestão dos recursos hídricos, dentre os quais se tem a consideração dos usos múltiplos da água, o reconhecimento da água como um bem finito e vulnerável e o reconhecimento do valor econômico do recurso entre outros.

A adoção de bacia hidrográfica, como unidade de conservação dos recursos naturais, está relacionada à possibilidade de avaliar, em uma determinada área geográfica, o seu potencial de desenvolvimento e a sua produtividade biológica, determinando as melhores formas de seu aproveitamento, com o mínimo de impacto ambiental. Na prática, a utilização do conceito de Bacia Hidrográfica consiste na determinação de um espaço físico funcional, sobre o qual devem ser desenvolvidos mecanismos de gerenciamento ambiental na perspectiva do desenvolvimento ambiental sustentável (PIRES *et al.*, 2002).

Destaca Botelho e Silva (1995), que a escolha de bacia hidrográfica como unidade de estudo, permite uma visão integrada dos processos atuantes, sendo a mesma, delimitada pela própria natureza e não imposta pelo homem, a menos que o mesmo modifique algum parâmetro natural.

Pesquisadores, como Botelho (2005), chamam atenção para a bacia hidrográfica como unidade natural de análise da superfície terrestre, na qual é possível reconhecer e estudar as interrelações existentes entre os diversos elementos da paisagem e os processos que atuam na sua esculturação. Compreendendo dessa forma, a bacia passa também a representar uma unidade ideal de planejamento de uso das terras.

Para Tucci e Silveira (2004) a bacia hidrográfica é considerada como principal unidade fisiográfica do terreno, porque suas características governam, no seu interior, todo o fluxo superficial da água. Constitui, portanto, uma área ideal para o planejamento integrado do manejo dos recursos naturais no meio ambiente por ela definido. A noção de bacia obriga, naturalmente, a existência de divisores d'água, cabeceiras ou nascentes, cursos d'água principais, afluentes, subafluentes, bem como, uma hierarquização dos canais escoadouros e uma distribuição dos solos predominantes.

Segundo Chueh (2004) a escolha de uma bacia hidrográfica como unidade de estudo em uma pesquisa, possibilita a análise e interpretação das alterações físicas ambientais que auxiliam nos diagnósticos e prognósticos de uso do solo, para planejamento e zoneamento da área.

Em 1988, alguns autores enfatizavam estudos em bacia hidrográfica:

*“uma unidade importante na investigação científica, treinamento e uso integrado de informações para demonstração, experimentação, observação em trabalho real de campo. Uma bacia pode ser utilizada como laboratório natural em que a contínua e reforçada atividade estimulada o desenvolvimento de interfaces e aumenta progressivamente a compreensão de processos e fenômenos de uma forma globalizada e não compartimentalizada” (TUNDISI et. al., 1988: 314).*

A análise de uma bacia hidrográfica se caracteriza por ser uma abordagem sistêmica que envolve diversos aspectos, pois oferece poderoso instrumento para dar conta das situações ambientais, de sempre crescente magnitude temporal e espacial e para reduzir as áreas de incerteza, cada vez mais complexas, nas situações de tomada de decisão (GREGORY, 1992).

Coimbra (1995) considera a bacia hidrográfica como um sistema aberto, com entrada e saída de energia uma vez que a água se inter-relaciona com outros recursos, sendo o solo, vegetação, litologia e estrutura das rochas, não podendo ser separada do meio ambiente e que qualquer mudança nele introduzida poderá afetar sua quantidade e qualidade.

O sistema de análise de bacias hidrográficas permite uma avaliação contígua e eficiente do complexo ambiental, as unidades bacias hidrográficas integram uma visão conjunta do comportamento das condições naturais e das atividades humanas nelas envolvidas (CUNHA e GUERRA, 2000).

Christofoletti (2004: p.92) ressalva, ainda, que os sistemas complexos são:

*“definidos como um conjunto de grande quantidade de elementos interligados, com capacidade de trocar informações com seu entorno condicionante, possuindo também a capacidade de adaptar sua estrutura interna como sendo conseqüências ligadas a tais interações”.*

Autores como Almeida, Oliveira e Prado (1982) e Bigarella e Mazuchowski (1985), relatam que através de um levantamento integrado do meio físico, procurando correlacioná-lo com o uso da terra, nas diversas unidades ambientais, pode-se gerar subsídios e informações interdisciplinares de grande valia, servindo de base ao planejamento regional

Em regiões com escassez dos recursos solo e água, o desenvolvimento do manejo integrado de bacias hidrográficas é fundamental, devido à complexidade das interações entre esses recursos, fornecendo, ainda, alternativas para que se possa alcançar um manejo sustentável. No manejo integrado, podem, ainda, ser discutidos e relacionados dados que incluem: manejo e planejamento do uso do solo; valoração dos recursos hídricos a nível regional, nacional e global; avaliação econômica e ambiental envolvendo os aspectos custos e benefícios; prevenção de

poluição; educação ambiental com treinamento de profissionais e públicos em geral (BARACUHY, 2001).

Assim, a utilização de bacia hidrográfica como unidade de referência para o desenvolvimento de atividades vinculadas a planejamento e gestão ambiental, bem como, para estudos que levem à compreensão do meio físico, constitui-se numa das iniciativas tomadas na busca do gerenciamento harmônico do ambiente.

## **2.2. Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas**

A implantação de uma proposta de manejo integrado de uma microbacia passa, primeiramente, pela elaboração de um diagnóstico básico, abrangendo todos os problemas da bacia, para análise dos conflitos e recomendação de soluções, em todos os níveis (TORRES *et al.*, 2008).

No manejo integrado de bacias hidrográficas, a compreensão e ponderação das complexas interações existentes entre fatores naturais e sociais, são possíveis, diante do uso de metodologias apropriadas. Fatores referentes ao manejo e planejamento do uso do solo, taxaço dos recursos naturais, avaliação ambiental, envolvendo aspectos de custos e benefícios, prevenção de poluição e deterioração do meio natural, e ainda a educação ambiental, são exemplos de pontos relevantes a serem abordados no manejo.

Deste modo, o diagnóstico físico conservacionista constitui-se numa ferramenta que está inserida dentro do estudo do manejo integrado de bacias hidrográficas. As bacias são unidades complexas e sistêmicas, compostas por um conjunto de fatores físicos naturais e, com ele, é possível obter um perfil da real situação que se encontra o sistema, bem como, fornecer subsídios para o manejo integrado, dentro da própria unidade e entre unidades circunvizinhas.

O diagnóstico físico-conservacionista trata da interpretação da real situação ambiental em que se encontra uma determinada bacia hidrográfica, a partir da sua dinâmica e da interação dos elementos físicos que, direta ou indiretamente, dela fazem parte. Determinado, fundamentalmente, para estudos em bacias hidrográficas, o diagnóstico tem como principal objetivo, definir o grau de deterioração ambiental em que se encontra uma bacia, a partir da análise dos elementos físicos que a constituem.

Para Beltrame (1994), o diagnóstico físico conservacionista pode ser aplicado em qualquer bacia hidrográfica, desde que sejam realizadas adaptações necessárias para cada uma, pois elas têm características peculiares.

Tucci e Silveira (2004) ressaltam que uma bacia possui características que regem, no seu interior, todo o fluxo superficial da água, constituindo-se numa área ideal para o planejamento integrado do manejo dos recursos naturais e na ambiência por ela definida.

Salientam Rocha e Kurtz (2001) que o diagnóstico físico conservacionista avalia o grau de deterioração ambiental e deve ser a primeira fase de um planejamento para uma bacia, sub-bacia ou microbacia hidrográfica. Nele são usadas técnicas de quantificação de retenção de água das chuvas, por infiltração, associada a vários fatores como: limpeza de canais e tributários, seleção de terras apropriadas para o florestamento, faixas de contenção e controle de áreas agrícolas e pastoris, envolvendo, ainda, todos os processos de conservação do solo.

Corroboram Ferretti (2003) que o diagnóstico físico conservacionista, como real indicador do estado de deterioração de uma bacia hidrográfica, apresenta resultados qualitativos que são transformados em quantitativos, espacializando as áreas mais críticas, atendendo à demanda do planejamento ambiental. O estado ambiental da bacia, identificado após aplicação do diagnóstico, constitui um subsídio básico para programas de extensão rural e/ou projetos que visem à recuperação ambiental da área, fornecendo indicativos para a racionalização do uso e manejo dos recursos.

Por meio do diagnóstico físico é possível levantar dados referentes à declividade das vertentes, comprimento de drenagens, uso atual e potencial da terra, formas de relevo, capacidade de uso, processos erosivos, entre outros fatores, além do grau de deterioração em que se encontra a bacia hidrográfica.

O diagnóstico físico visa contribuir com o planejamento e utilização racional e sustentável dos recursos naturais de uma bacia hidrográfica, através do estudo das características físicas, das condições atuais de uso e ocupação do solo e da formulação de medidas, capazes de mitigar os eventuais desequilíbrios ambientais existentes, entre a utilização atual e potencial da área.

Salienta Baracuhy (2001) que o diagnóstico físico conservacionista, além de permitir determinar o grau de deterioração de cada microbacia, apresenta a sistemática de correção da deterioração ambiental encontrada.

As informações obtidas através deste diagnóstico permitem a formulação de medidas que fornecem benefícios pertinentes ao controle da erosão e de cheias, à preservação contra secas, ao controle das atividades agrícolas e pecuárias, ao planejamento e localização espacial das ações a serem sugeridas, fundamentais para um plano de manejo, inserido dentro do manejo integrado de bacias hidrográficas.

Fabian e Torres (2003) destacam que o manejo integrado de bacia hidrográfica visa à recuperação ambiental, conduzindo ao equilíbrio dos ecossistemas e à sustentabilidade dos recursos naturais renováveis.

Christofolletti (2004: 92) ressalva que os sistemas bacias hidrográficas são definidos como “um conjunto de grande quantidade de elementos interligados, com capacidade de trocar informações com seu entorno condicionante, possuindo também a capacidade de adaptar sua estrutura interna como sendo consequências ligadas a tais interações”.

Entretanto, conforme Fernandes Neto (2009), qualquer modificação ocasionada em parte do sistema, vai originar as “áreas alteradas”, que podem ter sua capacidade produtiva melhorada, conservada ou diminuída em relação ao sistema geral, no caso a bacia. A alteração de uma área não significa, necessariamente, sua deterioração, contudo, se essa alteração acarretar alguma perda na capacidade produtiva do sistema, diz-se que as áreas estão degradadas. Com isso, sofrem perdas quantitativas (produtividade primária) e qualitativas (biodiversidade e de solos e dos recursos hídricos).

### **2.3. Uso da Terra e sua Capacidade de Uso**

O homem tem usado suas habilidades para manusear a terra com a pouca sabedoria e precaução necessária. As consequências têm sido a deterioração do meio ambiente, através da erosão e compactação do solo, salinização, perda de habitat natural, desperdício dos recursos florestais, poluição das águas, do ar e destruição da beleza da paisagem. Estes são alguns dos resultados ocasionados pela falta de aptidão da terra e de compreensão humana sobre, como usá-la apropriadamente e seus recursos (BARACUHY *et. al.* 2003).

A expressão “uso da terra” pode ser entendida como a forma pelo qual o espaço está sendo ocupado pelo homem, sendo por meio de exploração indevida ou organizada, conforme cada região (ROSA, 2003).

Para Baracuhy (2001), o solo deve ser utilizado para finalidades que estejam dentro de suas possibilidades, pois, é através da percepção das causas, do potencial de instabilidade e da determinação dos sistemas de uso e manejo, que se pode superar os problemas ocasionados pelo mau uso das terras.

O uso da terra mal conduzido em bacias hidrográficas, pode se constituir em importante forma de interferência humana sobre os sistemas hidrológicos. Christofolletti (1999) destaca algumas atividades antropogênicas que afetam a superfície das terras, sendo as atividades agrícolas como a irrigação, drenagem, saneamento e aplicações de fertilizantes químicos, e ainda, os desmatamentos, silvicultura e atividades pastoris.

Christofolletti (*op. cit.*: 132) corrobora, ainda:

*“essas atividades podem causar local e regionalmente, mudanças significativas na evaporação, balanço hídrico, frequência das cheias e das secas, quantidade e qualidade das águas superficiais e subterrâneas e no reabastecimento das águas subterrâneas”.*

Para Dill (2002), o conhecimento do uso da terra de uma determinada bacia hidrográfica permite visualizar os efeitos que os usos desordenados causam, e as perturbações no meio ambiente. Permitem, ainda, confrontar esse uso com diversos outros fatores que medem a real capacidade de uso da terra. Assim, há necessidade de atualização constante dos registros do uso da terra, para que suas tendências possam ser analisadas.

Nas décadas de 60 e 70 ocorreu grande parte do desenvolvimento dos sistemas de avaliação da aptidão das terras, sendo o americano “*Land Capability Classification*” (Klingebiel e Montgomery, 1961) e o “*Sistema FAO de Avaliação das Terras*” (FAO, 1976) os mais utilizados e a partir dos quais derivaram outras proposições.

No Brasil, os métodos frequentemente utilizados são: o Sistema de Classificação da Capacidade de Uso (SCCU) adaptado por Lepsch *et. al.* (1991) do Land Capability Classification Americano, e o Sistema de Avaliação da Aptidão

Agrícola das Terras (SAAAT) proposto por Ramalho Filho e Beek (1995), derivado do sistema FAO.

O sistema de classificação da capacidade de uso proposto por Lepsch *et al.* (1991), foi desenvolvido, prioritariamente, para planejamentos de práticas de conservação do solo, exigidas em terras consideradas aráveis, analisando a presença de impedimentos à mecanização, a produtividade dos solos e riscos de inundação.

O sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras teve sua primeira versão proposta por Bennema *et al.* (1965) para a interpretação de levantamentos de solos, com o intuito de tornar acessível uma interpretação prática das características dos solos, para avaliações do potencial de uso agrícola, atendendo às necessidades para cultivos de ciclo curto e longos. Posteriormente, Ramalho Filho e Beek (1995) adaptaram essa proposta, considerando três diferentes níveis de manejo das terras de acordo com a disponibilidade de recursos, voltados para a produção agrícola.

O SAAAT tem sido utilizado em favor de diferentes sistemas de produção e da pesquisa agropecuária, oriundos do chamado processo da modernização da agricultura, e, conseqüentemente, a par da dimensão social e da realidade genuína da produção agrícola familiar (PEREIRA *et al.*, 2006).

Para Resende *et al.* (2007), o SAAAT considera um modelo de solo ideal, sem deficiência de fertilidade, água ou oxigênio além da ausência de suscetibilidade à erosão e impedimentos ao uso de mecanização.

A avaliação da aptidão agrícola se baseia na comparação das condições oferecidas pelas terras, com as exigências de diversos tipos de usos. Trata-se, portanto, de um processo interpretativo que considera informações sobre características de meio ambiente, de atributos do solo e da viabilidade de melhoramento de qualidades básicas das terras.

Conforme Rocha e Kurtz (2003), a classificação da capacidade de uso da terra visa estabelecer bases para seu melhor aproveitamento e envolve a avaliação das necessidades para os vários usos que possam ser dados a determinada gleba. As classes de capacidade de uso da terra deverão ser utilizadas como base sobre a qual os fatores econômicos e sociais de determinada área possam ser considerados ao elaborar modificações no uso do solo.

A capacidade de uso, conforme Bellinazzi *et al.* (1983), diz respeito à adaptação das terras às várias modalidades de utilização agrosilvipastoril, ou seja, está ligada às possibilidades e limitações que elas apresentam. Pode-se, ainda, conceituar capacidade de uso da terra como a sua adaptabilidade para fins diversos, sem que sofra desgaste e empobrecimento. As principais exigências para estabelecer o melhor uso de um solo, decorrem de um conjunto de interpretações do próprio solo e do meio onde ele se localiza.

A classificação das terras pelo sistema de capacidade de uso fundamenta-se em sua classificação quantitativa, sendo voltada para suas limitações e sua utilização. Baseiam-se, primordialmente, nos efeitos do clima sobre o solo e sua resultante evolução e degradação, bem como, nas características permanentes do solo que, em conjunto, poderão limitar o uso agrícola e, também, causar em diversos níveis, sérios danos ao ambiente mediante a sua degradação (AMARAL, 1996).

Alguns autores (Brady, 1989; Bertoni e Lombardi Neto, 1990; Lepsch *et al.*, 1991) estabelecem critérios para se avaliar a capacidade de uso das terras, sendo, a partir das características das classes de solos e suas relações com o ambiente. Destacam a capacidade de uso quanto à utilização com culturas anuais, perenes, pastagens e/ou reflorestamento, vida silvestre e, ainda, terras impróprias para cultivos intensivos ou cultiváveis com práticas conservacionistas.

Rocha (1997) relata que a classificação geral da capacidade de uso da terra objetiva estabelecer bases para a formulação de planos e recomendações, com respeito às melhores relações entre o homem e a terra. Esse relacionamento se dá no sentido de que devem ser consideradas todas as limitações de uso da terra, com todos os seus problemas e não apenas alguns deles.

O sistema de capacidade de uso propicia o conhecimento das limitações e potencialidades ao uso da terra, enfocando as práticas conservacionistas, necessárias ao combate à erosão e a perda de fertilidade (LEPSCH *et al.*, 1991).

Guerra e Cunha (1999) relatam que muitos pesquisadores têm demonstrado os riscos causados em áreas rurais, em função do desmatamento de grandes extensões de terra, sem levar em consideração a suscetibilidade dos solos aos processos erosivos.

Diversos estudos têm sido realizados para o aperfeiçoamento destas metodologias de avaliação da aptidão e capacidade de uso da terra, visando à

inserção de novas ferramentas e abordagens advindas dos avanços científicos, em consonância com tecnologias avançadas.

A inserção de novos atributos, bem como a adaptação metodológica para cada região ou área, se faz pertinente, diante das particularidades naturais existentes. Através de um planejamento, estabelecem-se bases para um melhor aproveitamento, evitando que ocorra esgotamento do solo, pelo uso de forma racional.

#### **2.4. Uso da Terra a partir do Coeficiente de Rugosidade (CR)**

Coeficiente de rugosidade ou *Ruggdeness Number* (RN) é um parâmetro que coloca em relação, a disponibilidade do escoamento hídrico superficial, expresso pela densidade de drenagem, com seu potencial erosivo, expresso pela declividade média (GRANELL-PEREZ, 2001: 95).

Rocha (1997) define o Coeficiente de Rugosidade como um parâmetro que direciona o uso potencial das terras rurais, em uma bacia hidrográfica.

A partir do coeficiente de rugosidade, se determinam as áreas de conflitos, quanto às características para atividades de agricultura, pecuária, silvicultura, reflorestamento ou para preservação permanente: quanto maior for o valor do CR, entre sub bacias hidrográficas, maior o perigo de erosão (ROCHA e KURTZ, 2001).

Ocorre conflito quando o uso da terra é desenvolvido em áreas inapropriadas, contrariando a capacidade e a disponibilidade para uso. Os efeitos do uso e ocupação em áreas indevidas, como o desrespeito e uso das áreas destinadas à preservação permanente, ocasionam alterações da biota, problemas aos solos e aos recursos hídricos, causam a deterioração do meio, fazendo surgir os chamados conflitos de usos (FERNANDES NETO, 2009).

Conflitos de usos da terra são todas as formas de uso em desacordo com sua real aptidão, fazendo com que ocorra alteração sensível no meio natural, causando prejuízo ao seu rendimento produtivo. Tais conflitos são provenientes do uso indevido da terra, gerado por problemas, como: poluição, devastação das matas, usos de encostas íngremes, erosão dos solos, entre outros.

Podem acontecer conflitos de uso da terra em duas situações, segundo Mello Filho (1994) quando o tipo de uso da terra contraria a destinação recomendada a

partir do coeficiente de rugosidade, ou quando o uso da terra subestime o potencial da terra, com baixa produtividade e ou por técnicas inadequadas.

Para Rocha e Kurtz (2001), os conflitos são erros cometidos pelo homem, ao usar o meio ambiente indevidamente, como fazer cultivos agrícolas sem respeitar a capacidade de uso do solo, ocupar áreas com declive acentuado, sem aplicar práticas conservacionistas, entre outras formas de poluição e deterioração ambiental. Os conflitos de usos figuram entre os maiores responsáveis por erosões e assoreamentos, ocasionados pela ação das chuvas.

Conforme Giotto, Kirchner, Madruga (1992) e Pissarra, Politano, Ferraudo (2004), o risco de deterioração ambiental, em bacias hidrográficas, pode ser estimado pelo coeficiente de rugosidade. Comparando-se resultados de CR em seus estudos, realizados no Sul do país, esses autores determinaram classes de risco de deterioração na microbacia, resultando no uso potencial do solo para a agricultura, pecuária ou reflorestamento.

Segundo Araújo Junior *et al.* (2002), a realização do diagnóstico físico-conservacionista em uma microbacia hidrográfica, permite analisar conflitos entre o uso atual e a capacidade de uso das terras, visando avaliar os problemas ocasionados por enchentes, secas e erosões.

A realização do diagnóstico físico conservacionista permite identificar a real situação em que se encontra uma bacia hidrográfica, quanto ao seu estado de deterioração, apresentando dados qualitativos que são transformados em quantitativos, espacializando as áreas mais críticas, atendendo à demanda do planejamento ambiental.

Para Ferretti (2003), o estado ambiental de uma bacia, identificado após aplicação do DFC, constitui um subsídio básico para programas de extensão rural e/ou projetos que visem à recuperação ambiental da área, pois fornece indicativos para a racionalização do uso e manejo de seus recursos naturais.

Baracuchy *et al.* (2003), com base no coeficiente de rugosidade, elaboraram um diagnóstico físico conservacionista na bacia hidrográfica do rio Paus Brancos, em Campina Grande/PB. Concluíram que o grau de deterioração na bacia foi alto (34,9%), contribuindo para este valor a pequena cobertura vegetal.

Destaca Pissarra (2002) que a reversão do processo de degradação não é simples, mas não é impossível, requerendo, em primeira instância, maior comprometimento dos agricultores e da consciência político-ambiental. Entretanto,

as práticas conservacionistas devem ser implantadas de forma integrada e introduzidas, em bacias hidrográficas, para reduzir os impactos ambientais, atingindo melhores efeitos na diminuição da degradação.

## **2.5. Planejamento Ambiental com Uso de Zoneamento**

Atualmente, a complexidade ambiental em que vive a humanidade conduz a trabalhos com ou a partir de processos de degradação, já em desenvolvimento, levando a desafios ainda maiores para buscar soluções que apontem mecanismos que relacionem as possíveis causas e, ao mesmo tempo, entender os processos que levam a acentuar os problemas ambientais. Nesse cenário, torna-se também relevante a busca de adequar metodologias e ferramentas para trabalhar o planejamento de unidades ambientais que assinalem perspectivas mais coerentes e duradouras para a proteção, preservação e conservação das diversidades de paisagem e unidades de paisagem, sobre a superfície terrestre (GUERRA e MARÇAL, 2006).

Os estudos realizados para estabelecer ou restabelecer o equilíbrio em um ambiente natural estão diretamente ligados às ações antrópicas que promovem modificações em função do uso do solo, portanto, estas ações devem ser desempenhadas, sempre, buscando os menores efeitos dos impactos socioambientais (CHUEN, 2004).

Para tanto, os planejamentos e os manejos ambientais podem ser entendidos como a execução de atividades ou ações para dirigir e controlar a coleta, transformação, distribuição e a disposição dos recursos naturais de maneira capaz de sustentar as atividades humanas, com um mínimo de distúrbios nos processos socioambientais (CHRISTOFOLETTI, 1999).

Na interpretação dada por Cendrero (1982), o planejamento ambiental é visto como uma atividade intelectual, por meio da qual se analisam os fatores físico-naturais, econômicos, sociológicos e políticos de uma zona e se estabelecem as formas de uso do território e de seus recursos na área considerada.

Pose-se dizer que o planejamento ambiental tem como objetivo, identificar, idealizar e influenciar decisões sobre atividades econômicas, de forma que estas não diminuam a produtividade dos sistemas naturais nem a qualidade ambiental.

Assad e Sano (1998) defendem que, em um planejamento ambiental, a primeira etapa de trabalho é a realização de um diagnóstico da bacia hidrográfica, obtido através da caracterização fisiográfica e das práticas de manejo utilizadas. A caracterização fisiográfica, à qual se referem os autores, são os solos, o relevo, a vegetação e o uso da terra.

Ross (2001:353) relata a importância dos levantamentos que incluem parâmetros do meio físico, pois, segundo o autor:

*“servem como instrumento para análise e compreensão do meio e para a realização de planejamentos, que visem a busca de um desenvolvimento integrado entre o homem e natureza. Nessa perspectiva, relata ainda que o estudo geomorfológico de uma área serve como base para o desenvolvimento de futuras pesquisas, tanto de potencialidade de uso agrícola como de uso urbano, pois diz que um estudo desta natureza fornece as informações primárias para qualquer outro estudo de caso”.*

O diagnóstico ambiental utiliza ferramentas que fornecem indicativos concretos para a condução racional do uso e manejo de recursos naturais, bem como a necessidade ou não da implantação de medidas corretivas de remediação ambiental, pois “a degradação ambiental desenfreada dos recursos naturais renováveis é um processo que deve ser analisado e contido com eficiência” (BELTRAME, 1994: 11).

Para Chueh (2004), as alterações decorrentes das transformações dos tipos de uso do solo são essenciais na manutenção do equilíbrio ambiental, principalmente, na preservação dos recursos hídricos e dos solos, que muitas vezes podem ser planejadas minimizando os impactos negativos, por meio de ações relativamente simples e de uma exploração menos agressiva. Por exemplo, preservar as áreas de mananciais, do entorno dos rios e nascentes, deixando suas matas ciliares intactas, o que diminuirá a erosão dos solos nessas áreas e também possibilitará refúgio à fauna.

Ross (1995: 66) ressalta que as análises ambientais são “na abordagem geográfica, excelente suporte técnico-científico para elaboração dos zoneamentos

ambientais e socioeconômicos que, por sua vez, dão suporte às políticas de planejamento estratégico em qualquer território político administrativo”.

Carneiro e Coelho (1987) definem zoneamento como um instrumento de ordenação de subespaço, que emerge, basicamente, de um conjunto de interações e atitudes a, contrastar com a dinâmica dos processos naturais e sociais.

Zoneamento, para Santos (2004: 132), é a compartimentação de uma região em porções territoriais, ou unidades geoambientais, obtidas pela avaliação de atributos relevantes e de suas dinâmicas. Cada compartimento é apresentado como uma “área homogênea”, ou seja, uma zona (unidade) delimitada no espaço, com estrutura e funcionamento uniforme. A unidade tem, assim, alto grau de associação dentro de si, com variáveis solidamente ligadas, mas significativa diferença entre ela e os outros compartimentos. Isso pressupõe que o zoneamento faz uma análise por agrupamentos, passíveis de serem desenhados no eixo horizontal do território e numa escala definida.

A Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), instituída pela Lei nº 6.938, de 31/08/1981, estabelece diretrizes de avaliação de impactos ambientais, planejamento e gerenciamento dos recursos naturais, tendo no zoneamento ambiental um instrumento de organização do território, que visa assegurar a equidade de acessos aos recursos ambientais naturais, econômicos e socioculturais.

A definição legal do zoneamento se encontra no Art. 2º do Decreto 4.297 de 10 de julho de 2002, que o descreve como sendo “instrumento de organização do território a ser obrigatoriamente seguido na implantação de planos, obras e atividades públicas e privadas” estabelecendo “medidas e padrões de proteção ambiental” com vistas a “assegurar a qualidade ambiental, dos recursos hídricos e do solo e a conservação da biodiversidade, garantindo o desenvolvimento sustentável e a melhoria das condições de vida da população”.

O zoneamento ambiental, definido pelo PNMA, prevê a preservação, reabilitação e recuperação da qualidade ambiental, sendo muito utilizado como instrumento para planejamentos ambientais.

Enfatiza Ab’Saber (1987) que a realização de um zoneamento, exige uma série de entendimentos prévios e a sua aplicação ou utilização, em um determinado espaço geográfico, exige método, reflexão e estratégias específicas.

A elaboração de propostas de zoneamento ambiental deve primar pelo estabelecimento de zonas ou unidades que considerem as potencialidades,

vocações e fragilidades naturais do território, ao mesmo tempo em que se identificam os impactos, e as relações socioeconômicas que nele ocorrem (SANTOS, 2004).

Para Hermann (2004), a definição de unidades geoambientais, faz-se necessário o reconhecimento dos componentes, como seus atributos e fatores condicionantes: hídricos, geológicos, geomorfológicos, pedológicos, climáticos, fitogeográficos e antrópicos, conduzindo à delimitação e à caracterização de unidades geossistêmicas, onde se tem como produto final a elaboração de mapas, com a representação das respectivas unidades espacializadas.

Zoneamento geoambiental constitui-se um processo de análise de elementos da natureza que, a partir de critérios previamente estabelecidos, permitem identificar no espaço geográfico delimitado, unidades ou zonas homogêneas. A delimitação faz-se necessária, para uma correta determinação das potencialidades e restrições, com as respectivas recomendações. Essas unidades apresentam limites e o seu nível de importância, vai depender do tipo de atividade a ser desenvolvida.

## **2.6. Base Geológica Paraibana e Aquífero**

O substrato geológico que recobre o estado da Paraíba é formado predominantemente por rochas pré-cambrianas, as quais ocupam cerca de 80% do território, sendo complementado por bacias sedimentares, rochas vulcânicas cretáceas, coberturas plataformais paleógenas/neógenas e formações superficiais quaternárias (SANTOS *et al.*, 2002).

Conforme Almeida *et al.* (1977) a área pré-cambriana, engloba tratos da Província Borborema, um cinturão orogênico que se estende por grande parte do Nordeste, desde Sergipe até a parte oriental do Piauí.

A Província Borborema é formada por um conjunto de grandes segmentos crustais (limitados por extensas falhas ou zonas de cisalhamento), os quais comportam proporções variadas de rochas do embasamento paleoproterozóico (com núcleos arqueanos preservados), rochas supracrustais meso a neoproterozóicas e granitoides neoproterozoicos (VAN SCHMUS *et al.*, 1998).

Os substratos pré-cambrianos e paleozoicos incluídos na Província Borborema, datam de 570 a 325 Ma, sendo os mais antigos, do tipo ígneo e

metamórfico, que compõem basicamente o embasamento cristalino, ou rochas cristalinas, assim denominadas, devido à cristalização dos minerais constituintes (SANTOS *et al.*, 2002).

Os terrenos cristalinos, sob o ponto de vista hidrológico, possuem grande potencial. Daí sua importância, para parte das regiões Sudeste e Nordeste do Brasil, ambas com problemas de disponibilidade hídrica; a primeira pelo uso intenso para abastecimento urbano industrial e, a segunda, devido ao clima semiárido.

As duas regiões brasileiras, de ocorrência de aquíferos em rochas cristalinas, devido à diferença de clima, tem comportamentos distintos. No semiárido, o manto de intemperismo, para compor um aquífero, não é favorecido. Já no Sudeste, ele se desenvolve de forma expressiva e é explorado, apenas, em pequenas propriedades para uso doméstico (SINGHAL e GUPTA, 1999).

Neves (2005) destaca que, devido a baixa permeabilidade e as dificuldades encontradas para a perfuração dos poços nessas zonas, fizeram com que o potencial desses aquíferos fosse, por muito tempo, menosprezado. No entanto, nas últimas décadas, com a necessidade crescente de água, para o abastecimento em geral, as rochas fraturadas passaram a ser pesquisadas com maior afinco.

Relatam Singhal e Gupta (op cit.) que o manto de alteração, proveniente do intemperismo das rochas cristalinas, pode formar um aquífero de baixa produtividade, mas de grande importância para regiões secas. As camadas espessas e de grande extensão formam um aquífero potencial e, se existir uma fonte de recarga perene, até mesmo uma camada de 5 a 7 metros de espessura, pode ser uma boa fonte para abastecimento de água.

Para Neves (2005), os terrenos pré-cambrianos permaneceram expostos aos processos intempéricos por tempo prolongado, dando origem ao manto de alteração ou manto de intemperismo. Essa camada constitui o regolito, que inclui o solo residual e o saprólito. O saprólito é derivado da alteração e desagregação *in situ* e o solo residual se desenvolve a partir do saprólito subjacente por dissolução e lixiviação, combinados com outros processos químicos, físicos e biológicos.

Na formação do manto de alteração, a precipitação pluviométrica ácida reage com os minerais alcalinos, lixiviando os componentes móveis e solúveis, precipitando os minerais menos móveis (Chilton e Foster, 1995). Formam-se caolinita e óxidos de Fe e Al e, na situação extrema, a dissolução da caolinita também ocorre e apenas o quartzo residual permanece.

Para Lachassagne *et al.* (2001), a espessura do manto de alteração é um dos fatores mais importantes que mantém a disponibilidade de água subterrânea por longos períodos em terrenos cristalinos.

Em geral, o nível da água segue a topografia da superfície. Em profundidades rasas, nas áreas de interflúvio, o movimento da água decresce verticalmente e, em níveis mais profundos, há um pequeno movimento lateral em direção às depressões topográficas que formam as áreas de descarga.

Banks e Robins (2002) chamam atenção para um importante papel hidrogeológico do manto de alteração e de outros depósitos superficiais, referente ao potencial para atenuar e retardar poluentes. Como a água subterrânea flui mais lentamente em aquíferos granulares do que em fraturas do embasamento, os depósitos de recobrimento podem proteger o aquífero fraturado da poluição. Por outro lado, alguns depósitos superficiais, como argilas marinhas salinas, podem afetar a qualidade da água.

Ainda, Banks e Robins (*op.cit.*) relatam que as juntas sub-horizontais que ocorrem nos primeiros metros do embasamento cristalino são, frequentemente, muito permeáveis. Quando a rocha estiver exposta, essas estruturas geralmente são secas; mas quando existe água, fica muito vulnerável à poluição. Porém, no embasamento recoberto por espesso depósito superficial, essas juntas são mais facilmente explotáveis e podem contribuir para a produtividade dos poços.

Essas águas extraídas de poços perfurados em zonas de aquíferos, dependendo da região, são de grande importância, tanto para o consumo humano, como animal, mas as possibilidades de contaminação desses aquíferos, presentes no manto de intemperismo, pode se tornar um empecilho para o seu aproveitamento.

## **2.7. O Uso do Sensoriamento Remoto**

O Sensoriamento Remoto é definido, por Lillesand e Kiefer (2003), como a ciência e a arte de obter informação sobre um objeto (alvo), área ou fenômeno, através da análise de dados adquiridos por um dispositivo (sensor) que não está em contato direto com o objeto, área ou fenômeno sob investigação.

O sensoriamento remoto ampliou a capacidade do homem de obter informações sobre os recursos naturais e o meio ambiente, colocando-se como mais uma ferramenta complementar para facilitar trabalhos temáticos e de levantamentos. Assim, essa ferramenta tem ampla aplicação para a caracterização de bacias e rede de drenagens, análise e monitoramento do uso e ocupação, bem como, em estudos de agricultura e florestas (NOVO, 1992).

Conforme Gregory (1992: 322), o Sensoriamento Remoto e os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) abrangem *“todas as técnicas que podem ser usadas para obter informações a respeito da superfície da Terra e a sua atmosfera, por sensores que registram a radiação do espectro eletromagnético e estão sobre plataformas específicas”*.

Burrough e McDonnell (1998) definem os SIGs, como um conjunto de ferramentas que executam as funções de coleta, armazenamento, recuperação, transformação e visualização de dados espaciais do mundo real para um conjunto de objetivos específicos.

Para Câmara e Medeiros (1998) o termo SIG está relacionado a sistemas que efetuam o tratamento de dados geográficos e têm função de armazenar a geometria e os atributos dos dados localizados na superfície terrestre, numa determinada projeção cartográfica.

Enfatizam ainda, Câmara e Medeiros (1998) que os SIGs apresentam como principais características a possibilidade de inserir e integrar numa única base de dados (banco de dados) informações espaciais provenientes de várias fontes como: dados cartográficos, imagens de satélite, dados censitários, entre outros. Ainda, proporcionam mecanismos para combinar diversas informações por meio de algoritmos de manipulação e análise, bem como para consultar, recuperar, visualizar e imprimir o conteúdo da base de dados georreferenciados.

Cavallari (2007) ressalta que os sistemas de informações geográficas permitem a obtenção qualitativa e quantitativa de dados computacionais geográficos possibilitando a gestão dos recursos e aplicação de técnicas otimizadas, baseadas em diagnósticos georreferenciados.

Para alguns autores (Dale e McLaughlin, 1988; Assad *et al.*, 1993; National Research Council, 1993; Norman *et al.*, 1994), a caracterização do meio físico de uma área de estudo constitui-se numa importante informação para o planejamento racional de uso e conservação do solo e da água. Nesse contexto, a utilização do

sistema de informações geográficas permite a integração dos dados de forma mais precisa e rápida que os métodos tradicionais de análise. Além disso, o SIG pode aumentar muito a utilidade dos dados existentes e fornecer dados novos, melhorando projetos de planejamento (FLETCHER e PHIPPS, 1991).

Tem-se no geoprocessamento, uma das ferramentas importantes para a execução de projetos relacionados à área de meio ambiente, onde os sistemas de informações geográficas nos permitem realizar análises complexas de dados temáticos, como recursos hídricos e uso da terra, integrar informações de diversas fontes e criar bancos de dados georreferenciados.

De acordo com Buzay e Duran (1997), a tecnologia do SIG ganhou definitivo prestígio na última década e sua utilização permite a obtenção de informações de diferentes fontes.

Segundo Almeida e Araujo (1998: 84):

*“... os sistemas de informações geográficas possuem diferentes níveis de recursos e complexidade operacional, podendo ser usados para geração de mapas temáticos ou para análise e tomada de decisões. Neste sentido pode ser apresentado como exemplo de integração de informações os mapas de dados meteorológicos, uso da terra, classes de declividade, balanço hídrico, capacidade de uso da terra, áreas de conflito etc.”*

Para Buzay e Duran (1997), a finalidade de um SIG é a integração de dados alfanuméricos e gráficos, tarefa que os geógrafos vinham realizando, muito tempo antes do aparecimento do computador. A diferença fundamental reside na troca de ambiente.

O uso da tecnologia e informação geográfica na tomada de decisões sobre o uso do solo tornou-se, nos últimos anos, uma ferramenta essencial, principalmente acerca das questões ambientais, sobretudo em relação às Áreas de Preservação Permanente (DIAS *et al.* 2005).

Callado (2003: 118) concluiu em seu estudo:

*“a utilização de técnicas de geoprocessamento associadas a produtos de sensoriamento remoto se mostrou muito eficiente no momento em que permitiu uma visão abrangente e integradora da*

*realidade local, diminuindo os trabalhos de campo e possibilitando o cruzamento de diversas informações georreferenciadas”.*

Nascimento *et al.* (2005: 208) relatam que:

*“a funcionalidade e eficiência desses procedimentos, integradas às informações produzidas pelas imagens de satélite, sobretudo, as de alta resolução espacial, podem produzir diagnósticos e fornecer subsídios capazes de identificar e mensurar a ocorrência de conflito de uso da terra em áreas de preservação permanente, fortalecendo as ações ambientais de monitoramento e como suporte para os instrumentos jurídicos de controle e fiscalização desses ambientes”.*

O uso de imagens de satélite e fotografias aéreas, apoiadas por observações da realidade, podem reduzir os trabalhos de campo e aumentar a precisão da representação da superfície do solo (BASHER, 1997).

A complexidade de análise e integração das diferentes variáveis que compõem o ambiente pode dificultar a implementação e o planejamento ambiental adequado (SARTORI NETO *et al.*, 2001). A utilização de sensores remotos de alta resolução espacial, como no caso a imagem *Quickbird*, permite e proporciona facilidades no monitoramento do uso da terra, facilitando o processo de planejamento.

Para Ramos *et al.* (2007), o uso da imagem *Quickbird*, por ser de alta precisão, permite mapear, com detalhes, alvos naturais e antrópicos no terreno, fornecendo, assim, subsídios para elaboração de plano de manejo.

Conforme Nale (2002) e Jacobsen (2003), as técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento tornaram-se ferramentas que auxiliam de forma expressiva no planejamento e na tomada de decisões, de modo a subsidiar diagnósticos ambientais, elaboração de zoneamentos e de planos de manejo.

Atualmente, dados de satélites com alta resolução espacial, permitem realizar análises complexas e detalhadas do ambiente, em períodos e custos menores.

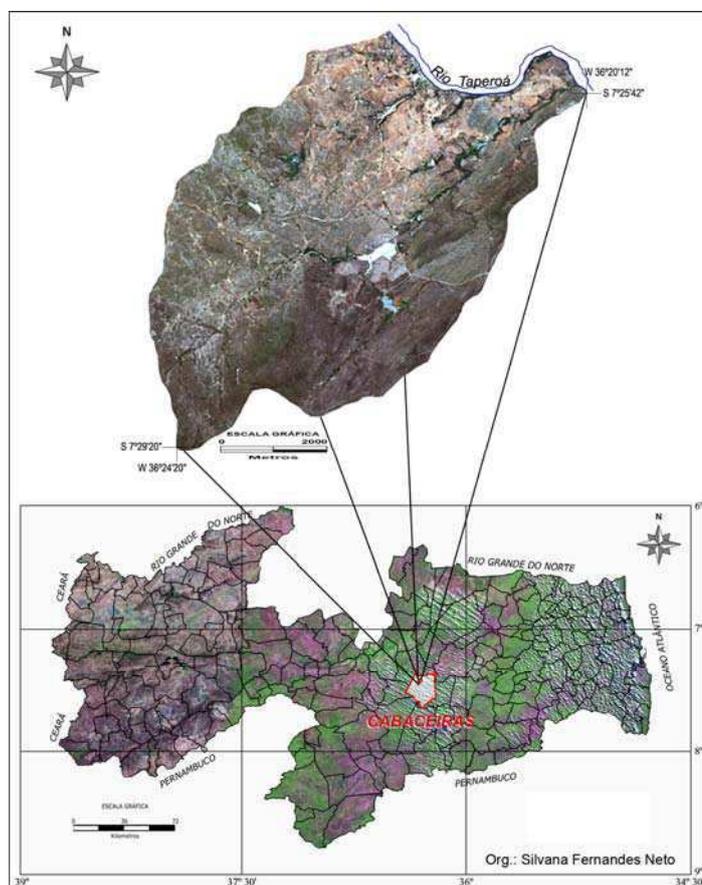
### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Caracterização da Área de Estudo

O município de Cabaceiras está localizado na porção central do estado da Paraíba, na microrregião do Cariri Oriental, mesorregião da Borborema, com uma área territorial de aproximadamente 453 km<sup>2</sup>. Limita-se entre os municípios de: Boa Vista, ao norte; Boqueirão, a leste; Riacho de Santo Antonio e São Domingos do Cariri, ao sul e São João do Cariri, a oeste, distando, próximo de, 66 km de Campina Grande e 199 km da capital João Pessoa-PB.

A microbacia hidrográfica do Riacho Fundo, a qual serviu de base para o estudo, encontra-se situada na porção norte do município de Cabaceiras, pertencendo a sub-bacia hidrográfica do rio Taperoá, confluindo para o Açude Público Epitácio Pessoa. Encontra-se localizada geograficamente, entre os paralelos 7°25'42" e 7°29'20" de latitude Sul e meridianos 36°20'12" a 36°24'20" de longitude Oeste (Figura 01).

Figura 01. Mapa de localização da microbacia hidrográfica Riacho Fundo/PB.



Fonte: Elaborado pela autora.

Os solos predominantes na região de Cabaceiras, conforme CPRM (2005) são bastante variados, com características diferenciadas. Nas superfícies suaves onduladas a onduladas, ocorrem os Planossolos, medianamente profundos, fortemente drenados, ácidos a moderadamente ácidos e fertilidade natural média e ainda, os Podzólicos, que são profundos, textura argilosa, e fertilidade natural média a alta. Nas elevações ocorrem os solos Litólicos, rasos, textura argilosa e fertilidade natural média. Nos vales dos rios e riachos, ocorrem os Planossolos, medianamente profundos, imperfeitamente drenados, textura média/argilosa, moderadamente ácidos, fertilidade natural alta e problemas de sais. Ocorrem ainda afloramentos de rochas.

A vegetação que marca a região é composta pela presença de caatinga hiperxerófila, de porte arbóreo, arbustivo e herbáceo.

Quanto aos aspectos climáticos, segundo Koeppen (1948) o município de Cabaceiras, está inserido numa região semiárida de clima Bsh, classificado como quente, devido às médias pluviométricas baixas ( $< 400 \text{ mm ano}^{-1}$ ), com irregularidade das chuvas que podem chegar a 11 meses secos e temperaturas médias mensais, superiores a  $18^{\circ}\text{C}$ . Nesta região, a maior concentração da pluviosidade, ocorre em um período aproximado de dois a quatro meses (janeiro a abril), correspondendo a 65% da precipitação anual (SUDEMA, 2004).

Conforme Barbosa *et al.* (2007), a temperatura média anual no Cariri é de  $26^{\circ}\text{C}$ , com médias mínimas inferiores a  $20^{\circ}\text{C}$ , e a umidade relativa do ar não ultrapassa 75%. Já Nascimento e Alves (2008) classificam a microrregião do Cariri com o clima regional (Bsh), caracterizado por elevadas temperaturas (médias anuais em torno de  $26^{\circ}\text{C}$ ), fracas amplitudes térmicas anuais e chuvas escassas, muito concentradas no tempo e irregulares.

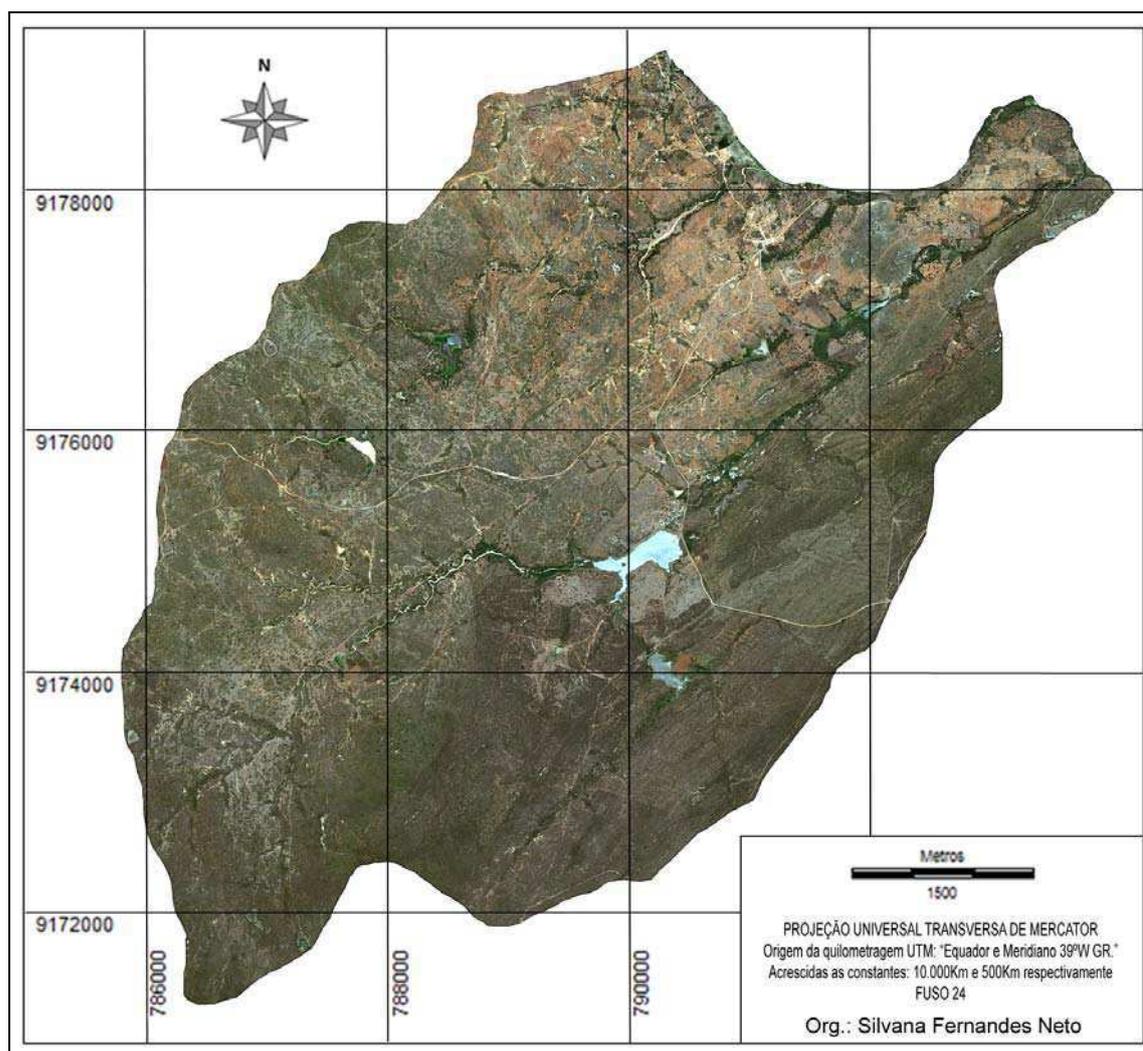
Quanto ao aspecto climático dominante, Alves (2009) relata que o Cariri, está localizado no fim do percurso dos fluxos úmidos, que se direcionam para o semiárido nordestino e em situação de sotavento, fazendo parte da diagonal mais seca do Brasil, onde é comum, em determinados setores, o registro pluviométrico médio anual inferior a 300 mm. Além disso, as precipitações são muito variáveis, não apenas em nível anual, mas também, dentro dos próprios meses considerados chuvosos (fevereiro a maio).

### 3.2. Materiais Utilizados

Para a realização do estudo proposto, foram utilizados os seguintes materiais:

- Carta topográfica da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) de escala 1:100.000, Folha SB-24-Z-D-III (Boqueirão);
- Imagem de satélite *Quickbird* com resolução espacial de 0,6 m (Figura 02);
- Imagem de radar *Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)*;
- Computador completo com sistema operacional Windows e impressora;
- Aplicativos de Geoprocessamento, Sistema de Informações Geográficas (SIG) e de edição gráfica;
- Equipamento de *Global Positioning System (GPS)*;
- Máquina fotográfica, entre outros.

Figura 02. Imagem de satélite *Quickbird* da microbacia Riacho Fundo.



Fonte: Edital MCT/CNPq/CT-AGRONEGÓCIO/CT-HIDRO-Nº 27/2008-2 (Adaptado).

### 3.3. Procedimentos Metodológicos

A proposta metodológica foi embasada em estudos desenvolvidos por autores como Beltrame (1994), Rocha (1997) e Baracuhy (2001).

Primeiramente, Beltrame adaptou para a realidade brasileira, a metodologia proposta por Hidalgo (1990), desenvolvida pelo Centro Interamericano de Desenvolvimento de Águas e Terras (CIDIAT) e pelo Ministério do Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (MARNR) da Venezuela, a partir de vários diagnósticos (físico conservacionista, socioeconômico, hídrico, etc.), onde são estabelecidos escores avaliativos a parâmetros pré-estabelecidos, que possibilitam uma análise qualitativa, quanto à preservação dos recursos naturais de uma determinada bacia hidrográfica.

Já Rocha com o intuito de desenvolver uma metodologia para trabalhar o manejo integrado de bacias hidrográficas buscou adaptar a proposta anterior, transformando dados qualitativos em quantitativos e assim, mensurando o grau de deterioração ambiental que se encontra uma bacia hidrográfica, pontuando as áreas mais críticas de serem trabalhadas.

Alguns anos depois, Baracuhy adaptou essa metodologia para a região Nordeste do Brasil, possibilitando a correção das áreas deterioradas, com técnicas adaptadas para a região.

Assim, para o desenvolvimento do estudo, foi seguido um roteiro metodológico, concomitante a cada fase de elaboração do mesmo.

O levantamento bibliográfico foi realizado de forma conjunta com o andamento do estudo, servindo de guia para a elaboração das etapas do desenvolvimento. Consta de:

- ♦ Bibliografia teórico-metodológica, utilizada para apoiar o embasamento teórico e os procedimentos técnicos operacionais do trabalho;
- ♦ Bibliografia de reconhecimento, específica sobre os trabalhos já desenvolvidos na região.

Para a realização dos mapeamentos, buscou-se na tecnologia de *Geographic Information System* (GIS), ferramenta capaz de permitir a identificação e caracterização dos diferentes parâmetros definidores da paisagem, além das consequências da atuação antrópica sobre a área.

A área apresenta um levantamento topográfico planialtimétrico, de escala 1:100.000, sendo a carta topográfica SB.24-Z-D-III (Boqueirão), elaborado pela Diretoria de Serviços Geográficos do Ministério do Exército – Nordeste, que serviu de base para a elaboração do estudo da rede de drenagem e relevo.

A aquisição das curvas de nível equidistantes de 10 em 10 metros, bem como a delimitação da área, foi possível, a partir da análise da carta topográfica em conjunto aos dados altimétricos, obtidos junto ao Modelo Digital de Elevação (MDE) da imagem de radar *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), disponível no site <http://srtm.csi.cgiar.org/selection/listImages.asp>.

Utilizou-se ainda da imagem do satélite *QuickBird*, desenvolvido pela Digital Globe, com resolução espacial de 0,61 m, no sistema de cores RGB (*red, green, blue*), datada de setembro de 2009. Esta imagem auxiliou no estudo da rede de drenagem, bem como na interpretação do uso atual do solo. A mesma foi adquirida via projeto Edital MCT/CNPq/CT-AGRONEGÓCIO/CT-HIDRO - Nº 27/2008-2.

Para a elaboração dos mapas e interpolação dos dados geográficos, provindos da carta topográfica, imagem de satélite, radar e de campo, via GPS, utilizou-se do aplicativo de SIG *IDRISI for Windows*, desenvolvido pela Faculdade de Geografia da *Clark University* (Eastmann, 1999) e o *Autodesk Map 2004*.

Ainda, em todo o processo de desenvolvimento do estudo, foram realizadas diversas visitas em campo, para coleta e convalidação de dados e informações.

A descrição de cada etapa do desenvolvimento de estudo, encontra-se a seguir:

### **3.3.1. Delimitação da área (A) e perímetro (P) da microbacia hidrográfica**

A área (A) e o perímetro (P) correspondem à área plana delimitada pelos divisores topográficos da microbacia e o comprimento lateral que a circunda. De acordo com Villela e Mattos (1975), essas variáveis constituem elementos básicos para análises de outras características físicas de uma área.

A área da microbacia foi delimitada, utilizando-se a sobreposição dos mapas “*curvas de nível e redes de drenagem*”, no software *IDRISI 32*, o qual permitiu o armazenamento dos dados, em seu banco de dados geográfico, bem como o processamento dos mesmos.

A delimitação da microbacia foi determinada, a partir da vetorização da carta topográfica, observando-se o comportamento das curvas de nível e das linhas divisoras de águas, ligando pontos mais altos do relevo.

A delimitação da área, procedeu-se mediante o uso do menu *Digitize*. Desta forma, criou-se um novo plano de informação ou arquivo vetorial, intitulado limite da microbacia, o qual permitiu o cálculo da área e o perímetro da mesma, utilizando-se do menu *Gis Analysis –Database Query – Área e Perím.*

### **3.3.2. Parâmetros morfométricos de drenagem**

Para a análise morfométrica da microbacia, primeiramente foi realizado um mapeamento geral de toda a drenagem existente na microbacia. Em seguida foram definidos parâmetros de drenagem sendo: hierarquia fluvial, padrão de drenagem, coeficiente de compacidade, fator forma, comprimento dos canais e densidade de drenagem, tendo como base as metodologias propostas de Horton (1945), Strahler (1952), Christofolletti (1974) e Villela e Mattos (1975).

#### **3.3.2.1. Definição da rede de drenagem**

O mapeamento da rede de drenagem da microbacia Riacho Fundo foi obtido a partir da análise da carta topográfica em conjunto a interpretação da imagem de satélite *Quickbird*. Cabe destacar, que essa época do ano, na região, é considerada período de seca, onde muitos cursos d'água, açudes e barreiros, não apresentam água.

Os parâmetros de drenagens e açudes, foram obtidos a partir da vetorização dos mesmas, em SIG IDRISI, sobre carta topográfica e imagem de satélite, utilizando-se do menu *Digitize*, onde foi criado um novo plano de informação ou arquivo vetorial, intitulado drenagem e açudes, para posterior processamento e cálculo das áreas e perímetros.

#### **3.3.2.2. Hierarquia fluvial**

Consiste na ordenação dos canais, a fim de obter sua hierarquia dentro da microbacia. No estudo foi estabelecida segundo Strahler (1974) que considera todo curso sem tributário como sendo de primeira ordem. A junção de dois cursos d'água de mesma ordem forma outro de ordem imediatamente superior, sendo que este não se estende a tributários menores, referindo-se apenas a segmentos do canal principal.

Para Christofolletti (1974) a análise morfométrica de uma bacia hidrográfica inicia-se pela ordenação dos canais fluviais. Quanto maior a participação percentual de canais de primeira ordem, maior a fragilidade da paisagem, pois indicam maior dissecação do relevo, que pode ser provocada por controle estrutural, como falhas, fraturas ou dobramentos.

#### 3.3.2.3. Padrão de drenagem

O padrão de drenagem corresponde ao conjunto de canais superficiais e vias de escoamento interno. Possuem características variáveis quanto à densidade, forma, extensão e direção, que por sua vez são fatores dependentes do material rochoso sobre o qual se encontra desenvolvida a rede de drenagem.

Estabelecido a partir de Christofolletti (1974), o qual se refere ao arranjo espacial dos cursos fluviais, que podem ser influenciados em sua atividade morfogenética, pela natureza e disposição das camadas rochosas, pela resistência litológica variável, pelas diferenças de declividade e pela evolução geomorfológica da região.

#### 3.3.2.4. Coefficiente de compacidade ou Índice de Gravelius (Kc)

Relaciona a forma da bacia com um círculo. Constitui a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia. De acordo com Villela e Mattos (1975), esse coeficiente é um número adimensional que varia com a forma da bacia, independentemente de seu tamanho. Determinado a partir da equação:

$$Kc = 0,28(P/\sqrt{A})$$

Equação (1)

Em que:

$K_c$  = coeficiente de compacidade (adimensional)

$P$  = perímetro (km)

$A$  = área da bacia (km<sup>2</sup>)

O coeficiente de compacidade se refere à susceptibilidade de uma microbacia sofrer inundações em suas partes baixas. Um  $K_c$  igual à unidade corresponde a uma microbacia circular, estando mais susceptível a enchentes. Quanto mais irregular for a microbacia, maior será o coeficiente de compacidade e menor a probabilidade de sofrer inundações.

A definição do coeficiente deu-se a partir dos valores referentes à área da microbacia e do perímetro, obtidos via menu *Gis Analysis –Database Query – Área e Perím.*

#### 3.3.2.5. Fator de forma (Kf)

A forma superficial de uma microbacia hidrográfica é importante por ter relação com o tempo de concentração da água sobre a área. O  $K_f$  é definido como o tempo, a partir do início da precipitação, que uma gota de água de chuva leva para percorrer a distância entre o ponto mais afastado da microbacia e o seu exutório (Jorge e Uehara, 1998). É determinado a partir da relação entre a largura média da microbacia e seu comprimento axial, conforme equação:

$$K_f = A/L^2 \quad \text{Equação (2)}$$

Em que:

$K_f$  = fator de forma (adimensional)

$A$  = área da microbacia (m<sup>2</sup> ou km<sup>2</sup>)

$L$  = comprimento da microbacia (m ou km)

O comprimento axial é igual à extensão do curso d'água principal, mais a distância da sua nascente ao divisor topográfico. A largura média é obtida dividindo-se a área da microbacia pelo seu comprimento axial.

O fator forma foi definido, a partir do valor da área, obtido via menu *Gis Analysis –Database Query – Área*, e o comprimento axial, obtido via vetorização, utilizando o menu *Digitize*. Foi criado um novo plano de informação ou arquivo vetorial com o comprimento axial da área, sendo possível o cálculo do comprimento do mesmo, via menu *Gis Analysis –Database Query – Perim*.

Esse fator constitui-se num índice que aponta maior ou menor tendência para enchentes em uma microbacia. Uma área com um fator de forma baixo é menos sujeita às enchentes que outra de mesmo tamanho, porém com maior fator de forma. Quanto mais próximo da unidade, mais circular é a microbacia, representando maior concentração de água no tributário principal; com isso, tem-se um maior risco a enchentes, quando na ocorrência de chuvas intensas.

#### 3.3.2.6. Comprimento total das drenagens (Cr)

Obtido a partir do somatório das extensões de todas as ravinas, canais e tributários existentes na microbacia, conforme equação:

$$Cr = L1 + L2 + \dots + Ln \quad \text{Equação (3)}$$

Cr = comprimentos total das drenagens, em km ou m.

Quanto maior for o Cr, maior será o perigo de erosão na área considerada.

O comprimento da rede de drenagem foi determinado, utilizando-se do comando *Perim* do menu *Database Query*, pertencente ao módulo *Gis Analysis*.

#### 3.3.2.7. Densidade de drenagem (Dd)

A densidade de drenagem, definida a partir de Horton (1945), corresponde a relação entre o comprimento total dos canais de escoamento e a área total da microbacia. A Dd é um auxiliar na compreensão do escoamento superficial, que se reflete na ação dos processos erosivos. É obtida a partir da equação:

$$Dd = L/A$$

Equação (4)

Em que:

$Dd$  = densidade da drenagem (km/km<sup>2</sup> ou m/ha)

$L$  = comprimento total dos canais (km ou m)

$A$  = área (km<sup>2</sup> ou ha)

O comprimento total das drenagens foi determinado utilizando-se do comando *Perim*, do menu *Database Query*, pertencente ao módulo *Gis Analysis*, sendo posteriormente determinada a densidade de drenagem da microbacia, conforme Horton (1945).

Beltrame (1994) classifica a densidade de drenagem em: baixa (valor < 5m/ha), mediana (entre 5 e 20 m/ha), alta (entre 20 e 30 m/ha) e muito alta (> 35m/ha).

Ressaltam Rizzi *et. al.* (1999) que a determinação da densidade de drenagem fornece uma avaliação do potencial da bacia hidrográfica, de permitir maior ou menor escoamento superficial da água, o que, conseqüentemente, conduz a uma ação maior ou menor ação dos processos erosivos na esculturação dos canais.

### **3.3.3. Caracterização climatológica**

Foram adquiridos dados da estação meteorológicos de Cabaceiras, referentes à série temporal histórica de precipitação, entre os anos de 1926 a 2006, do município. Os dados foram fornecidos por pesquisadores do Laboratório de Climatologia da Universidade Federal de Campina Grande.

Buscou-se avaliar a variabilidade temporal (mensal e anual) da precipitação para o município, ao longo do período de 80 anos. Para tanto, os dados foram processados em tabelas e transformados em gráficos, utilizando-se do aplicativo Excel, para melhor representação da série temporal.

### **3.3.4. Caracterização hipsométrica da microbacia**

A hipsometria permite uma compreensão geral do relevo da microbacia, quanto às suas variações altimétricas.

A definição da hipsometria da microbacia deu-se a partir da avaliação do comportamento espacial das curvas de nível, conforme De Biasi (1970), o qual atribui classes altimétricas para área considerada.

Assim, obteve-se os dados referentes à hipsometria, utilizando-se do módulo *TinSurf* no SIG IDRISI. Com isso foi possível estabelecer intervalos de classes altimétricas de 50 metros, obtendo como limites os seguintes valores:

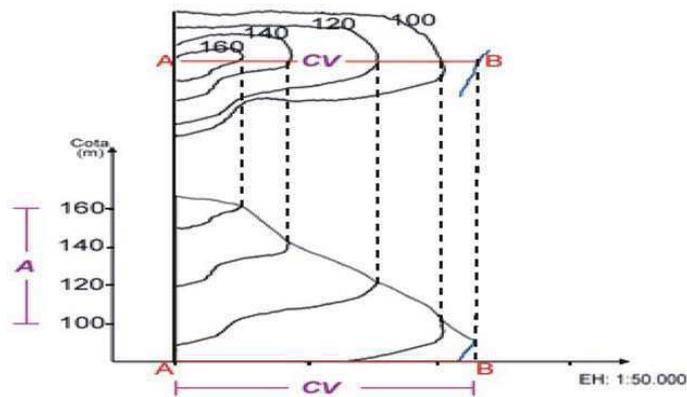
- ♦ < 415 metros: compreende a planície de inundação;
- ♦ 465 metros: limite onde o canal principal começa a se tornar mais encaixado no relevo;
- ♦ 515 metros: limite entre o setor do médio e alto curso da microbacia hidrográfica;
- ♦ 565 metros: limite entre o relevo plano em áreas elevadas e o relevo forte ondulado;
- ♦ > 615 metros: representando a presença de um morrote.

Através dos limites estabelecidos, elaborou-se o mapa hipsométrico, com a distribuição das altitudes do relevo de forma contínua, pela microbacia hidrográfica, semelhante às curvas de nível em uma carta topográfica.

### **3.3.5. Comprimento das Vertentes (CV)**

Quanto às amplitudes das vertentes, elas retratam a elevação das feições do relevo, ou seja, a diferença entre as altitudes. Já o comprimento das vertentes ou rampas mede sua extensão horizontal. Essas medidas são dadas a partir do topo até a base das vertentes, sendo medidas na vertical e na horizontal (Figura 03).

Figura 03. Croqui com a representação das medidas de A e CV.



Org.: Silvana Fernandes Neto

Observando o croqui, têm-se quatro curvas de nível equidistantes 20 metros, assim, uma amplitude (A) de 60 metros. O comprimento da vertente (CV) percorre 1200 metros, medidos do topo até a base, junto a rede de drenagem.

O comprimento médio das rampas foi definido a partir do método do retângulo equivalente modificado por Vilela e Mattos (1975). Esse fator tem grande importância na perda de solo, uma vez que quanto maior for a sua extensão maior tenderá ser a velocidade do escoamento superficial.

É representado pela razão entre a área da microbacia e o somatório de todos os cursos de água da mesma, conforme equação a seguir:

$$CV = \frac{A}{4l} \quad \text{Equação (5)}$$

Em que:

CV = comprimento médio da vertente ou rampa (km ou m)

A = área da microbacia (km<sup>2</sup> ou m<sup>2</sup>)

l = comprimento do curso d'água (km ou m)

Vilela e Matos (1975) definem a extensão média do escoamento superficial (l) como a distância em que a água da chuva teria que escoar sobre os terrenos de uma bacia, caso o escoamento ocorresse em linha reta, desde onde caiu até o ponto mais próximo ao leito de um curso d'água qualquer da bacia.

### **3.3.6. Compartimentação da microbacia**

Analisando a configuração da rede de drenagem, em conjunto a dados hipsométricos, ou disposição das curvas de nível, que refletem a composição geomorfológica da área, foi realizada uma compartimentação da microbacia. Esta foi realizada, a partir da delimitação de cada setor em um plano de informação, mediante o uso do menu *Digitize*. Assim, dividiu-se a área em 3 setores, a saber:

Setor do baixo curso: compõem a parte mais baixa da microbacia, com altitudes inferiores a 415 metros;

Setor do médio curso: representa a parte central da microbacia, com altitudes entre 415 e 455 metros;

Setor do alto curso: representando as partes altas da microbacia, com altitudes acima de 455 metros.

### **3.3.7. Caracterização litoestratigráfica da microbacia**

O mapeamento litoestratigráfico ou geológico se constitui em um subsídio importante para a compreensão e análise do uso e ocupação de determinada área. O mesmo deve apresentar os diferentes tipos de rochas e estruturas que compõem o substrato rochoso do meio físico.

Assim, para o estudo da geologia predominante na microbacia Riacho Fundo, baseou-se no mapa geológico da CPRM – Programa Geologia do Brasil, Folha SB.24-Z-D-III, Boqueirão de escala 1:1.000.000 do ano de 2012.

Com visitas a campo foi possível confirmar que a área da microbacia é composta por seqüências de rochas cristalinas.

Utilizando-se do SIG IDRISI, foi possível realizar um recorte geográfico da área de estudo, bem como setorizar a mesma, com os tipos geológicos encontrados, tendo como base o mapa da CPRM (2012), Para quantificação das áreas, foi criado planos de informações diferenciados, delimitando cada área mediante o uso do menu *Digitize* e quantificando-as com uso menu *Gis Analysis –Database Query – Área*.

### 3.3.8. Caracterização clinográfica da microbacia

As classes de declividade representadas em um mapa clinográfico, foram estabelecidas seguindo a metodologia de De Biasi (1970), as quais são expressas em porcentagem, representando a inclinação das vertentes, a partir da expressão:

$$Dc = \frac{n}{Dh} \cdot 100\% \quad \text{Equação (6)}$$

Em que:

$Dc$  = declividade (%)

$Dh$  = distância horizontal das curvas de nível (m)

$n$  = equidistância das curvas de nível (m)

Segundo De Biasi (1992) o mapa clinográfico consiste, basicamente, num instrumento com o qual se pode representar e verificar a utilização e o aproveitamento mais racional do terreno, procurando assim uma melhor adequação dos usos e projetos que o homem tem para esse ambiente.

A extração dos dados de declividade foi realizada de modo analógico, com auxílio de um ábaco (gabarito) poligonal, onde a partir das curvas de nível plotadas em papel ou sobre carta topográfica, extraem-se os intervalos de classes.

Após a obtenção das classes de declividade, com ábaco, sobre curvas de nível plotadas, realizou-se a importação e o processamento das mesmas com a utilização do SIG Idrisi. Através do o módulo *Digitize*, extraíram-se as dados, referentes aos planos de informações (classes) separadamente, sendo posteriormente rasterizados no módulo *Raster* e quantificadas suas áreas, a partir do módulo *Gis Analysis*.

Os intervalos de classes, dados em porcentagem, foram definidos a partir da proposta de Embrapa (1999), conforme expresso no Quadro 01:

Quadro 01: Definição dos intervalos de classes de declividade para a microbacia Riacho Fundo.

<b>Classes</b>	<b>Declividade (%)</b>	<b>Classificação do relevo</b>	<b>Categoria</b>
I	< 3	Plano	Muito fraca
II	3 - 8	Suave ondulado	Fraca
III	8 - 13	Moderadamente ondulado	Média
IV	13 - 20	Ondulado	Forte
V	> 20	Forte Ondulado	Muito forte

Fonte: Adaptado de EMBRAPA (1999).

Para melhor representação das classes de declividades predominantes, foi elaborado um mapa clinográfico da microbacia Riacho Fundo.

### **3.3.9. Definição das unidades de relevo da microbacia**

A definição das unidades de relevo da microbacia Riacho Fundo foi dada a partir da análise do comportamento de atributos determinados pelas declividades e hipsometria, em conjunto aos parâmetros de drenagem.

O mapeamento das unidades de relevo partiu da definição destes atributos e de sua influência nos processos de dinâmica superficial. Desta forma, áreas planas em baixas altitudes na bacia estão mais sujeitas as inundações, enquanto área com altitudes mais elevadas podem apresentar uma dinâmica superficial associada processos erosivos.

Através do o módulo *Digitize*, foram extraídos os dados referentes aos planos de informações (unidades) separadamente, sendo posteriormente rasterizados no módulo *Raster* e quantificadas suas áreas, a partir do menu *Gis Analysis –Database Query – Área*.

### **3.3.10. Caracterização pedológica da microbacia**

Para análise dos parâmetros de solos, levou-se em consideração o estudo sobre imagem de satélite, em conjunto a interpretação e processamento de dados já

existentes, conforme mapa de solos do Estado da Paraíba, segundo EMBRAPA (2012) e, ainda, análise de amostras extraídas em campo.

A amostragem foi realizada em 7 (sete) pontos de coletas simples, distribuídos por toda a área da microbacia, com intuito de se obter informações a respeito das propriedades físicas e químicas dos solos predominantes na área.

Em cada ponto de coleta, foram extraídas duas amostras, nas profundidades de 0 a 10 cm e de 10 a 20 cm, totalizando 14 amostras simples.

Do ponto de vista dos parâmetros físicos, as amostras foram submetidas à análise granulométrica, classificação textural, densidade do solo, densidade das partículas e porosidade.

As amostras de solos foram encaminhadas para análise, ao Laboratório de Irrigação e Salinidade do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, onde, depois de secas ao ar e peneiradas, foram analisadas física e quimicamente (APÊNDICE I), utilizando métodos analíticos descritos em EMBRAPA (1997).

Os parâmetros químicos analisados foram: Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Potássio (K), Sódio (Na), Hidrogênio (H), Alumínio (Al), Carbonato de Cálcio, Carbono Orgânico, Matéria Orgânica, Nitrogênio (N), Fósforo Assimilável, pH em H<sub>2</sub>O e Condutividade Elétrica.

De posse dos resultados das análises dos solos, foram calculadas a capacidade de troca catiônica (CTC) e a soma de bases trocáveis (SBT).

Quanto aos parâmetros físicos, foram analisados os seguintes: granulometria, classificação textural, densidade do solo e de partículas, porosidade, umidade e água disponível.

Para o mapeamento dos solos e quantificação das áreas, utilizou-se do SIG IDRISI, onde foi realizado um recorte geográfico da microbacia, bem como setorização da mesma, com os tipos de solos encontrados, tendo como base o mapa da EMBRAPA (2012). Para quantificação das áreas, foi criado planos de informações diferenciados, delimitando cada área mediante o uso do menu *Digitize* e quantificando-as com uso menu *Gis Analysis –Database Query – Área*.

### **3.3.11. Uso e ocupação atual das terras da microbacia**

A partir da imagem em formato (.tif), a mesma foi georreferenciada com o uso do SIG IDRISI, sendo utilizado para a correção geométrica da imagem *QuickBird*, pontos de controle com coordenadas do sistema Universal Transversa de Mercator (UTM), Datum WGS84, adquiridas em campo com equipamento de GPS.

A classificação dos usos da terra foi realizada a partir da interpretação visual dos alvos sobre imagem de satélite em tela do computador. Para tanto, foram definidas as classes dos diferentes usos e coberturas, observando-se aspectos como textura, forma, cor e brilho (Pinheiro e Kux, 2005). Com isto, foi possível identificar, delimitar e quantificar as informações de usos da terra da microbacia.

Com o módulo *Digitize* do SIG IDRISI for Windows, foi possível individualizar, em planos de informações diferenciados, os usos com suas características:

- Vegetação rala: caatinga hiperxerófila rala, composta por vegetação herbácea e arbustiva;
- Vegetação densa: caatinga densa, composta por vegetação herbácea, arbustiva e arbórea;
- Corpos d'água: laminas d'água, sendo açudes/barreiros;
- Área agrícola: áreas com a presença de algum tipo de agricultura, ou preparadas para o cultivo;
- Área erodida: áreas com presença de processo erosivo e ravinas;
- Afloramento rochoso: presença de material rochoso em superfície;
- Edificações: áreas com algum tipo de construções;
- Estradas: vias de acessos, sendo estradas/caminhos.

Em outra etapa, os usos foram rasterizados com o módulo *Reformat - Rastervectore*, para posterior obtenção das áreas, com o módulo *GIS Analysis-Database Query - Area*.

A construção do banco de dados georreferenciado foi indispensável para o armazenamento e processamento de todas as informações obtidas, bem como para gerar um mapa do uso atual da terra da microbacia.

Em campo, com o auxílio da imagem de satélite impressa, do aparelho de GPS e câmera fotográfica foram convalidados alvos espectrais de uso da terra,

registrar pontos de conferências de usos, realizar registros fotográficos, entre outras observações.

Os trabalhos de campo foram primordiais para o desenvolvimento do trabalho e realizados de forma investigativa, buscando a identificação das formas de usos e ocupação, tipos de solos e drenagens, bem como, informações paisagísticas e de exploração socioeconômica na unidade de estudo.

### **3.3.12. Aptidão de uso da terra a partir do coeficiente de rugosidade (CR)**

O coeficiente de rugosidade é o parâmetro que direciona o uso potencial da terra, levando em consideração as suas características naturais, para uso em agricultura, pecuária, silvicultura, preservação (Rocha, 1997; Baracuhy, 2001).

Na avaliação do coeficiente de rugosidade, foi realizada uma adaptação da metodologia, que divide a área em microbacias, e adota como parâmetros a densidade de drenagem e declividade média.

O coeficiente de rugosidade foi definido para cada classe de declividade ou unidade, a partir da relação entre a declividade real (em porcentagem) e a densidade de drenagem (Dd), devido às diferenças topográficas encontradas em cada microbacia, conforme equação:

$$CR = Dd \times Dc \quad \text{Equação (7)}$$

Em que:

CR = coeficiente de rugosidade (adimensional)

Dd = densidade de drenagem (m/ha)

Dc = área de cada classe de declividade em porcentagem ( $\div 100$ )

A definição das classes de aptidão de uso, ou uso potencial da terra, foi dada a partir dos valores dos coeficientes de rugosidades e das características físicas da microbacia, conforme proposta metodológica de Ramalho Filho e Beek (1995), Rocha (1997) e de Baracuhy (2001), levando em consideração quatro classes de aptidão (A,B,C e D), conforme descrição a seguir:

- A (simplificado): terras passíveis de construção de técnicas de contenção de solo e água, utilização com culturas anuais, perenes, pecuária, pastagens e/ou reflorestamento e vida silvestre, cultiváveis com problemas simples de conservação;
- B (moderado): terras passíveis de construção de técnicas de contenção de solo e água, impróprias para cultivos intensivos, mas adaptadas para pecuária, cultivos anuais, pastagens e/ou reflorestamento, e/ou vida silvestre, porém cultiváveis com problemas complexos de conservação. Ainda pode ser exploradas, em casos de algumas culturas especiais protetoras do solo;
- C (limitado): terras adaptadas, em geral, para pastagens e/ou reflorestamento, com alguns cuidados e práticas de conservação, cultiváveis apenas em casos muito especiais, porém, apropriadas para pecuária, proteção da flora e fauna silvestre, recreação ou armazenamento de água;
- D (protegido): terras impróprias para cultura, pastagem ou reflorestamento, podendo servir apenas como abrigo e proteção da fauna e flora silvestre, como ambiente para recreação, ou para fins de armazenamento de água.

Define-se a aptidão de uso de cada classe ou unidade, a partir da relação entre os elementos amplitude (A) e intervalo (I) de variação do coeficiente de rugosidade.

Com a amplitude do coeficiente de rugosidade, em conjunto ao número de classes (4) de aptidão, obtém-se o intervalo de variação do CR existente entre as unidades, conforme equação:

$$I = A/K \qquad \text{Equação (8)}$$

Em que:

I = Intervalo de variação do CR

A = amplitude do CR

K = número de classes aptidão

A partir do intervalo de variação do CR, define-se qual a categoria de aptidão em que o CR está inserido. Os limites de variação de CR, admitidos em cada categoria de aptidão de uso, refere-se à classe A (uso simplificado), correspondendo aos maiores valores de CR, até D (uso protegido), aos menores valores. Assim, quanto maior o valor do coeficiente de rugosidade, menor será o perigo de erosão na área.

O fato de uma unidade ser classificada com aptidão para uso simplificado ou moderado (classe A e B), não significa que toda área dessa unidade deva, sob o ponto de vista da conservação dos recursos água e solo, ser ocupada com culturas agrícolas. A classe de uso de cada unidade representa a vocação predominante existente, a partir das condições dos parâmetros físicos determinados para essa unidade.

Após o estudo e definição das áreas de aptidão, foi realizado um mapa de aptidão de uso, a partir da individualização das áreas utilizando-se do módulo *Digitize* do SIG IDRISI, em planos de informações diferenciados, sendo posteriormente, rasterizados com o módulo *Reformat - Rastervectore*, para quantificação das áreas, com o módulo *GIS Analysis- Database Query - Area*.

### **3.3.13. Análise da água de poços públicos na microbacia**

As análises físico-química e microbiológica das águas de dois poços tubulares públicos e de um reservatório coletivo, que serve para o abastecimento da comunidade da Ribeira, foram realizadas, após coletas ocorridas no mês de agosto e dezembro de 2012 e encaminhadas ao Laboratório de Referencia em Dessalinização da UFCG (LABDES) para interpretação e emissão de laudos técnicos.

Para a coleta de água, utilizou-se de recipientes de armazenamento específicos, garrafas plásticas para as análises físico-químicas e frascos de polietileno autoclavável para as análises microbiológicas, fornecidos pelo LABDES, diante de orientações técnicas.

Para a interpretação das análises das águas, buscou-se seguir os parâmetros de potabilidade estabelecidos pelo Ministério da Saúde, que lançou em 12 de dezembro de 2011, a Portaria nº 2914, que dispõe sobre os procedimentos e

responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para o consumo humano e dá outras providências.

Essa portaria foi lançada pelo Governo, a fim de evitar maiores problemas de saúde, provenientes do consumo de água de qualidade imprópria. É aplicada à água destinada ao consumo humano proveniente de sistema e solução alternativa de abastecimento de água. Em seu Cap.II, Art 5º, define:

I - água para consumo humano: água potável destinada à ingestão, preparação e produção de alimentos e à higiene pessoal, independentemente da sua origem;

II - água potável: água que atenda ao padrão de potabilidade estabelecido nesta Portaria e que não ofereça riscos à saúde;

III - padrão de potabilidade: conjunto de valores permitidos como parâmetro da qualidade da água para consumo humano, conforme definido nesta Portaria;

VII - solução alternativa coletiva de abastecimento de água para consumo humano: modalidade de abastecimento coletivo destinada a fornecer água potável, com captação subterrânea ou superficial, com ou sem canalização e sem rede de distribuição.

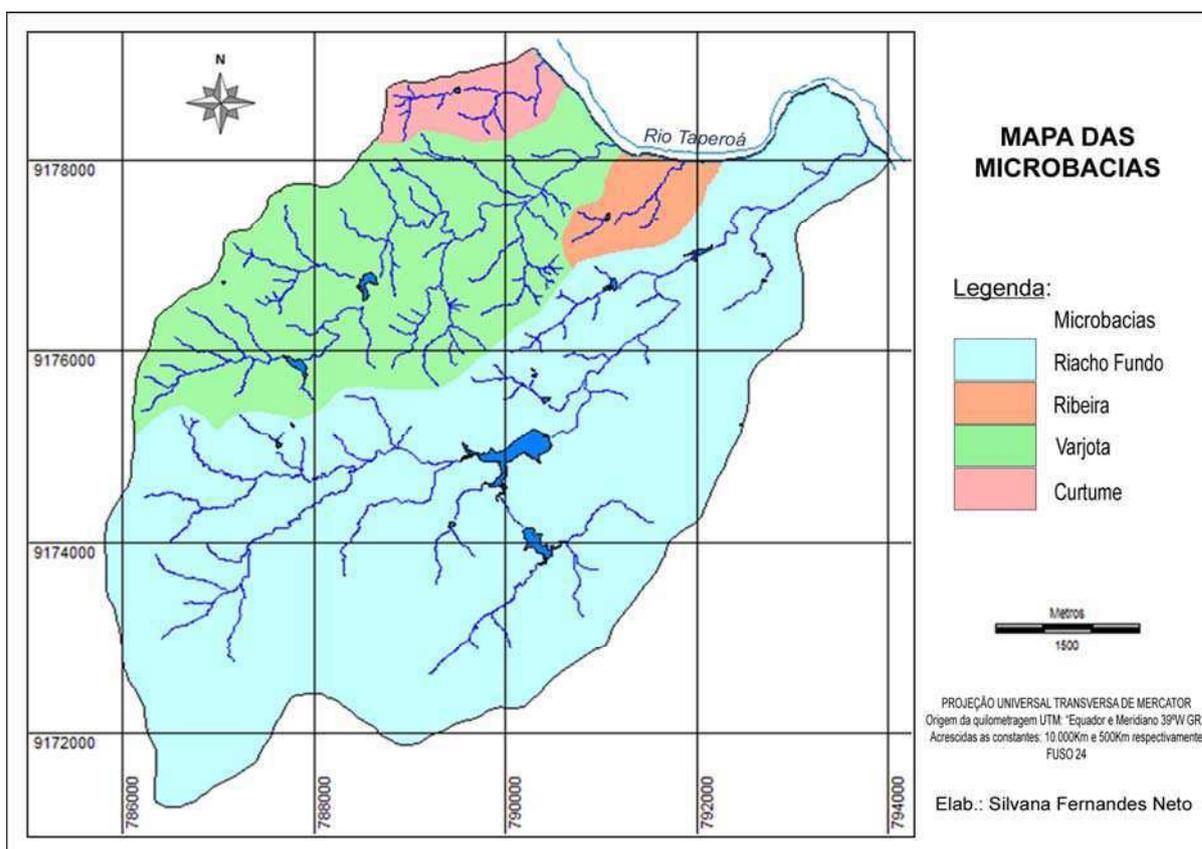
A Portaria 2914/11 MS, estabelece parâmetros que determinam a qualidade da água para o consumo humano, sendo valores máximos permissíveis de fatores como: pH da água, que deve variar entre 6,0 e 9,5; Sódio (Na) até 200,0 mg/L; Cloreto (Cl) até 250,0 mg/L e os Sólidos totais dissolvidos a 180°C (STD) até 1.000,0 mg/L, entre outros, bem como a indicação de presença ou não de coliformes totais e *Escherichia coli*.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Rede de drenagem da microbacia

A área, onde foi desenvolvido o estudo, pertencentes à sub-bacia hidrográfica do Rio Taperoá, que, por sua vez, compõe a malha hídrica da bacia hidrográfica do Rio Paraíba, uma das mais importantes do Estado da Paraíba. É constituída por um conjunto de 4 microbacias sequentes, denominadas a partir da jusante a montante do Taperoá em: microbacia hidrográfica Riacho Fundo; Ribeira; Varjota e Curtume (Figura 04).

Figura 04. Disposição da rede de drenagem que compõem a microbacia hidrográfica Riacho Fundo.



Org.: FERNANDES NETO, Silvana.

Estão delimitadas conforme disposição das curvas de nível, que refletem a configuração geomorfológica da área e também pela configuração da rede de drenagem.

Em conjunto, as quatro áreas que compõem a denominada microbacia hidrográfica Riacho Fundo, drenam uma área total de 3.757,89 ha ou 37,58 km<sup>2</sup>, com um perímetro de 27,83 km de extensão, estendendo-se no sentido SW - NE.

Essa direção predominante, das drenagens principais da microbacia, pode estar relacionada ao forte controle estrutural, que provavelmente está associado às fraturas desenvolvidas por reativações tectônicas, as quais controlaram o próprio desenvolvimento da microbacia.

Com relação ao padrão de drenagem predominante na microbacia, ou seja, a disposição espacial ou geométrica das drenagens, segundo Cunha (1995), tem-se o tipo dendrítico-retangular. Este por sua vez, corresponde ao conjunto de canais superficiais e vias de escoamento interno, que podem estar submetidos ao controle estrutural e ao tipo de rocha de origem, que oferecem resistência relativamente uniforme a erosão.

Salienta Christofolletti (1974), o padrão de drenagem se refere ao arranjo espacial dos cursos fluviais, que podem ser influenciados, em sua atividade morfogenética, pela natureza, disposição das camadas rochosas e resistência litológica, pelas diferenças de declividade e evolução geomorfológica da região.

Conforme hierarquia de drenagem de Strahler (Christofolletti, 1974), a microbacia apresenta um grau de ramificação de 4<sup>a</sup> ordem, levando-se em conta os cursos d'água principais e incluindo os córregos intermitentes, marcados pela esculturação do relevo. Considera-se que, quanto mais ramificada a rede, mais eficiente à drenagem (VILELA e MATOS, 1975).

Dos canais que compõem a área, 66,1% são de primeira ordem, ou seja, 121 canais, perfazendo um total de 46,2 km, sendo estes os que apresentam um comprimento médio menor (381,9 m), representando uma densidade de drenagem relativamente alta. Isso vem a confirmar o que relata Christofolletti (1974) ao citar que à medida que aumenta o valor numérico da densidade, há uma diminuição do tamanho dos componentes fluviais da bacia de drenagem.

Ressalta, ainda, Christofolletti (1974) que, em terrenos onde há dificuldades para a infiltração das águas, há melhores possibilidades para a esculturação de canais e, portanto, a densidade de drenagem tende a ser mais elevada. Também, os fatores do meio físico, sendo topografia, clima e a vegetação existente, além dos fatores geológicos, podem influenciar nos índices de drenagem de uma área.

Analisando o coeficiente de compacidade ( $K_c$ ) da microbacia, se obteve o valor equivalente a 1,27, em conjunto ao índice de forma ( $I_c$ ), sendo de 0,61, pode-se definir que se trata de uma área a qual apresenta características pouco propícias a enchentes. Com seu formato alongado, ocorre menor tempo de concentração da água, sob o canal principal, no período chuvoso e, ainda, aliado a uma densidade de drenagem ( $D_d$ ) de 21,7 m/ha, evidencia uma área medianamente drenada, conforme classificação de Beltrame (1994). O escoamento por estar associado a terrenos pouco permeáveis reflete na maior ação erosiva da água, sendo, na esculturação dos canais.

Segundo Vilela e Matos (1975), o formato da bacia influencia o tempo de concentração, ou seja, o tempo que a água leva dos limites da bacia para chegar à saída, ou seu exutório. Nesse caso, pode-se dizer que a tendência a enchentes é menor, ao contrário se a microbacia apresentasse uma forma mais circular.

A determinação da densidade de drenagem ( $D_d$ ) fornece uma avaliação do potencial da microbacia hidrográfica, em permitir maior ou menor escoamento superficial da água, o que, conseqüentemente, conduz a uma ação maior ou menor dos processos erosivos atuantes.

A partir dessa perspectiva, identificou-se na microbacia um comprimento total dos cursos d'água de 81.651,76 metros distribuídos por 183 canais fluviais, em uma área de 3.757,89 ha, conforme dados dispostos na Tabela 01.

Tabela 01. Parâmetros da rede de drenagem.

<b>Ordem</b>	<b>NC</b>	<b>L (m)</b>	<b>Lm (m)</b>	<b>Dd. (m/ha)</b>	<b>Área (%)</b>
<b>1<sup>a</sup></b>	121	46.207,8	381,9	12,3	66,1
<b>2<sup>a</sup></b>	42	17.738,1	422,3	4,7	22,9
<b>3<sup>a</sup></b>	14	9.740,8	695,8	2,6	7,7
<b>4<sup>a</sup></b>	6	7.965,1	1.327,5	2,1	3,3
<b>Total</b>	<b>183</b>	<b>81.651,8</b>	<b>446,2</b>	<b>21,7</b>	<b>100</b>

Número de Canais (NC); Comprimento Total (L); Comprimento médio (Lm); Densidade de Drenagem (Dd)

Pode-se dizer que a densidade de drenagem é influenciada diretamente pelo comportamento hidrológico das rochas, pois naquelas onde a capacidade de infiltração é relativamente menor, ocorre um maior escoamento superficial,

consequentemente maior densidade. Isso gera, ainda, possibilidade de esculturação dos canais, bem como, a atuação de processos erosivos.

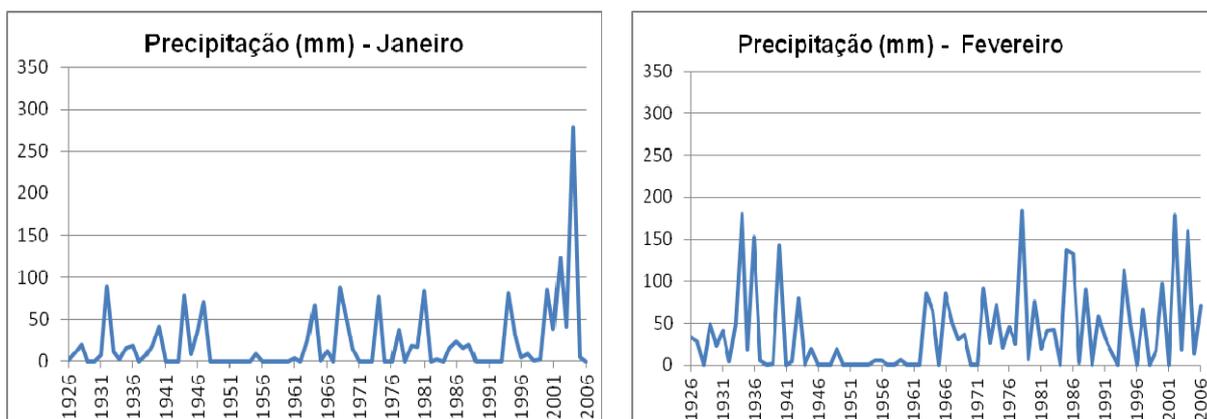
Por se tratar de uma área onde as características naturais são variadas, com o relevo relativamente ondulado, solos rasos e descobertos, com predomínio de vegetação arbustiva ou caatinga rala, observa-se a ocorrência de concentrações de águas sobre as drenagens, no período chuvoso, sendo com grande poder erosivo, bem como, assoreamento das mesmas, nas partes mais baixas dos terrenos.

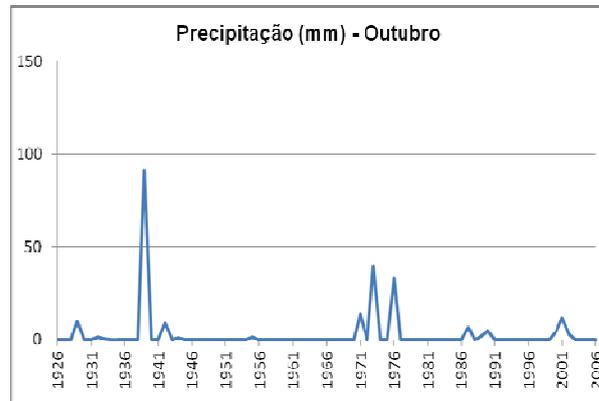
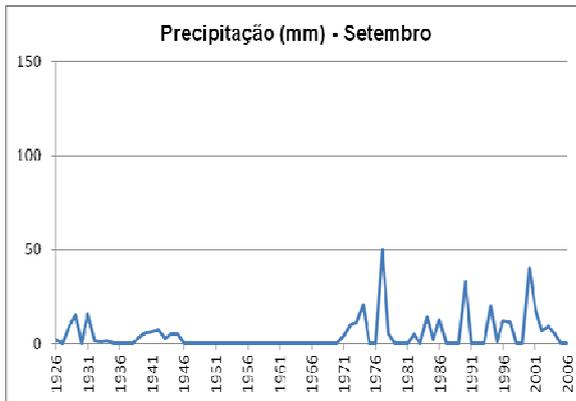
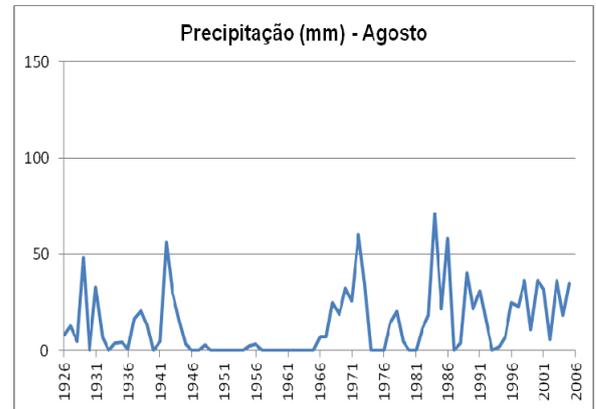
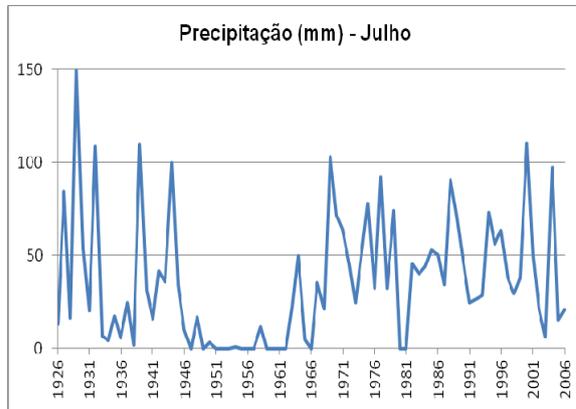
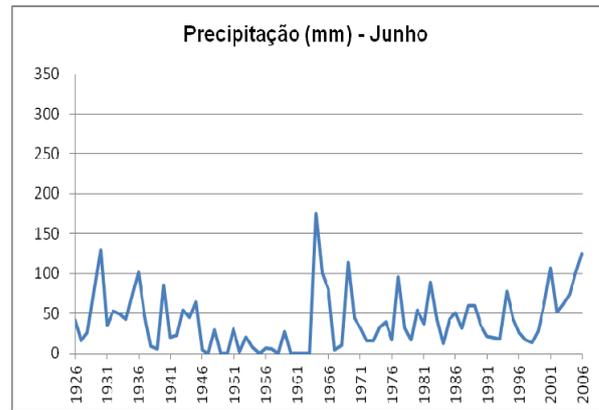
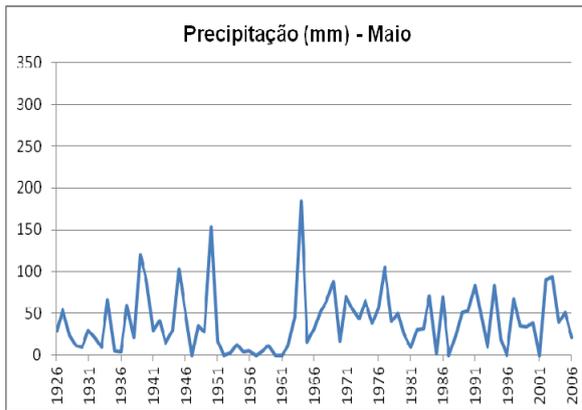
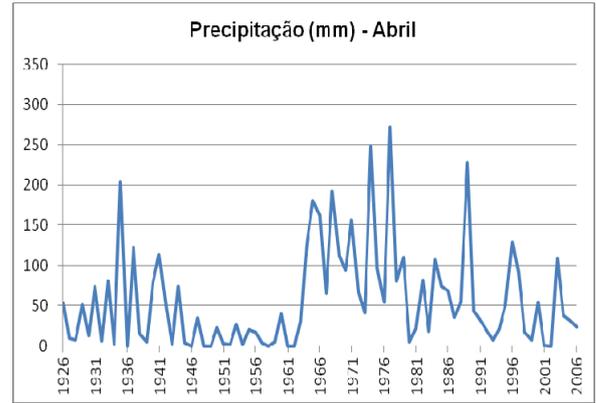
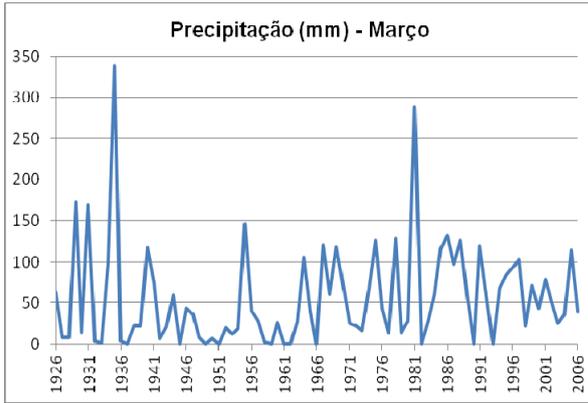
Ocorrem ainda, na microbacia, 15 açudes/barreiros, construídos, principalmente, para o consumo animal. Destes, apenas 5 passam boa parte do ano com água, devido sua maior capacidade de armazenamento, mas no período de estiagem prolongada, secam por completo, retratando uma área com graves problemas hídricos.

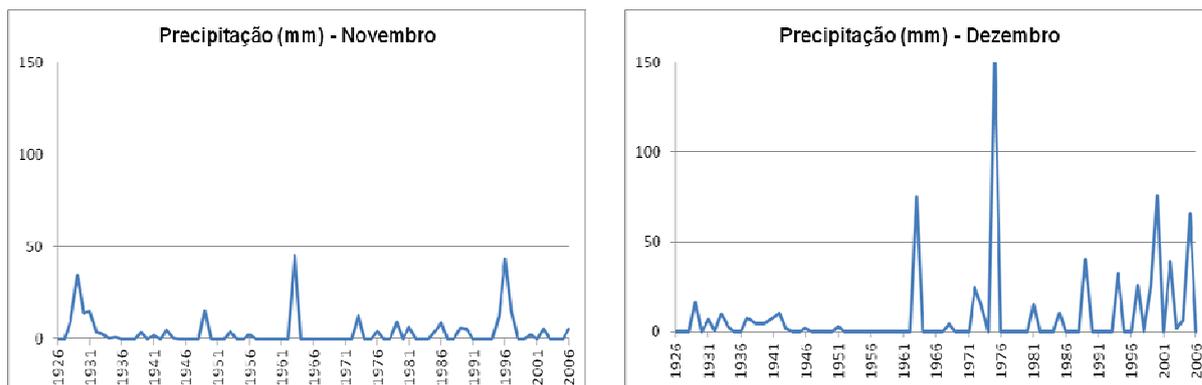
## 4.2. Climatologia da região

Diante de dados meteorológicos referentes à série temporal de precipitação entre os anos de 1926 a 2006 (80 anos), no município de Cabaceiras, observa-se a ocorrência de uma precipitação média anual de 323,8 mm. Os valores mínimos ocorrem nos meses de setembro a dezembro, com média total de 5 mm, concentrando o período chuvoso entre os meses de fevereiro a julho, mantendo uma média 44,8 mm. Segue média pluviométrica mensal (mm) (Figura 05) e anual (Figura 06), conforme Quadro 02, em ANEXO I.

Figura 05. Variação mensal da precipitação (mm), durante a série temporal de 1926 a 2006.

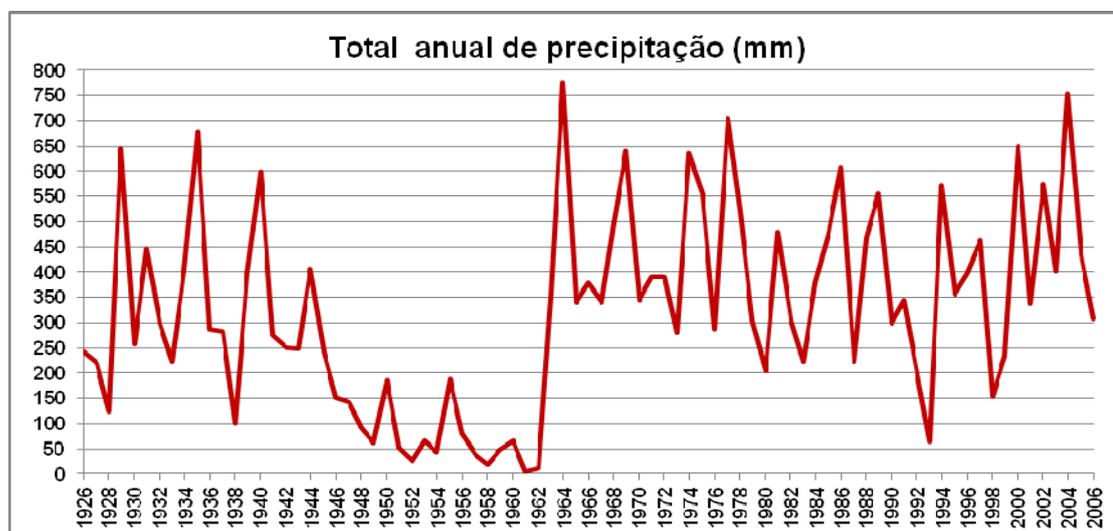






Org.: FERNANDES NETO, Silvana.

Figura 06. Variação anual da precipitação (mm), durante a série temporal de 1926 a 2006.



Org.: FERNANDES NETO, Silvana.

Para Nimer (1980), as variações pluviométricas e a instabilidade climática na região, refletem as piores condições relativas às ações autorreguladoras e de autodefesa ambiental das comunidade-tipo da caatinga. Por isso, essa região é considerada um dos pólos xéricos do Nordeste Brasileiro; pela precipitação média.

Em apenas 15 anos, da série de 80, ocorreram registros de precipitações superiores a 500 mm e em 55 anos, as precipitações medias anuais foram inferiores a 400 mm. Isso compromete, consideravelmente, a produção de muitas culturas agrícolas, em decorrência das limitações hídricas.

O balanço hídrico climatológico (BHC), foi definido para o município de Cabaceiras, por Leite *et al.*, (2011), levando em consideração dados obtidos pelas normais climatológicas do Brasil, do período de 1980 a 2010, sendo 30 anos de

precipitações diárias e mensais, e temperatura média. Chegaram à conclusão que a temperatura média anual em Cabaceiras é de 24,8°C, com oscilações mensais de 22,7°C a mínima, ocorrida em agosto e a máxima de 25,8°C em dezembro e a precipitação média anual de 371 mm. A evapotranspiração potencial (ETP) atingiu uma taxa anual em 1302 mm, sendo mínima no mês de junho com 83 mm e máxima no mês de dezembro, de 134 mm.

Observa-se que é sempre maior o volume de água evapotranspirada em relação a precipitação pluvial registrada, não ocorrendo excedente hídrico na região.

### 4.3. Mapeamento hipsométrico da microbacia

A microbacia Riacho Fundo se caracteriza por não ter grandes variações altimétricas, com predomínio de uma topografia com poucas ondulações.

As altitudes variam entre 397 metros, ponto localizado no exutório do Riacho Fundo, junto ao Rio Taperoá, a 661 metros, ponto mais alto localizado no divisor de águas, à montante da microbacia.

A variação altimétrica, entre o ponto mais alto e o mais baixo da microbacia, totaliza 264 metros, sob uma extensão de 8 km, o que expõe uma área com poucas elevações.

Com relação às variações altimétricas ocorrentes na microbacia, a mesma foi dividida em cinco classes hipsométricas, representadas em um mapa (Figura 07), definidas a partir das cotas das curvas de nível existentes, em intervalos de 50 metros, conforme dados que seguem na Tabela 02.

Tabela 02. Classes hipsométricas da microbacia.

<b>Classes</b>	<b>Altimetria (m)</b>	<b>Área (ha)</b>
1	< 415	233,28
2	415 - 465	1.877,29
3	465 - 515	1.542,89
4	515 - 565	80,85
5	> 565	23,58

#### Classe 1:

É a primeira classe, também denominada de planície de inundação. Está localizada próxima a jusante da microbacia, recobrando uma área 233,28 ha, pertencente ao setor do baixo curso, com altitudes de até 415 metros. Nessas áreas que ocorrem parte do processo de deposição fluvial, dos sedimentos deslocados pelas drenagens, das partes mais altas para o baixo curso.

#### Classe 2:

Abrange uma área de 1.877,29, com altitudes variando entre 415 a 465 metros. Compreende o limite onde o canal principal da drenagem começa a se tornar mais encaixado no relevo. Predomina uma topografia leve ondulada, com variações altimétricas em torno de 50 metros. Nessas áreas, encontra-se a presença de alguns afloramentos rochosos em forma de blocos e lajedos.

#### Classe 3:

Representa o limite entre o setor do médio e alto curso da microbacia hidrográfica. Recobre uma área de 1.542,89 ha, com altitudes que variam entre 465 a 515 metros. A topografia predominante é a moderadamente ondulada, com presença de processos erosivos e afloramentos de rochas.

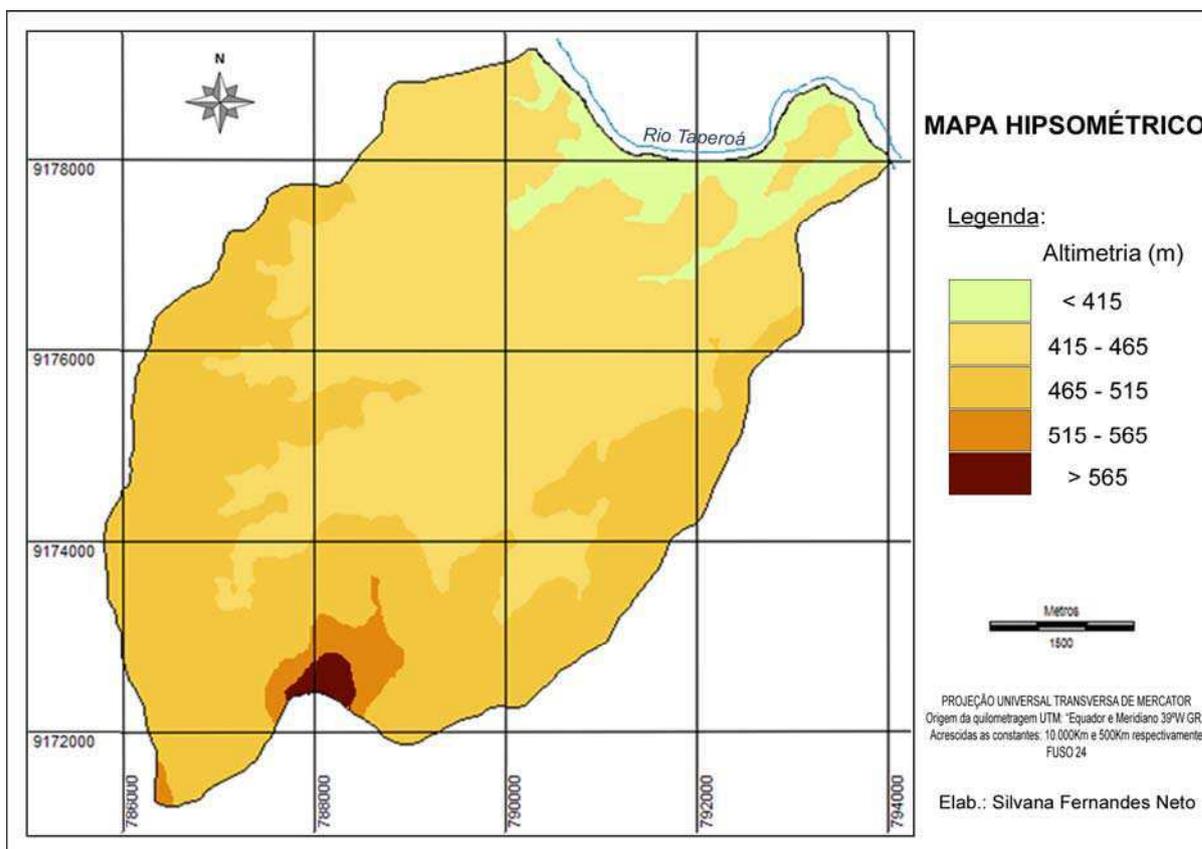
#### Classe 4:

Esta classe localiza-se no setor do alto curso, compreendendo uma área de 80,85 ha, marcando a presença do relevo ondulado, com altitudes entre 515 e 565 metros.

#### Classes 5:

Nesta classe, encontram representadas as altitudes acima de 565 metros. Está localizada no setor do alto curso, abrangendo uma área de 23,58 ha. Ainda, marca a presença de um morrote, que aponta o ponto mais alto da microbacia, sendo de 661 metros.

Figura 07. Mapa com a representação Hipsométrica.



Org.: FERNANDES NETO, Silvana.

#### 4.4. Compartimentação da microbacia

Analisando-se a fisiografia da microbacia, observa-se que existe um forte controle estrutural que abate a assimetria do arranjo espacial dos elementos de drenagem que compõem a área.

Quanto às condições hipsométricas, as altitudes variam entre 397 metros, localizado no exutório do Riacho Fundo, junto ao Rio Taperoá e 661 metros, ponto mais alto, localizado no divisor de águas, à montante da microbacia.

Com base na análise dos parâmetros de drenagem, em conjunto aos dados hipsométricos, a microbacia foi dividida em três setores, conforme disposição no Tabela 03 e no mapa (Figura 08).

Tabela 03. Compartimentação da microbacia em setores.

<b>Setor</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>%</b>	<b>Ordem Dren.</b>	<b>Dd. (m/ha)</b>	<b>Altitude (m)</b>
Baixo curso	233,28	6,20	3 <sup>a</sup> e 4 <sup>a</sup>	26,88	397 – 415
Médio curso	1.395,90	37,15	2 <sup>a</sup> e 3 <sup>a</sup>	28,89	415 – 455
Alto curso	2.128,71	56,65	1 <sup>a</sup> e 2 <sup>a</sup>	9,40	455 - 655
<b>Total</b>	<b>3.757,89</b>	<b>100</b>	-	-	-

Observa-se que:

- O setor do Baixo curso, corresponde a porção mais à jusante da microbacia, próximo ao rio Taperoá, recebendo as águas que drenam de toda a área, com 233,28 ha. Neste setor, por estar basicamente nas margens do rio principal, o relevo é praticamente plano, com risco de inundações, e suas elevações variam entre 397 metros até no máximo de 415 metros.

As drenagens são marcadas por uma hierarquia de 3<sup>a</sup> e 4<sup>a</sup> ordem, atingindo uma densidade de 26,88 m/ha, representando uma área bem drenada, conforme classificação de VILELA e MATOS (1975).

Essa densidade de drenagem pode estar combinada ao tipo de geologia encontrada nesse setor, com predominância de rochas do cristalino, que apresentam certo grau de resistência aos processos intempéricos, favorecendo, com isso, um maior escoamento superficial e, conseqüentemente, maior densidade de drenagem.

- O setor Médio curso da microbacia, abrange 37,15% da área total que é de 1.395,90 ha. Ocorre nesse setor o predomínio de drenagens de 2<sup>a</sup> e 3<sup>o</sup> ordem, quanto à hierarquia, sendo uma densidade de drenagem de 28,89 m/ha, ou seja, área bem drenada. A topografia não têm grandes variações de altitudes, com elevações entre 415 a 455 metros.

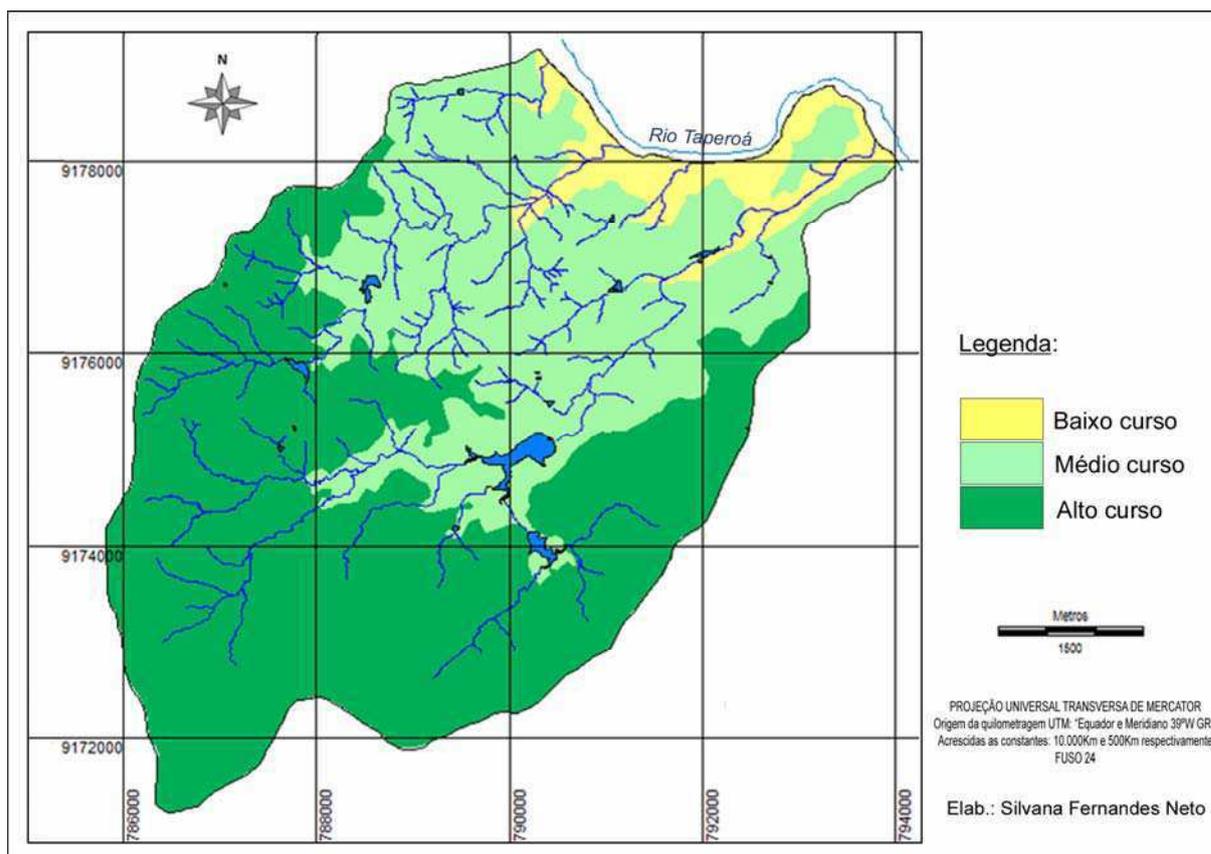
- O setor do Alto curso da microbacia, compõe uma área de 2.128,71 ha. Nesse setor, se concentra grande parte das drenagens classificadas, quanto à hierarquia fluvial, como sendo de 1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup> ordem.

A densidade de drenagem atinge 9,4 m/ha, sendo considerada, conforme Vilela e Matos (1975), relativamente baixa. Essa densidade pode ser, devido tratar-se de uma área onde predominam as cabeceiras de drenagens, localizadas

próximas às áreas de contato entre as litologias distintas predominantes na microbacia, bastante resistentes à ação de processos intempéricos.

A topografia é marcada pelo ponto de maior elevação, sendo de 661 metros, localizado no divisor de águas, à montante da microbacia.

Figura 08. Mapa da compartimentação da rede de drenagem da microbacia Riacho Fundo.



Org.: FERNANDES NETO, Silvana.

#### 4.5. Unidades litoestratigráficas da microbacia

A microbacia hidrográfica do Riacho Fundo está localizada na faixa do Domínio da Zona Transversal, composta por rochas do embasamento cristalino, sendo ígneas plutônicas e metamórficas.

Essas rochas caracterizam-se por sua permeabilidade, pois marcam terrenos quase, ou totalmente, impermeáveis, impedindo a infiltração, facilitando o escoamento superficial, podendo originar cheias de crescimento repentino.

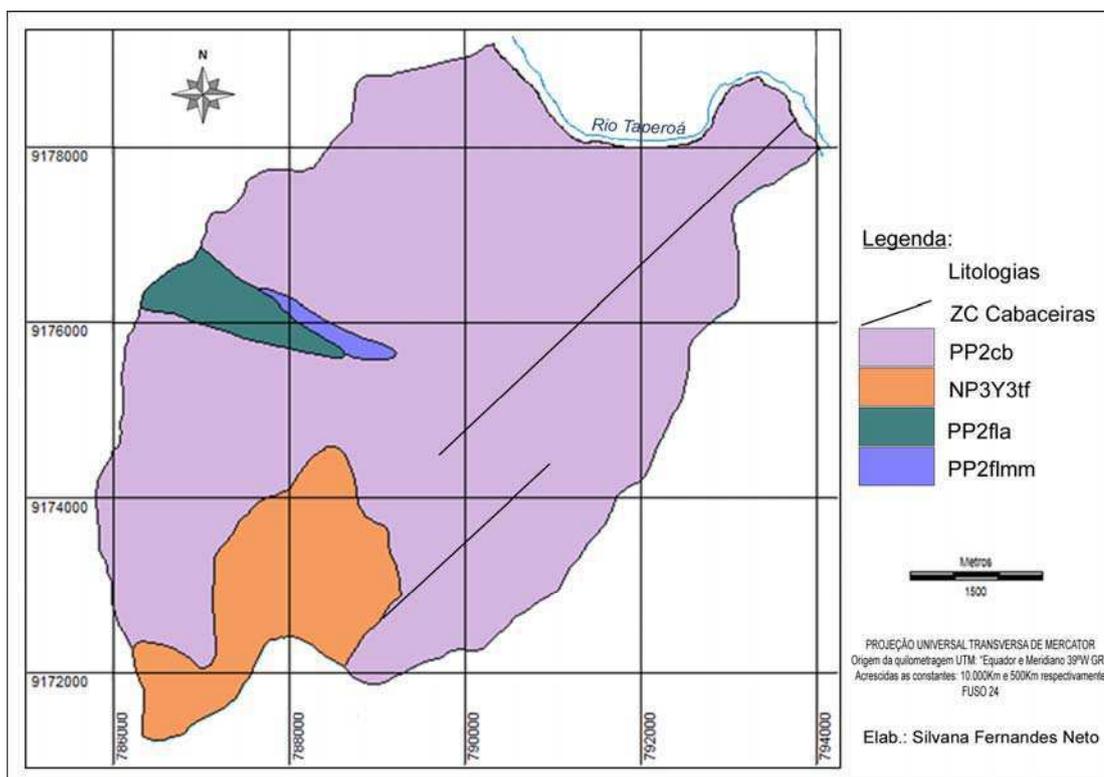
As rochas ocorrentes na microbacia pertencem a quatro tipos litológicos, sendo de duas unidades litoestratigráficas, conforme Tabela 04 e Figura 09 que segue:

Tabela 04. Composição geológica predominantes na microbacia.

Unidades Litoestratigráficas	Litologias	Área (ha)	Área (%)
Suíte Intrusiva Triunfo	NP3y3tf	442,83	11,78
Complexo Floresta	PP2cb	3.175,06	84,49
	PP2fla	111,20	2,96
	PP2flmm	28,80	0,77
Total	-	3.757,89	100

No setor do alto curso da microbacia, predominam as rochas pertencentes a Era do Proterozóico e Neoproterozóico (NP), de idade entre 635 a 545 Ma, sendo da Unidade Litoestratigráfica denominada de Suíte Intrusiva Triunfo, classificada quanto a nomenclatura de NP3y3tf. Essa unidade ocupa uma área de 442,83 ha, sendo 11,8% da microbacia, com litologia composta por Clinopiroxênio - quartzo - alcalifeldspato sienitos de coloração róseo com textura fanerítica fina a média, equigranular e fluidal (LAGES e MARINHO, 2012).

Figura 09. Mapa Geológico da microbacia Riacho Fundo.



Org.: FERNANDES NETO, Silvana.

No médio e baixo cursos, encontram-se rochas pertencentes a Era Paleoproterozóico (PP), de idade entre 2300 a 2050 Ma, sendo as mais antigas existentes na região. Essas rochas pertencem à Unidade Litoestratigráfica denominada Complexo Floresta, composto, basicamente por ortognaisses TTGs (BRITO NEVES *et. al.*, 2001).

No Complexo Floresta as litologias predominantes caracterizam-se por: PP2cb, composta de gnaisses bandados migmatíticos, augen gnaisses, anfibólitos e rochas metamáficas indiferenciadas (PP2fl); biotita, anfibólio ortognaisses migmatíticos, granoblasticos finos a médios, cinza (por vezes bandados), apresentando mesossomas com composição monzogranítica e granodiorítica, podendo conter granada no leucossoma. Unidade de Cabaceiras (PP2cb) com granulitos félsicos; anfibólitos, granada metagabros, metanoritos, metadioritos, leucognaisses. Formação ferrífera (PP2fla) e; rochas metacarbonáticas, incluindo forsteritadiopsídio mármores, escarnitos, rochas calciossilicáticas e porções anfibolíticas (PP2flmm) (LAGES e MARINHO, 2012).

Quanto aos dados estruturais, a microbacia está sobre uma linha de falha, ou zona de cisalhamento marcante, com direção NE-SW, a qual caracteriza a própria Província da Borborema, denominada de Zona de Cisalhamento Transcorrente, ou Z.C. Cabaceiras (LAGES e MARINHO, 2012). Nesta zona de falha, o Riacho Fundo encontra-se encaixado.

Marinho *et. al.* (2008) estudaram os aspectos petrográficos encontrados na região e identificaram, nessas linhas de falha, a ocorrência de corpos de diopsídio mármores associados à biotita-ortognaisses com intercalações de metamáficas, granada paragnaisses e metapiroxenitos.

Essas áreas de falhas são as principais contribuintes para o abastecimento do lençol freático. Saliata Singhal e Gupta (1999) que, em rochas cristalinas, o principal meio de ocorrência de águas subterrâneas é dado por intermédio do manto de intemperismo e discontinuidades, ou seja, juntas, falhas e planos de foliação.

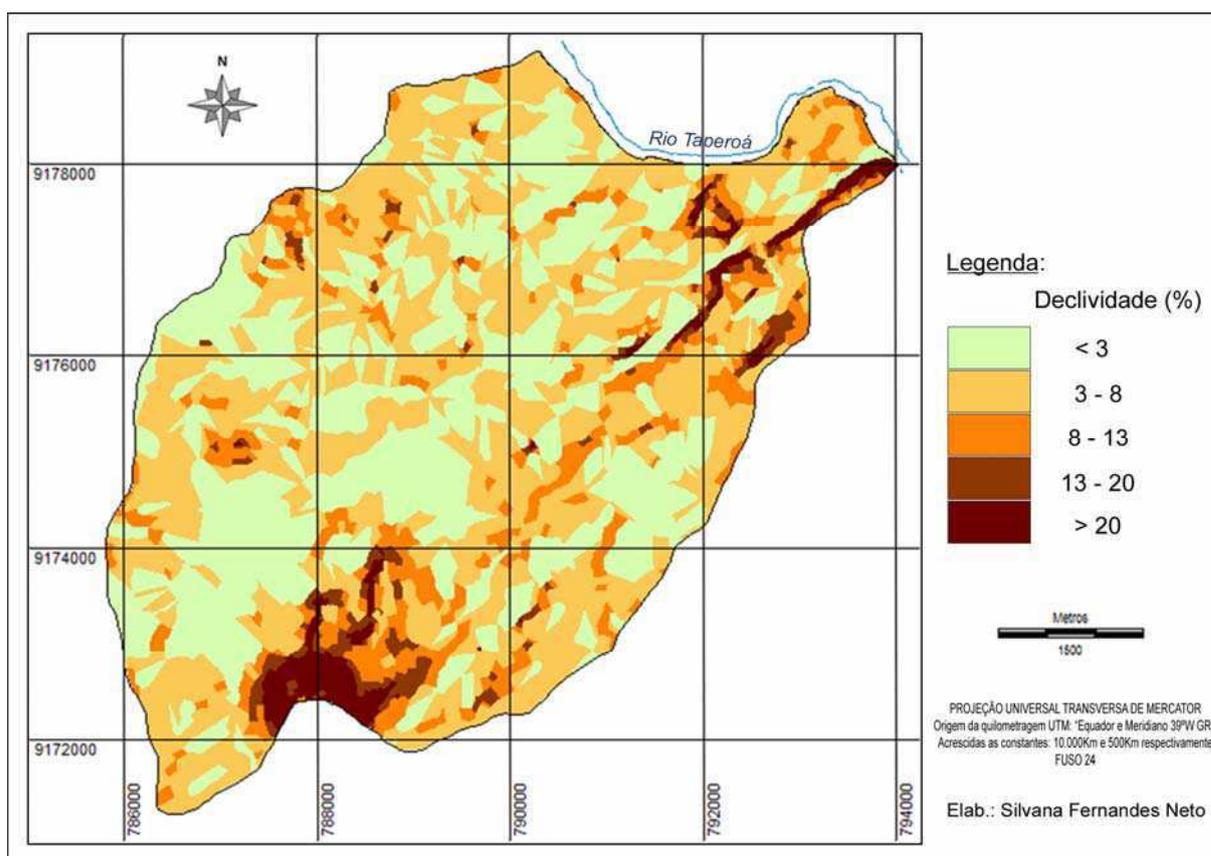
#### 4.6. Mapeamento clinográfico da microbacia

O fator clinográfico ou de declividade representa um dos atributos importantes, quando se trata de análise de vertentes. Essas, tendo um declive acentuado, estão mais propícias à ação dos processos erosivos e possuem restrições de usos.

As declividades representam as inclinações dos terrenos, em relação ao plano horizontal, sendo expressas em graus ou em porcentagem, e obtidas a partir da interpretação do comportamento das curvas de nível da área.

Na microbacia Riacho Fundo, foram definidas e quantificadas cinco classes de declividades, conforme informações que seguem na Tabela 05, sendo representadas em um mapa (Figura 10).

Figura 10. Mapa de Declividade da microbacia Riacho Fundo.



Org.: FERNANDES NETO, Silvana.

Tabela 05. Classes de declividade e tipo de relevo encontrado na microbacia.

<b>Classes</b>	<b>Intervalos (%)</b>	<b>Categoria</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Área (%)</b>	<b>Classificação do relevo</b>
I	< 3	Muito fraca	1.403,66	37,35	Plano
II	3 - 8	Fraca	1.681,85	44,76	Suave ondulado
III	8 - 13	Média	437,30	11,64	Moderadamente ondulado
IV	13 - 20	Forte	122,19	3,25	Ondulado
V	> 20	Muito Forte	112,89	3,00	Forte ondulado
Total	-		3.757,89	100,00	-

Foi possível observar que na microbacia, há o predomínio das inclinações variando entre 3 e 8%, constituindo a Classe II, ocupando 44,76% de toda a área, ou seja, 1.681,85 ha. Nessa classe, o declive é classificado como fraco, referindo-se a uma superfície suave ondulada, constituída por um conjunto de colinas extensas, apresentando pouca susceptibilidade à erosão.

A Classe I é caracterizada por uma topografia plana ou suavizada. É a segunda maior em representatividade na área, sendo 1.403,66 ha ou 37,35%, concentrando-se na porção do médio e alto curso da microbacia. Nesta superfície os desnivelamentos são muito pequenos, classificada na categoria de declive muito fraco, onde há pouca susceptibilidade à ocorrência de erosão, e sim de acumulação de material erodido das partes mais altas da microbacia.

As declividades estabelecidas pela Classe III caracterizam um declive médio, com relevo moderadamente ondulado. Aparecem em menor proporção, sendo apenas 11,64% da área, com maior representatividade no baixo e alto curso. Nessas áreas, a susceptibilidade a processos erosivos é maior, caso sejam submetidos a usos que ultrapassem os princípios conservacionistas.

As Classes IV e V estão classificadas na categoria de declive forte a muito forte, caracterizam um relevo ondulado a forte ondulado, respectivamente. Estão concentradas no baixo e no alto curso da microbacia, perfazendo 6,25% de toda a área, ou seja, 235,08 ha. Essas áreas apresentam forte susceptibilidade à ação erosiva, tendo o seu uso agrícola muito restrito. Encontra-se ainda um outeiro ou morrote com elevação acima de 50 m de altitudes (Figura 11).

Figura 11. Morrote que marca o relevo ondulado no alto curso da microbacia (ao fundo).



Fonte: a atora (Jul/2012).

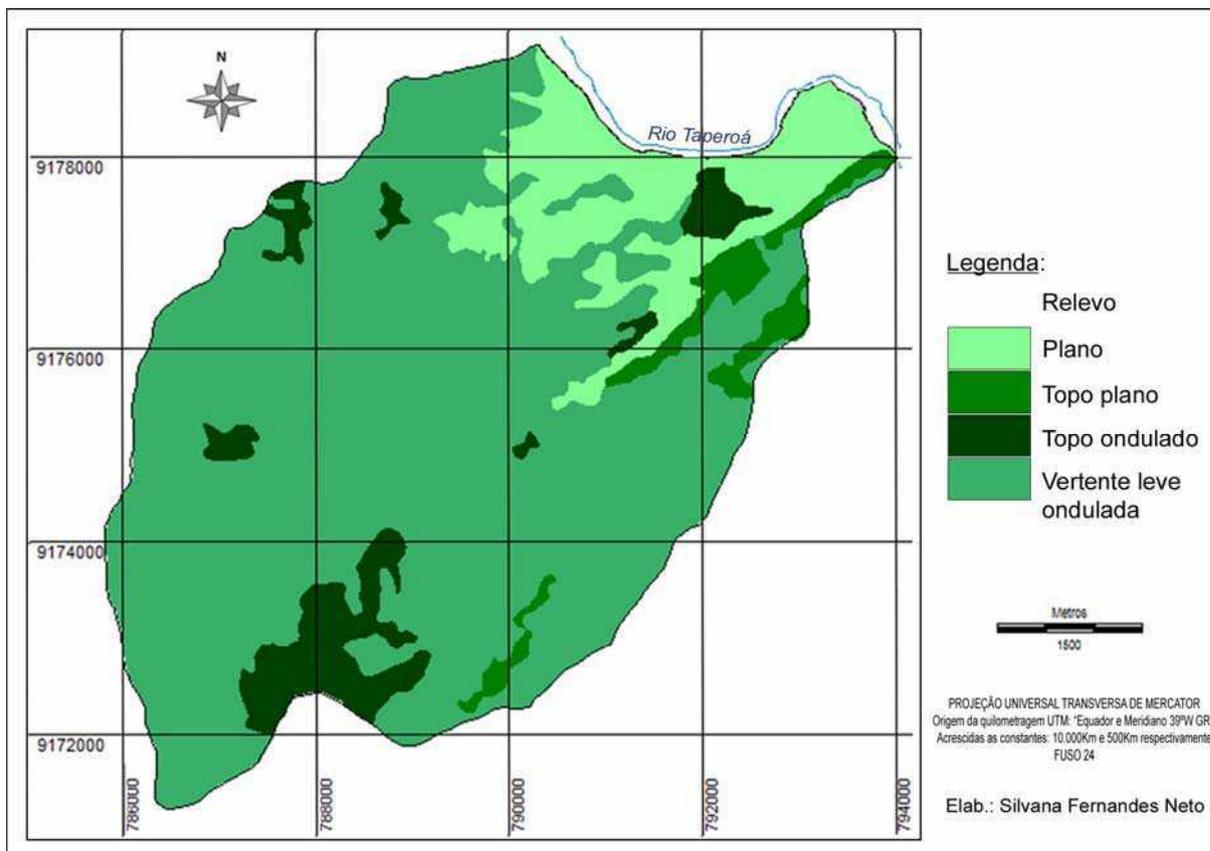
A marcação desse tipo de relevo, nessas áreas, pode ser devido à ocorrência das maiores elevações, chegando a 661 metros no divisor de águas do alto curso, e também, por marcarem uma Zona de Cisalhamento (ZC) que corta a microbacia e, ainda, por apresentarem as rochas mais resistentes, que compõem toda a microbacia.

#### **4.6. Mapeamento das unidades de relevo**

Entende-se como unidade de relevo, o conjunto de formas semelhantes, geneticamente homogêneas, individualizadas em razão de suas características morfológicas e morfométricas (GOULART, 2001).

Na microbacia, foram definidas duas unidades de relevo, sendo a Relevo Plano e a Relevo Ondulado, subdividida em três subunidades: topo plano; topo ondulado e vertente leve ondulado a ondulado, que se encontram representadas no mapa de unidades de relevo (Figura 12), conforme dados sumarizados na Tabela 06.

Figura 12. Mapa das Unidades de Relevo da Microbacia.



Org.: FERNANDES NETO, Silvana.

Tabela 06. Unidades de relevo predominante na microbacia Riacho Fundo.

Unidades	Subunidade	Área (ha)	Área (%)
Relevo Plano	-	481,28	12,81
	Topo plano	136,73	3,64
Relevo Ondulado	Topo ondulado	273,95	7,29
	Vertente leve ondulada	2.865,93	76,26
Total		3757,89	100,00

### Unidade - Relevo Plano

Esta unidade se localiza no setor do Médio e Baixo curso da microbacia. Suas altitudes variam de 397 a 425 metros, uma amplitude de apenas 28 metros. O relevo é plano, recobrendo uma área de 481,28 ha, ou seja, 12,81% de toda a microbacia Riacho Fundo.

Há nessas áreas o predomínio de declividade até 3% de inclinação, sustentados pela presença de uso com agricultura e pecuária extensiva. Também se encontra nessa unidade, grande parte das residências, que compõem o distrito da Ribeira.

Trata-se de uma área composta, basicamente, por solo de aluvião, que compõem as partes mais baixas da microbacia, o que favorece o cultivo de algumas culturas e criação de gado.

### **Unidade – Relevo Ondulado**

Esta unidade se caracteriza por estar localizada no setor do Médio e Alto curso da microbacia, com altitudes variando de 425 a 661 metros. O relevo é relativamente ondulado, recobrando uma superfície total de 3.276,61 ha, ou seja, de 87,19% de toda a área.

As declividades mais representativas nessa unidade variam de 3 a 8%, distribuídas por uma área de 1.490,47 ha.

Por se tratar de uma área com relevo ondulado, a pedologia predominante é composta de associações de solos Litólicos Eutróficos, Vertissolos e minerais ou Bruno não-cálcico, ou seja, solos pouco profundos, com textura argilosa ou arenosa, média cascalhenta, com substrato de gnaiss e granito e afloramentos rochosos.

### **Subunidade - Topo Plano**

Esta subunidade foi individualizada por representar as áreas com relevo praticamente plano, predominando as declividades menores que 3%, localizadas nas partes altas e planas, com altitudes próximas de 435 metros, no setor de Médio curso e de 475 metros no setor do Alto curso da microbacia.

Nestas áreas, encontram-se afloramentos rochosos em forma de lajedos, e predomínio de vegetação típica da caatinga, densa, muito usada para criação de pecuária extensiva.

### **Subunidade - Topo Ondulado**

Esta subunidade é constituída por áreas com topos ondulados, localizadas no médio e alto curso da microbacia. No médio curso, a amplitude altimétrica dos topos

atinge 30 metros, com declividades em torno de 8%. Já, nos topos que se encontram no alto curso, a amplitude chega a 180 metros, com declividade acima de 20%. Esse caracteriza um morrote, marcante na paisagem da área, que determina o ponto mais alto da microbacia, cuja altitude chega a 661 metros..

Os morrotes são elevações isoladas, que se destacam na paisagem, com topos arredondados, formados por rochas antigas, representantes do cristalino, característicos na região.

Há presença de processos erosivos, afloramentos de rochas e, também, predomínio de vegetação típica da caatinga, rala e densa, perfazendo 7,29% de toda a área, ou seja, 273,95 ha.

### **Subunidade - Vertente Leve Ondulada**

Esta subunidade é a que aparece com maior significância, por toda a microbacia, totalizando 2.865,93 ha, sendo 76,26% de toda a área.

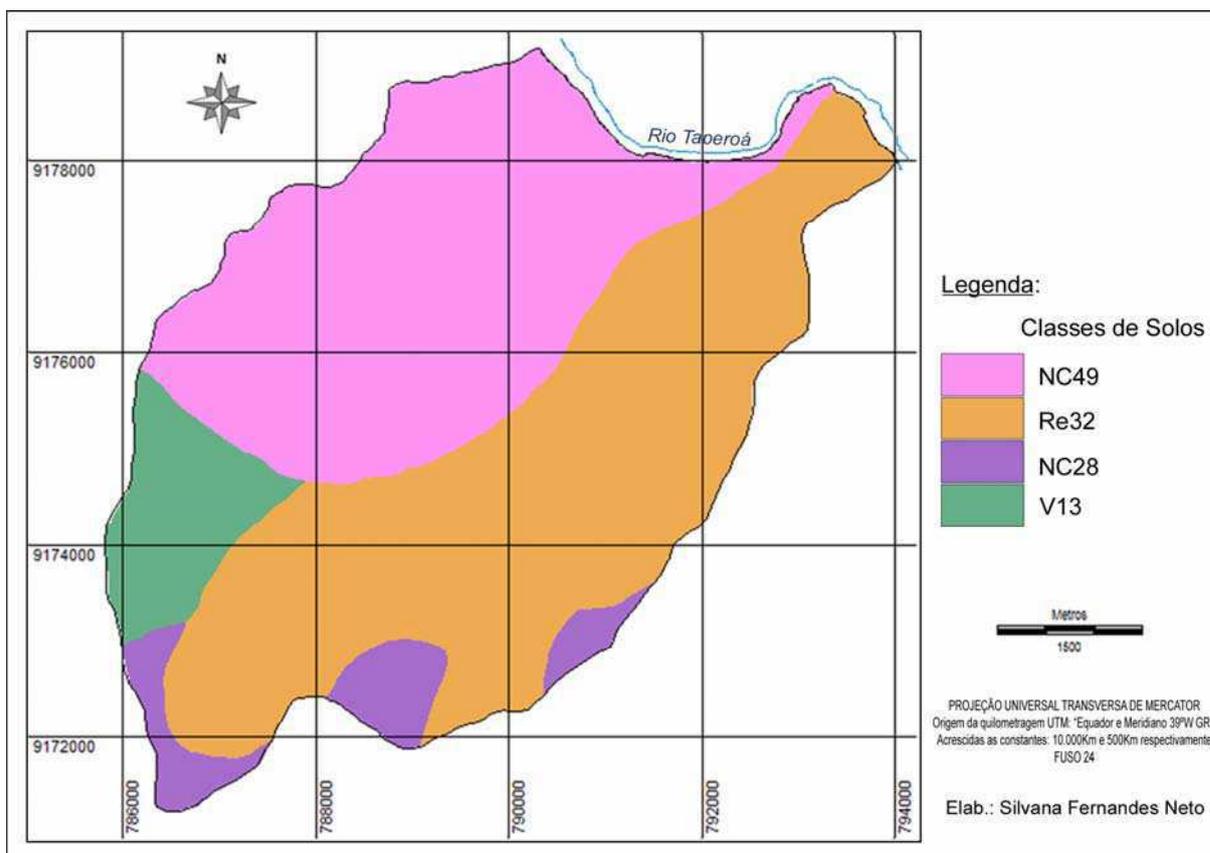
As declividades encontradas nesta subunidade variam de menor que 3% até 13% de inclinação. Nesta subunidade, encontra-se grande maioria das drenagens de 1ª, 2ª e 3ª ordem, bem como, os açudes existentes na microbacia.

O uso do solo encontrado varia com agricultura, pecuária, vegetação de caatinga rala e densa, presença de processos erosivos e afloramentos de rocha. Ainda, é nessa subunidade que se encontra grande parte das residências, que compõem o distrito da Ribeira.

## **4.8. Classificação pedológica da microbacia**

Na microbacia, foi possível identificar e quantificar quatro classes de solos predominantes, que se encontram representados no mapa de solos (Figura 13), e dispostos na Tabela 07.

Figura 13. Mapa de Solos predominantes na microbacia Riacho Fundo.



Org.: FERNANDES NETO, Silvana.

Tabela 07. Classes de solos encontrados na microbacia Riacho Fundo.

Classes de solos	Área (ha)	Área (%)
Re32	1.754,15	46,68
NC49	1.495,69	39,80
V13	286,41	7,62
NC28	221,54	5,90
<b>Total</b>	<b>3.757,79</b>	<b>100,00</b>

Os solos da classe Re32, são os denominados de Litólicos eutróficos, recobrem praticamente metade da área da microbacia, cerca de 46% da mesma. São solos pouco desenvolvidos (não hidromórficos), representando uma associação de solos litólicos eutróficos com A fraco, textura arenosa e/ou média, fase pedregosa e rochosa, com substrato gnaisse e granito, mais afloramentos de rochas.

Os solos pertencentes à classe NC49, também chamados de Bruno não cálcico, recobrem uma área de 1.495,69 ha na microbacia, com horizonte B textural e argila de atividade alta (não hidromórfico).

Os classificados como V13, são os Vertissolos, contendo elevados teores de argila (acima de 30%) e imperfeitamente drenados.

Os solos pertencentes à classe NC28, denominados de Bruno não cálcico, aparecem em menor proporção, apenas 5,9%. Têm horizonte B textural e argila de atividade alta (não hidromórfico). Compreendem uma associação de Bruno não cálcico vértico, com A fraco, textura argilosa, fase pedregosa mais solos litólicos eutróficos com A fraco, textura arenosa e/ou média fase pedregosa.

Objetivando-se obter maiores detalhes, quanto às propriedades físicas e químicas dos solos existentes, bem como, caracterizar a microbacia quanto à pedologia predominante, realizou-se uma amostragem de 7 pontos de coletas simples, distribuídos por toda área da microbacia.

Em cada ponto de coleta, foram extraídas duas amostras, nas profundidades de 0 a 10 cm e de 10 a 20 cm, totalizando 14 amostras simples no total.

Dentre os parâmetros físicos e químicos analisados nas amostras de solos, para os resultados, foram ainda calculadas a capacidade de troca catiônica (CTC) e a soma de bases trocáveis (SB), conforme disposição no Quadro 03.

Quadro 03. Parâmetros físicos e químicos de cada ponto de coleta de solo, na profundidade de 10 e 20 cm.

	Ponto 1		Ponto 2		Ponto 3		Ponto 4		Ponto 5		Ponto 6		Ponto 7	
<b>SOMA DAS BASES (SB)</b>	14.41	19.01	26.74	34.6	20.35	17.08	10.02	10.35	42.83	45.19	7.69	8.73	32.66	29.44
<b>V=(SB/CTC)*100</b>	100	100	100	100	100	100	90.51	93.08	100	100	68.85	71.62	100	100
<b>PSI = (Na/T)*100</b>	2.08	2.37	2.02	1.59	0.93	1.64	8.13	8.09	1.87	4.03	11.37	20.26	1.47	1.46
<b>CLASSIFICAÇÃO</b>	<b>CEes</b>	<b>PST = PSI</b>	<b>pHps</b>											
<b>SEM PROBLEMA</b>	< 4	< 15	< 8,5											
<b>SALINO</b>	> 4	< 15	< 8,5											
<b>SALINO-SÓDICO</b>	> 4	> 15	≤ 8,5											
<b>SÓDICO</b>	< 4	> 15	≥ 8,5											

De maneira geral, conforme resultados das análises dos solos, pode-se dizer que na microbacia Riacho Fundo, predominam solos francos, ou seja, onde as

frações de areia, silte e argila, se encontram em equilíbrio. São solos geralmente férteis, arejados e fáceis de manejar.

Ainda, caracterizam-se por serem eutróficos e não salinos, e por terem boa fertilidade e porosidade, sendo susceptíveis à ação dos processos erosivos, desde que não manejados corretamente.

#### **4.9. Mapeamento do uso/ocupação atual da terra da microbacia**

A exploração extrativista de muitos recursos naturais, existentes em nosso país, ainda é uma atividade geradora de renda de muitas famílias brasileiras. Mas esta exploração, sendo realizada sem qualquer planejamento e controle, passa a causar danos e efeitos drásticos ao meio ambiente, difíceis de serem contornados.

Na região semiárida do Nordeste brasileiro, a vegetação da caatinga vem enfrentando sérios problemas, em virtude da exploração da lenha para abastecer padarias, carvoarias, olarias, fábricas em geral, madeiras, consumo doméstico, limpezas de áreas para cultivo e exploração pecuária.

Esses problemas, aliados à deficiência hídrica existente na região, acabam agravando, ainda mais, a vulnerabilidade natural do ambiente.

Autores como Schnell (1961) e Foury (1982) defendem que os parâmetros climáticos e edáficos são os maiores responsáveis pelos diferentes aspectos fisionômicos da caatinga, mas que os fatores antrópicos devem ser considerados na sua diversidade.

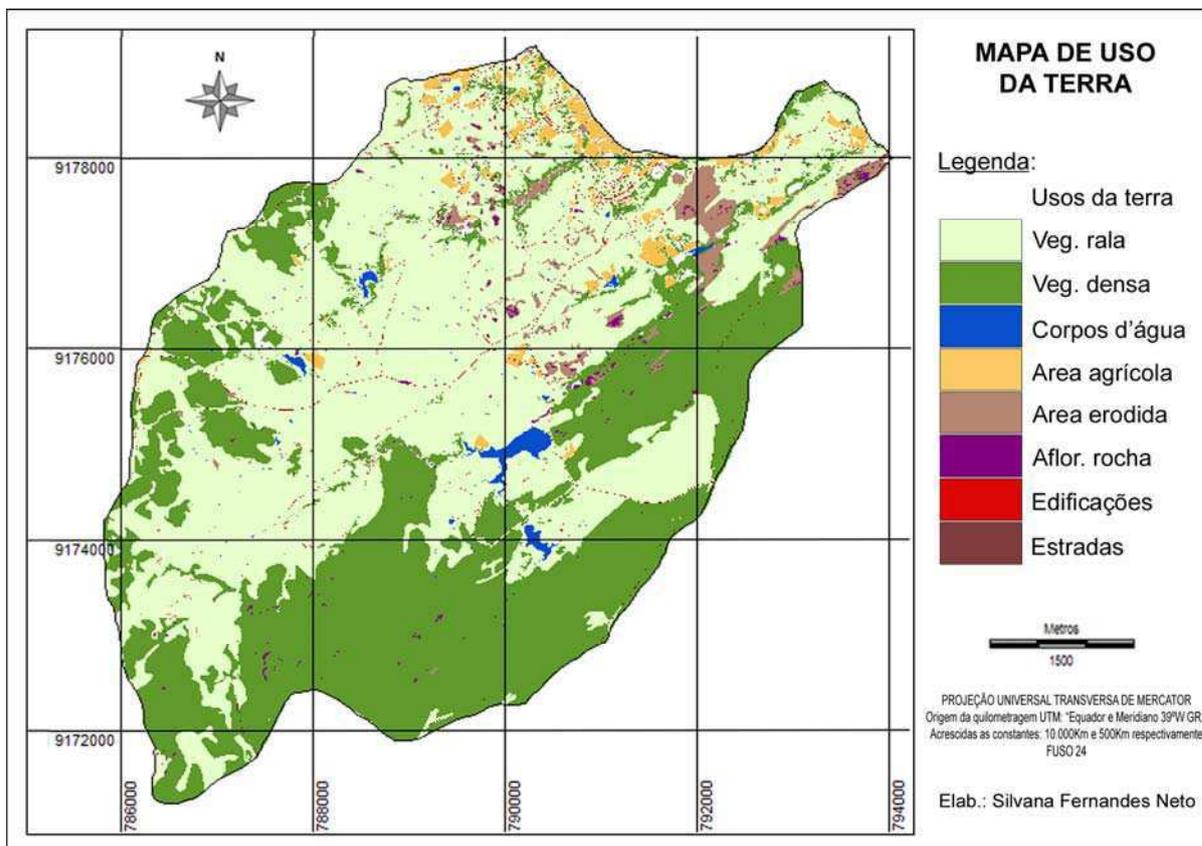
Leal *et al.* (2005) relatam que a atividade humana não sustentável, com a agricultura de corte e queima tem levado ao empobrecimento ambiental da caatinga em larga escala, pois converte, anualmente, remanescentes de vegetação em culturas de ciclo curto, o corte de madeira para lenha, a caça de animais e a contínua remoção da vegetação para a criação de bovinos e caprinos.

Defendem Nascimento e Alves (2008) que a reconstituição da floresta primitiva, raramente, é possível por diversas razões: desaparecimento do ambiente microclimático do sub-bosque, que permitiria a vida e a regeneração das espécies florestais; extrema lentidão do crescimento das espécies lenhosas; degradação dos solos e das condições hídricas em consequência dos desmatamentos.

Salienta Alves, Araújo e Nascimento (2009) que na caatinga há uma grande diversidade de vida e um acentuado grau de endemismo, mas ainda precisa ser estudada mais detalhadamente para suprir as carências de informações sobre esse bioma. A falta de dados atualizados e estudos contínuos prejudica o desenvolvimento da conservação ambiental da caatinga.

Com base na interpretação da imagem de satélite de alta resolução, que recobre a microbacia Riacho Fundo, foi possível definir e quantificar oito classes de usos, sendo: vegetação rala e densa, áreas agrícolas e erodidas, corpos d'água, afloramentos, edificações e estradas, sendo representados no mapa de uso e ocupação das terras da microbacia (Figura 14), conforme quantificação dos usos, dispostos na Tabela 08.

Figura 14. Mapa de Uso/Ocupação Atual da Microbacia.



Org.: FERNANDES NETO, Silvana.

Tabela 08. Quantificação dos dados de usos/ocupação da terra na microbacia Riacho Fundo.

<b>Classificação</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>%</b>
Vegetação Rala	1.990,20	52,96
Vegetação Densa	1.499,66	39,91
Corpos d'água	32,81	0,87
Área agrícola	88,15	2,35
Área erodida	31,96	0,85
Afloramento rochoso	88,46	2,35
Edificações	2,87	0,08
Estrada	23,80	0,63
<b>Total</b>	<b>3.757,89</b>	<b>100.00</b>

#### **4.9.1. Vegetação rala**

As áreas definidas com a presença de vegetação rala são aquelas onde predominam espécies típicas da caatinga, compostas por vegetação hiperxerófilas, com plantas herbáceas e arbustivas.

A vegetação dessas áreas caracteriza-se por ser ralas ou espalhadas, com porte baixo, de caráter seco e resistente a grandes períodos de estiagem, típicas de solos pedregosos, rasos e de pouca fertilidade (Figuras 15 e 16).

Figuras 15 e 16. Presença de vegetação rala, no baixo e alto curso da microbacia.



07°25' 39,6"S 36°20' 47,0"W



7°25'53,5"S 36°23'19,0"W

Fonte: a autora (Jul/2012).

Essa vegetação ocupa 52,96% da microbacia, ou seja, 1.990,20 ha, concentrada, basicamente na porção central ou no médio-baixo curso da microbacia.

Talvez o predomínio da vegetação rala nessas áreas, é devido ao fato de terem maiores influências da ocupação, já que na região, uma característica marcante, ao longo dos tempos, tem sido a criação de gado e também a exploração da madeira, como fonte de renda. Ainda se encontra grande número de residências e pequenas propriedades rurais, nessas áreas.

A substituição da vegetação nativa por áreas de pastagens, limpeza de áreas e também a extração de madeira para produção de carvão, ainda são atividades presentes na microbacia, conforme pode ser observado nas Figuras (17 e 18).

Figuras 17 e 18. Desmatamento para limpeza da área e fabricação de carvão.



7°27'49,0"S 36°23'40,9"W  
Fonte: a autora (Nov/2011).



7°27'48,3"S 36°23'37,8"W

Essa problemática do ambiental vem se repetindo, desordenadamente ao longo dos tempos. Evidenciam Alves, Araújo e Nascimento (2009), quanto à ocupação ocorrida no semiárido nordestino, desde o século XVII, pela expansão da pecuária extensiva em campo aberto, onde os criadores de gado usavam a queima do pasto, antes da estação das chuvas, para facilitar o brotamento do mesmo, lançando nas áreas uma grande quantidade de animais (bovinos, caprinos e ovinos), acima da capacidade de suporte das mesmas.

Dentre as espécies de vegetação herbáceas e arbustivas, mais comuns encontradas, destacam-se: Marmeleiro (*Croton sonderianus*); Pinhão bravo (*Jatropha molissima*); Catingueira (*Caesalpinia pyramidalis*). Ainda, variedades de cactáceas: Coroa-de-frade (*Melanocactus brasiliensis*); Facheiro (*Pilocereus sp*);

Mandacaru (*Cereus jamacaru*); Xique-xique (*Pilocereus gounellei*); Palmatória de espinho (*Opuntia palmadora*) e, também é frequente a presença de algumas bromeliáceas Caroá (*Neglaziovia variegata*) e Macambira (*Bromelia laciniosa*), típicas de áreas com déficit hídrico, entre outras espécies.

#### 4.9.2. Vegetação densa

As áreas classificadas como vegetação densa, são aquelas compostas por três estratos típicos da caatinga: herbáceo, arbustivo e arbóreo, os quais se caracterizam por ser uma vegetação com predomínio de espécies de pequeno e médio porte, densa e resistente a períodos de estiagem (Figuras 19 e 20).

Essa vegetação recobre uma área de 1.499,66 ha, ou seja, 39,91% do total da microbacia.

Figuras 19 e 20. Vegetação densa, com destaque a uma Baraúna.



7°27'10,3"S 36°23'53,3"W  
Fonte: a autora (Mai/2012).



7°27'07,0"S 36°23'34,4"W

A presença dessa vegetação é ocorrente em áreas situadas nas maiores altitudes, concentrando-se na porção a montante da microbacia e também próximo às drenagens, como no caso das Algarobas (*Prosopis juliflora*) (Figuras 21 e 22).

Figuras 21 e 22. Concentração da espécie algaroba na beira da drenagem.



7°25'50,5"S 36°21'30,7"W  
Fonte: a autora (Jun/2011).



7°25'47,3"S 36°21'28,5"W

Entre as espécies classificadas como densas, tem-se além das herbáceas e arbustivas, sendo o Marmeleiro, Pinhão bravo, Catingueira, Coroa-de-frade, Facheiro, Mandacaru, Xique-xique, Palmatória, Caroá, Macambira, entre outras; também, as arbóreas, sendo: Angico (*Anadenanthera columbrina*); Aroeira (*Myracrodruon urundeuva*); Baraúna (*Shinopsis brasiliensis*); Craibeira (*Tabebuia caraíba*); Jurema preta (*Mimosa tenuiflor.*); Pereiro (*Aspidosperma pyrifolium.*); Juazeiro (*Zizyphus joazeiro*) e; Umbuzeiro (*Spondias tuberosa*).

A ocorrência dessa vegetação densa, talvez possa ser explicada, por se situar, em sua grande maioria, em uma área de domínio particular, na qual o proprietário não explora suas terras, ou também por estar sobre uma área de difícil acesso, com declividades acima de 13% e com presença de afloramentos de rochas, que servem, muitas vezes, de proteção dessas espécies e, ainda, por estarem próximas às drenagens.

Salienta-se ainda que a algaroba é uma espécie exótica, originária do Peru e que se adaptou e expandiu ligeiramente na região. É considerada uma planta invasora, e foi implantada na região, com intuito de plantio comercial, e sua dispersão vem ocorrendo tanto pela própria regeneração natural como pela dispersão por sementes nas fezes dos animais.

Conforme Oliveira (2006), a algaroba foi introduzida no nordeste brasileiro com a finalidade de, em época de escassez de forragem, ser mais uma opção de alimento para os rebanhos. Porém, o manejo incorreto e a falta de conhecimento da

ecologia da espécie fizeram com que a mesma se disseminasse por todo o semiárido.

Apesar de a espécie ser boa produtora de forragem e lenha, a mesma causa alguns receios, pois se disseminam rapidamente, principalmente junto à rede de drenagem, e isso causa impactos que talvez possam representar um problema maior para a conservação da biodiversidade da Caatinga.

Mas a caatinga é muito rica, diversificada, onde suas espécies vegetais chamam a atenção pelo poder de adaptação às condições adversas do semiárido, onde que através de suas folhas pequenas, espinhos, galhos retorcidos e raízes profundas, buscam o seu sustento.

Destaca Duque (2004) que a caatinga é um complexo vegetativo *sui generis*, diferente das associações vegetais das outras partes semiáridas do mundo, é um museu de preciosidades, um laboratório biológico de imenso valor, que urge ser preservado como fonte de espécies botânicas para estudos e aproveitamento futuros em benefício dos brasileiros e da humanidade.

Silva *et al.* (2004) ressalva ainda que apesar de a caatinga ser a única grande região natural brasileira, cujos limites estão inteiramente restritos ao território nacional, pouca atenção tem sido dada a sua conservação.

#### **4.9.3. Corpos d'água**

As áreas definidas como corpos d'água, são as representadas pela lâmina d'água dos açudes e barreiros. Essas áreas são pouco expressivas e recobrem apenas 32,81 ha, ou seja, 0,87% da microbacia.

Os açudes e barreiros localizam-se na porção médio e baixo curso da microbacia. Pode-se dizer que a localização dos corpos d'água nesses dois setores é devido à concentração de residências nessas áreas.

Um dos maiores açudes encontrados na microbacia é o denominado Olho D'água e se encontra totalmente seco, devido ao período prolongado de estiagem, que vem se estendendo já a quase um ano (Figura 23).

Figura 23. Açude Olho D'água no período de estiagem.



7°27'17,9"S 36°22'07,2"W

Fonte: trabalho campo (Fev/2013).

As águas desses corpos d'água são utilizadas, em sua totalidade, para dessedentação animal, pois para irrigação de culturas agrícolas, que são muito poucas, utilizam-se águas provindas de alguns poços perfurados nas residências rurais ou de cacimbas construídas na margem do Rio Taperoá.

Salienta Galvêncio (2006) que o semiárido está situado próximo ao equador, com altas temperaturas durante o ano todo, ventos fortes e baixas umidades do ar. Tudo isto contribui para alta evaporação potencial. Assim, caso as barragens e corpos d'água não sejam suficientemente profundas, certamente estarão vazias em poucos meses após o final das chuvas. A porção de água da chuva que se infiltra no solo, em parte é protegida da evaporação. Depois de uma chuva forte, a água se mantém na subsuperfície, por semanas e até meses, favorecendo algumas plantas que, através de suas raízes, beneficiam-se dessa umidade para sua sobrevivência.

#### **4.9.4. Área agrícola**

As áreas individualizadas como agrícolas foram aquelas onde se encontravam com algum tipo de cultura ou preparadas para o cultivo. São pouco expressivas na microbacia, abrangendo uma área de 88,15 ha, sendo 2,35% do total.

As principais culturas encontradas foram milho (*Zea mays*) coco (*Cocos nucífera*) e banana (*Musa paradisiaca*) (Figuras 24 e 25).

Figuras 24 e 25. Cultivo de milho e coco.



7°25'46,6"S 36°21'34,6"W  
Fonte: a autora (Jun/2011).



7°27'50,5"S 36°23'41,6"W

A baixa densidade de culturas pode ser, devido a região ser destaque no cenário estadual, pela produção coureira, onde grande parte da população que lá reside, sobrevive trabalhando em pequenos curtumes e em uma cooperativa que transforma o couro em produtos artesanais, para serem vendidos na região e também em outros municípios e Estados brasileiros.

#### 4.9.5. Área erodida

As áreas individualizadas como erodidas, são todas aquelas marcadas pela presença de algum tipo de ação de processo erosivo, seja por erosão laminar, em sulcos ou em ravinas. Essas áreas recobrem 31,96 ha, localizadas, principalmente na região do alto curso (Figuras 26 e 27) da microbacia.

Figuras 26 e 27. Processo de erosão laminar próximo à estrada e drenagem.



7°25'57,9"S 36°23'24,4"W  
Fonte: a autora (Jun/2012 e Nov/2011).



7°27'47,6"S 36°23'34,7"W

O processo de erosão laminar pode estar associado ao escoamento superficial difuso das águas de chuva, como no caso das Figuras 26 e 27, que retratam a ação erosiva na beira de uma estrada e no interior de uma propriedade rural, sobre solos frágeis, resultando na remoção progressiva e relativamente uniforme dos horizontes superficiais do solo. Já a erosão em sulcos, ou em ravinas, é a causada pela concentração das linhas de fluxo das águas de escoamento superficial, nas áreas com topografia rebaixada, resultando em pequenas incisões na superfície do terreno.

#### **4.9.6. Afloramento rochoso**

As áreas ocupadas com afloramentos rochosos foram consideradas todas aquelas em que as rochas se encontravam expostas.

Estas áreas recobrem 88,46 ha da microbacia, predominantemente encontradas no setor do baixo e alto curso, onde se encontram rochas cristalinas, aflorando em forma de blocos e lajedos (Figuras 28 e 29).

Figuras 28 e 29. Afloramento de rocha em forma de blocos.



7°25'11,6"S 36°22'23,7"W  
Fonte: a autora (Mai/2012).



7°25'45,7"S 36°21'13,5"W

#### **4.9.7. Edificações**

As edificações encontram-se distribuídas por quase todo a microbacia, tendo maior concentração na sede do distrito da Ribeira; ocupam uma área equivalente a 2,87 ha, totalizando 352 edificações ou unidades construídas.

Pode-se dizer que a sede do Distrito, se encontra bem estruturada, composta por ruas calçadas, igreja, escola e comércio. Ainda, é onde concentra maior número de habitantes da Ribeira (Figuras 30 e 31).

Figuras 30 e 31. Distrito da Ribeira (Sede) e presença de casas abandonadas nas proximidades.



7°25'56,5"S 36°21'44,7"W  
Fonte: a autora (Jun/2011).



7°25'47,7"S 36°21'33,7"W

#### 4.9.8. Estradas

As vias de acesso, sendo estradas e caminhos da microbacia ocupam uma área de 23,80 ha, cerca de 0,60% do total da área. Encontram-se em mal estado de conservação, estreitas, com muitos buracos, sem vala lateral ou sarjetas, sem bueiros ou drenos, com plantas invadindo as vias, entre outros (Figuras 32 e 33).

Figuras 32 e 33. Estradas não pavimentadas de acesso ao distrito da Ribeira.



7°25'45,5"S 36°21'28,7"W  
Fonte: a autora (Jun/2011 e Mai/2012).



7°27'00,8"S 36°22'51,5"W

Os problemas que envolvem as vias de acesso são agravados no período chuvoso, pois não tendo por onde escorrer a água, seu fluxo concentra no leito, favorecendo ação da erosão laminar, que carrega sedimentos para as áreas mais baixas, agravando os problemas ambientais.

Conforme enfatiza Pruski *et al.* (2006), que mais de 90% das estradas brasileiras não são pavimentadas e a erosão provocada pela água no leito e nas suas margens é um dos principais fatores para a sua degradação. As estradas vicinais de terra são responsáveis por perda anuais de solo em mais de 100 milhões de toneladas. Calcula-se que 70% deste solo devem chegar aos mananciais em forma de sedimentos transportados pelas enxurradas.

As estradas vicinais de terra são de fundamental importância econômica e social para as comunidades rurais, pois exercem função de conexão, estabelecendo a ligação entre as comunidades produtoras e consumidoras, bem como por onde circulam mercadorias e mercados.

Uma manutenção simples resolveria grande parte dos problemas. Boas estradas permitem o tráfego a qualquer hora, dão segurança aos usuários, reduzem os custos de transportes, favorecem o desenvolvimento de comunidades, propicia o bem estar à população, melhora a arrecadação municipal, entre outros benefícios.

#### **4.10. Zoneamento geoambiental a partir da aptidão de uso/ocupação da terra**

O zoneamento geoambiental da microbacia foi obtido a partir da análise da aptidão de uso da terra da microbacia, levando em consideração o coeficiente de rugosidade, tipo de solo, entre outros fatores.

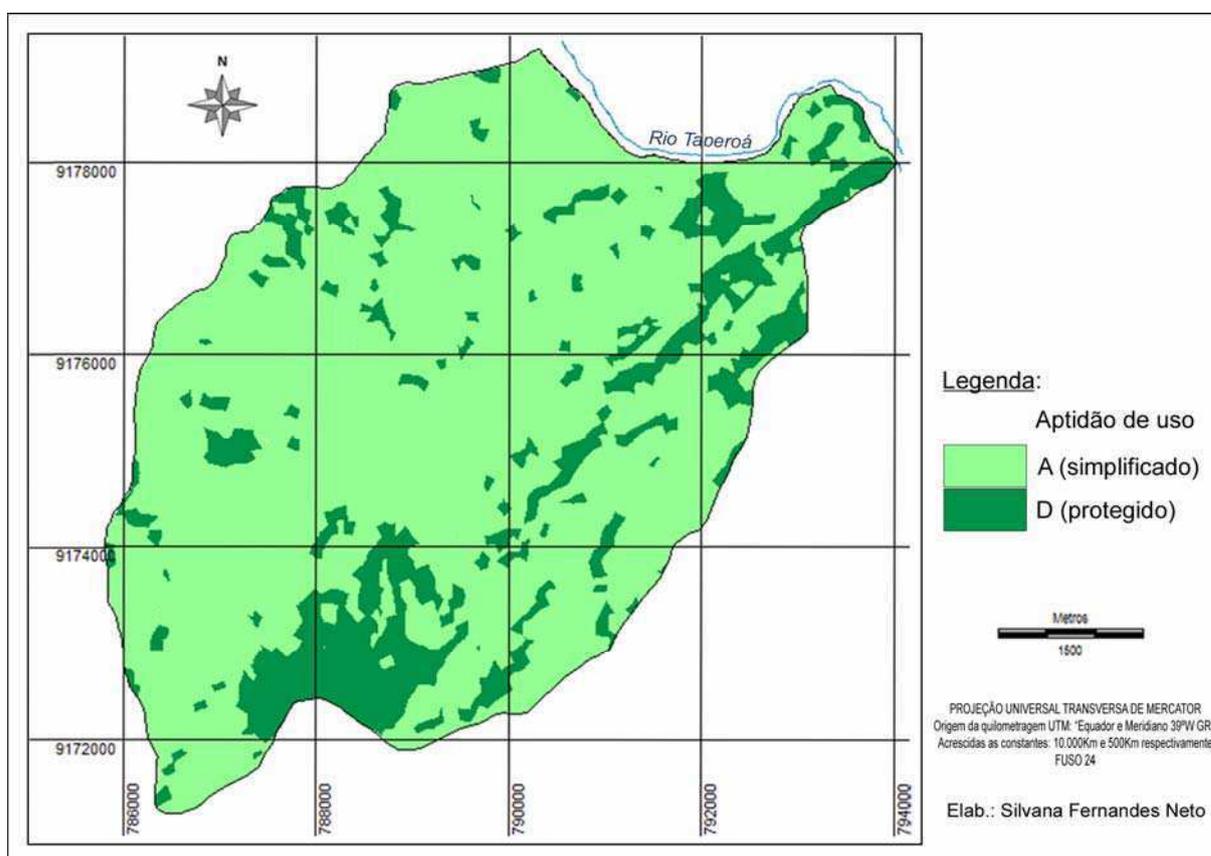
Foi possível definir para a microbacia Riacho Fundo, cinco unidades ou zonas de usos diferenciadas, sendo que essas integram apenas duas classes de aptidão, conforme dados dispostos na Tabela 09, representadas no mapa de aptidão de usos (Figura 34).

Tabela 09. Classes de aptidão das terras por zonas de usos.

Zonas de Usos	Declividade (%)	Densid. Dren. (m/ha)	CR	Classes Aptidão
I	37,35	30,57	11,42	A
II	44,76	20,27	9,07	A
III	11,64	8,22	0,96	D
IV	3,25	5,57	0,18	D
V	3,00	3,33	0,10	D

A: uso simplificado ( $\Delta$ CR 8,59 a 11,42); B: uso moderado ( $\Delta$ CR 5,76 a 8,59);  
C: uso limitado ( $\Delta$ CR 2,93 a 5,76); D: protegido ( $\Delta$ CR 0,10 a 2,93). Fonte: a autora.

Figura 34. Mapa de Aptidão de Uso da Terra da Microbacia Riacho Fundo.



Org.: FERNANDES NETO, Silvana.

Na microbacia, há o predomínio de apenas duas classes de aptidão de usos, sendo A, caracterizando uma área, cuja aptidão referencia para uso simplificado e D, de uso protegido, conforme descrição que segue:

## **Aptidão de Uso Simplificado - Classe A**

Estão compreendidas, nessa categoria de aptidão de uso, unidades de zoneamento I e II, definidas, na classe A, ou seja, para uso simplificado.

Nesta classe estão as áreas passíveis de instalações ou construções de técnicas de contenção de solo e água, junto às áreas de aluviões, onde concentram material inconsolidado, provindo das partes mais altas da microbacia. Como exemplo tem-se algumas técnicas de captação de água e solo, como o uso de barragens subterrâneas, barreiras com pneus usados e poços amazonas. Essas técnicas barram os solos que no período de chuva, escoam junto com a água, ainda, proporcionam uma umidade no solo, por 3 a 4 meses, mesmo no período de estiagem, permitindo o cultivo de capineiras, entre outros produtos agrícolas, beneficiando o pequeno produtor rural, com alternativas de cultivo e fonte de água.

Ainda, nessa categoria de uso, é susceptível à utilização com culturas anuais e perenes, criação de pecuária, pastagens e/ou reflorestamento e vida silvestre, sendo cultiváveis com práticas simples de manejo e conservação.

As declividades encontradas variam até 8%, perfazendo 82,1% de toda a microbacia, ou seja, 3.085,5 ha, retratando um relevo plano a suave ondulado. Em conjunto a essa declividade, têm-se rampas, com comprimento médio em torno de 105 metros e amplitudes em torno de 20 metros, marcando uma topografia com colinas amplas.

Essas colinas amplas, não favorecem tanto a ação de processos erosivos, conforme expressa os valores dos coeficientes de rugosidade para a classe A, sendo os maiores encontrados na microbacia. Com isso, o escoamento superficial se dá em menor velocidade, beneficiando assim, a infiltração das águas.

Os solos predominantes nessa classe de aptidão são do tipo Litólicos eutróficos e Bruno não cálcico, classificados como não hidromórficos, francos, não salinos, geralmente férteis, com afloramentos de rochas. Nesses solos os principais fatores limitantes de utilização, são: deficiência de umidade, pedregosidade e susceptibilidade aos agentes intempéricos.

Apesar dos fatores apontarem para áreas pouco susceptíveis a processos erosivos, sempre se deve ter o cuidado em utilizar técnicas de conservação do solo para o cultivo e rotação de cultura, para evitar danos ambientais futuros.

Salientam Resende *et. al.* (1996) que a declividade é um parâmetro importante da leitura da paisagem, uma vez que, isoladamente, pode expressar a vulnerabilidade ambiental, em termos de susceptibilidade à erosão hídrica, sendo um dos principais fatores determinantes da capacidade de uso das terras.

Não se deve deixar de lado a cobertura natural do solo, predominante nessas unidades, sendo um fator primordial para biodiversidade da região, pois há o predomínio de caatinga rala e densa, com uma diversidade de espécies, herbáceas, arbustivas e arbóreas, que contribuem e muito no processo de infiltração das águas, barrando o escoamento superficial e, conseqüentemente, a ação erosiva.

Enfatiza-se a importância de se realizar um plano de manejo e recomposição florestal, tanto para as áreas de cabeceiras de drenagens, divisores de água, bem como, para as áreas com presença de vegetação rala, ou áreas desflorestadas, sendo com utilização de espécies nativas da região.

Conforme Oliveira Jr e Dias (2005), a cobertura florestal tem um papel hidrológico de fundamental importância ambiental, resultado de uma rede de interações, em que a vegetação em geral, permite a infiltração e armazenamento temporário de água no solo e controla a ação dos processos erosivos, conservando os solos e regulando a vazão dos rios.

### **Aptidão de Uso Protegido - Classe D**

Nesta classe de aptidão de uso, estão compreendidas as unidades de zoneamento III, IV e V, classificadas na classe D ou áreas de uso protegido, restrito, sendo prioritariamente permitida a utilização como abrigo e proteção de fauna e flora silvestre, ou ainda, como ambiente para recreação, ou para fins de armazenamento de água. São áreas impróprias para o cultivo agrícola, pastagem ou reflorestamento.

Ocupam 672,38 ha de área da microbacia, ou seja, 17,9% da mesma. O relevo predominante nestas unidades varia de moderadamente ondulado a forte ondulado, com declividades que variam acima de 8% de declive.

Em conferência aos dados de coeficiente de rugosidade, têm-se os menores valores para essa classe de aptidão, representando áreas sujeitas a maiores riscos de processos erosivos, principalmente se ocorrer à supressão da cobertura vegetal existente, que serve de proteção natural.

Analisando as vertentes predominantes, possuem um comprimento em torno de 235 metros com uma amplitude variando em 30 metros, chegando a atingir 210 metros de comprimento, com amplitude em torno de 150 metros, no topo do divisor de águas, a montante da microbacia.

Esses fatores referentes à extensão média das vertentes, representando áreas íngremes, podem refletir em alagamentos, ou concentrações de águas nas partes mais baixas, em dias de chuvas intensas, em função da menor possibilidade de infiltração no solo; Portanto essas áreas que merecem cuidados especiais.

Entre os solos, predominam os Litólicos eutróficos e os Vertissolos, cujo principal fator limitante é a susceptibilidade à erosão, exigindo práticas intensivas de conservação. Salienta a importância de realizar um plano de manejo e conservação dos solos, com a implantação de algumas técnicas simples, como barramentos utilizando pedras no sentido transversal dos declives, para quebrar a velocidade do escoamento superficial concentrado e, assim, evitar ação erosiva.

Quanto aos usos, há o predomínio de vegetação de caatinga densa a rala, com presença de afloramentos rochosos e, também, de áreas erodidas.

Botelho (2005) enfatiza a importância da cobertura vegetal que protege contra a ação dos impactos das gotas de chuva, pela diminuição da velocidade de escoamento superficial, pelo aumento da rugosidade do terreno, e pela maior estruturação do solo, oferecendo maior resistência à ação dos processos erosivos.

Tem-se a importância de se realizar um plano de manejo e recomposição florestal nessa classe, com a implantação de espécies nativas da região, visando à preservação e conservação dos recursos naturais existentes, bem como manutenção da fauna e flora silvestre.

Essa classe se destaca pelas belezas cênicas e rupestres existentes em alguns pontos, como no topo do morrote, que fica no divisor de águas, a montante da microbacia, o qual possui 661 metros de altitude, de onde se tem uma visão ampla da região, ao meio de uma vegetação exuberante. Assim, existe um grande potencial turístico, desde que se realize um planejamento adequado, tornando-se uma alternativa, ou fonte de renda para população local.

Algumas atividades implantadas poderiam servir de base para práticas de educação ambiental para escolas da região, enfatizando técnicas e a importância da preservação do meio ambiente.

#### 4.11. Aquífero em rochas cristalinas

Com intuito de avaliar a qualidade das águas consumidas pela população residente na microbacia, buscou-se analisar as águas provenientes dos dois poços públicos e de reservatório (caixa d'água) existente na comunidade da Ribeira, e que servem de fonte de abastecimento.

O reservatório e os dois poços públicos, denominados de "poço novo" e "poço antigo", estão localizados próximos a sede do distrito da Ribeira e também à zona de falha, que recorta a microbacia, na região sobre influência do aquífero cristalino, sendo no setor do baixo curso.

O "poço novo" possui uma profundidade de 38 metros, com uma vazão de 5.500 L/h. Já o "poço antigo" possui uma profundidade maior, de 50 metros e menor vazão, ou seja, de 4.500 L/h.

A água dos dois poços tubulares é bombeada para um reservatório coletivo, que é uma grande caixa d'água aberta, com capacidade de armazenamento de 35.000 litros (Figura 35), de onde desce por gravidade até outra caixa menor, com um chafariz (Figura 36), para daí ser distribuída para a população, que abastecem suas vasilhas, transportando para suas residências.

Figuras 35 e 36. Reservatório de água coletivo e chafariz de distribuição da água a população.



7°26'08,0"S 36°21'42,7"W  
Fonte: a autora (Ago/2012).



7°26'03,6"S 36°21'39,3"W

Em agosto e dezembro de 2012 foi realizada uma coleta de água, nos dois poços e também no reservatório coletivo, com objetivo de identificar a qualidade da água para o consumo humano.

As amostras das águas foram encaminhadas ao Laboratório de Salinidade da UFCG (LABDES), que realizou análises físico-químicas e microbiológicas com indicação de presença ou não de coliformes totais e *Escherichia coli*, conforme parâmetros estabelecidos pela Portaria 2914/11 do Ministério da Saúde.

Os laudos com resultados das análises interpretadas pelo LABDES, com os teores de sais, encontram-se dispostos no Quadro 04. As tabelas completas com resultados das análises físico-químicas e microbiológicas encontram-se no APÊNDICE II.

Quadro 04. Teores de sais das águas dos poços de abastecimento da Ribeira.

<b>Parâmetros</b>	<b>VMP*</b>	<b>Poço Antigo</b>	<b>Poço Novo</b>	<b>Cacimbão</b>
pH	6,0 a 9,5	8,2	7,4	8,0
Sódio (Na <sup>+</sup> ) mg/L	200,0	291,6	113,2	156,6
Cloreto (Cl <sup>-</sup> ) mg/L	250,0	309,6	202,4	166,1
Sólidos totais dissolvidos a 180 °C (STD) mg/L	1.000,0	1.332,9	830,0	832,0

Fonte: LABDES/UFCG, 2012.

\* VMP = valor máximo permissível ou recomendável pela legislação brasileira, conforme Portaria 2914/11 MS.

Conforme laudo emitido pelo laboratório, a água do poço antigo está fora dos padrões de potabilidade, no que se refere aos parâmetros físico-químicos, pois embora seja alcalina, com pH de 8,2, considerado alto, são também altos os teores de sais, sendo o Cloreto com 309,6 mg/L, que conforme Ministério da Saúde, o valor máximo é de 250,0 mg/L.

Já as águas do poço novo, estão dentro dos padrões permissíveis de potabilidade. Os valores dos sais, estão baixos, o pH é de 7,4, caracterizando uma água alcalina e os sólidos totais dissolvidos com valores iguais a 830,0 mg/L, abaixo do máximo permitido pelo MS que é de 1.000,0 mg/L.

Com relação ao reservatório, o qual armazena as águas provindas dos dois poços, para posterior distribuição, o laudo com os resultados, referentes a parâmetros físico-químicos, fornecido pelo LABDES apontou que a mesma encontra-se dentro dos padrões de potabilidade. Em se tratando de parâmetros microbiológicos, o laudo atesta a presença de coliformes totais, ausência de

*Escherichia coli* e que a água deste reservatório não se encontra dentro dos padrões estabelecidos pela Portaria do Ministério da Saúde.

Constata-se, que ocorre uma diluição não controlada dos sais, na água do reservatório, pois a mesma provém dos dois poços, misturando-se dentro do mesmo.

O reservatório coletivo, por ser aberto, sofre influências externas, a água fica parada por certo tempo, vulnerável a entrada de poeira, folhas, pequenos animais e insetos, criando-se um ambiente favorável ao desenvolvimento de microrganismos indesejáveis, prejudicando a qualidade de sua água. Isso foi constatado pelo laudo que atestou que essa água não é apropriada para o consumo humano, mas que, no entanto, é a única e que a população utiliza, mesmo sem condições, conforme Ministério da Saúde.

A diminuição de vazão e aumento de profundidade do lençol freático do poço antigo, que tem profundidade de 50 metros, talvez seja devido o mesmo estar localizado em uma parte mais alta, pouco mais distante da linha de falha geológica, onde o possível armazenamento de água (aquífero) começa a ficar mais escasso.

Os dois poços apresentam suas águas com certo teor de sais e suas águas, alcalinas. Esses fatores podem estar refletindo a influencia da rocha matriz, onde foram perfurados, pois a composição da rocha pode influenciar na qualidade da água, e/ou a poluição que pode estar influenciando no manto de intemperismo do aquífero.

Salienta-se ainda, que esses poços, estão altamente vulneráveis à contaminação, pois a região caracteriza-se pela produção coureira, atividade com alto teor de contaminantes, onde os moradores jogam os dejetos, na sua grande maioria, a céu aberto.

No período das chuvas, pelo processo de lixiviação, os dejetos provindos das pequenas fábricas de couro e até mesmo dos pequenos curtumes, atingem as partes mais baixas do relevo, as chamadas áreas de acumulação. Essas áreas, no caso, estejam sobre uma zona de falha, abastecem o aquífero, conseqüentemente, vulneráveis a contaminação.

## 5. CONCLUSÕES

De acordo com os métodos e as técnicas utilizadas no estudo e levando-se em consideração os resultados obtidos, pode-se concluir que:

- A microbacia Riacho Fundo possui uma área de 3.757,89 ha, com forma alongada, com pouca propensão a enchentes, bem drenada, cuja drenagem é de 4ª ordem e do tipo dendrítico-retangular. As vertentes são pouco extensas, entre 80 e 280 metros, com altitudes de 397 a 661 metros, predominando um relevo suave ondulado.

- Quanto ao uso e ocupação predominante na microbacia tem-se: presença da vegetação típica da caatinga (93%); corpos d'água (0,8%); áreas agrícolas (2,3%); processos erosivos e afloramentos de rochas (3,2%); e as edificações em conjunto as vias de acesso (0,7%).

- A rede de drenagem caracteriza-se por ser intermitente, com uma densidade de drenagem de 21,7 m/ha, retratando uma área bem drenada. Dos 15 açudes/barreiros existentes, apenas 5 passam boa parte do ano com água e em período de estiagem prolongada, secam por completo.

- As declividades predominantes na microbacia estão entre 3 a 8% (82%), representando um relevo praticamente plano, mas que chega a forte ondulado, com declive acima de 20%, no divisor de águas, à montante, marcando um morrote com 661 metros de altitude.

- Há o predomínio de solos francos, geralmente férteis, arejados e fáceis de trabalhar. Ainda são eutróficos e não salinos, susceptível à ação dos processos erosivos, desde que não manejados corretamente.

- O zoneamento geoambiental realizado a partir da determinação do coeficiente de rugosidade, levando em consideração a declividade real e densidade de drenagem, mostrou eficiente, que direcionam realmente a aptidão de uso e ocupação das terras de uma microbacia. Sua importância está em revelar o potencial de uso de cada área.

- Conforme a classificação da aptidão de uso e ocupação das terras da microbacia tem-se o predomínio das classes A ou de uso simplificado, ocupando 82% da área e D ou de uso protegido, ocupando 18%.

- Existe na microbacia uma linha de falha (fratura geológica) que recorta a

área, com grande importância hidrogeológica, pois possibilita a infiltração das águas ao longo dos tempos, permitindo a formação de um pequeno aquífero, o qual serve como fonte de abastecimento da população local, principalmente em período de estiagem, com água de boa qualidade.

## 6. BIBLIOGRAFIA CITADA

AB'SABER, A. N. Os sertões: a originalidade da terra. **Ciência Hoje**. Rio de Janeiro, vol.3, n.18, mai/jun, 1985.

\_\_\_\_\_. **Zoneamento ecológico da Amazônia: questões de escala em método**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. CEPAL/IPEA. Brasília. Mimeografado. 1987.

\_\_\_\_\_. **Os Domínios de Natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**, São Paulo, Ateliê Editorial, 2003.

ALMEIDA, C. e ARAUJO, M. A. Uso do sistema de informação geográfica (SIG): transição de sistema de mapeamento para uma ferramenta de planejamento e gerenciamento de atividades florestais. In: III Seminário de Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas Aplicadas a Engenharia Florestal, 1998, Curitiba. **Anais**. Curitiba: FUPEF, 1998. p.83-91.

ALMEIDA, C. L. F.; OLIVEIRA, J. B.; PRADO, H. **Levantamento pedológico semidetalhado do Estado de São Paulo**: Quadrícula de Brotas. Campinas: Convênio Embrapa/CPA/IA, 1982. Esc. 1:100.000.

ALMEIDA, F. F. M de; HASUI, Y; NEVES B. B.; FUCK R. A. 1977. Províncias Estruturais Brasileiras. In: 8 Simpósio de Geologia do Nordeste, 1977, Campina Grande. **Atas**. Campina Grande: SBG, 1977. p. 363-391.

ALVES, J. J. A.. Caatinga do Cariri Paraibano. **Geonomos**. v.17, n1, 2009. p 19 - 25. Disponível em: <[www.igc.ufmg.br/geonomos/pdfs/17\\_1\\_19\\_25\\_alves.pdf](http://www.igc.ufmg.br/geonomos/pdfs/17_1_19_25_alves.pdf)>. Acesso em: 20 mai. 2010.

ALVES, J. J. A.; ARAÚJO, M. A. de; NASCIMENTO, S. S. do. Degradação da caatinga: uma investigação ecogeográfica. **Caatinga**. Mossoró. RN, v.22, n3, 2009. p 126- 135.

AMARAL, J. A. B. **Prognóstico da capacidade de uso da planície de inundação do Rio Paraná** (compartimento "canal cortado"). 1996. 113p. (Dissertação Mestrado). São Carlos, Universidade de São Paulo, SP.

- ARAÚJO JÚNIOR, A. A.; CAMPOS, S.; BARROS, Z. X. de; CARDOSO, L. G. Diagnóstico físico conservacionista de 10 microbacias do rio Capivara – Botucatu (SP), visando o uso racional do solo. **Irriga**. Botucatu, v. 7, n.2, 2002, p106-121.
- ASSAD, E.D.; SANO, E. E.; MEIRELLES, M.L.; MOREIRA, L.. Estruturação de dados geoambientais no contexto de microbacia hidrográfica. In: ASSAD, E.D.; SANO, E.E. **Sistemas de informações geográficas: aplicações na agricultura**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1993. 274p. Cap. 4, p. 89-108.
- ASSAD, E. D.; SANO, E. E. (Org.). **Sistemas de Informações Geográficas. Aplicações na agricultura**. Brasília: EMBRAPA - SPI, 1998. 2º ed., 434p. il.
- BANKS, D.; ROBINS, N. **An Introduction to Groundwater in Crystalline Bedrock**. Norges geologiske undersøkelse. Trondheim: Geological Survey of Norway, 2002. 64 p. Disponível em: <[http://www.ngu.no/filearchive/91/intro\\_to\\_groundwater.pdf](http://www.ngu.no/filearchive/91/intro_to_groundwater.pdf)> Acesso em: 29 jul. 2012.
- BARACUHY, J. G. de V. **Manejo integrado de microbacias hidrográficas no semiárido nordestino: Estudo de um caso**. 2001. 297 f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande/PB.
- BARACUHY, J. G. de V.; KURTZ, S. M. J. M.; KURTZ, F. C.; DUARTE, S. M.A.; LIMA, V. L. A.; ROCHA, J. S. M.; DANTAS NETO, J. Deterioração físico-conservacionista da microbacia hidrográfica do riacho Paus Brancos, Campina Grande, PB. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande. v. 7,n. 1, p. 159-164, 2003.
- BARBOSA, M. R. V.; LIMA, I. B.; LIMA, J. R.; CUNHA, J. P.; AGRA, M. F.; THOMAS, W. W. Vegetação e flora no Cariri Paraibano. **Oecologia Brasiliensis**, v.11, n.3, p.313-322, 2007.
- BASHER, L. R.. Is pedology dead and buried? **Australian Journal of Soil Research**, New Zealand, v.35, p.974 - 979, 1997. Disponível em: <<http://www.publish.csiro.au/paper/S96110.htm>>. Acesso em: 19 jan 2007.
- BELLINAZZI, R.; BERTOLINI, D.; ESPÍNDOLA, C. R.; LEPSCH, I.F. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983. 175 p.
- BELTRAME, A. V. **Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas: modelo e aplicação**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1994.
- BENNEMA, J.; BEEK, K. J.; CAMARGO, M. N. **Um sistema de classificação de capacidade de uso da terra para levantamentos de reconhecimento de solos**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, Divisão de Pedologia e Fertilidade do Solo, 1965. 50p.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1990. 355p.

- BRADY, N.C. **Natureza e propriedades dos solos**. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989. 898p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. **Programa Nacional de Microbacias Hidrográficas**. Manual Operativo. Brasília, DF, Coordenação Nacional do PNMH, Ministério da Agricultura, 1987.
- BRITO NEVES B.B., CAMPOS NETO M.C., VAN SCHMUS W.R., FERNANDES T.M.G.; SOUZA S.L.. O terreno Alto-Moxotó no leste da Paraíba (Maciço Caldas Brandão). **Revista Brasileira de Geociências**. 2001. 31(2): 185–194.
- BIGARELLA, J. J.; MAZUCHOWSKI, J.Z. **Visão integrada da problemática da erosão**. Curitiba: Associação de Defesa e Educação Ambiental - Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1985. 329p.
- BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. Levantamento Detalhado de Solos: Uma Ferramenta para o Planejamento de Uso de Bacia do Rio Cuibá - Petrópolis (RJ). In: VI Simpósio Nacional de Geografia Aplicada. **Anais**. Goiânia, 478-480, 1995.
- BOTELHO, R. G. M. Planejamento ambiental em microbacia hidrográfica. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. (Org.). **Erosão e Conservação dos Solos – conceitos, temas e aplicações**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005, p.269-300.
- BURROUGH, P. A.; MCDONNELL, R. A. **Principles of geographical information systems**. New York: Oxford University Press Inc. 1998. 333p.
- BUZAY, G.; DURÁN, D. **Sistemas de Información Geográfica**. Buenos Aires: Troquel. 1997.
- CALLADO, R. **Utilização do Geoprocessamento para determinação de Unidades Ecodinâmicas: subsídios ao planejamento ambiental**. 2003. 127p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Florianópolis. Universidade Federal de Santa Catarina. 2003.
- CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. Princípios básicos em geoprocessamento. In: ASSAD, E. D.; SANO, E. E. **Sistema de informações geográficas: aplicações na agricultura**. Brasília: Embrapa, SPI; Embrapa, CPAC, 1998. Cap.1. p. 3-11.
- CARNEIRO, C. G.; COELHO, G. B. **Método operativo para o planejamento e gestão ambiental**. In: Workshop para Zoneamento de Áreas de Proteção Ambiental. Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social - IPARDES/SEMA, Curitiba, 1987.
- CARVALHO. O. **A economia política do Nordeste: secas, irrigação e desenvolvimento**. Rio de Janeiro: Campus, 1988. 286p.

- CAVALLARI, R. L. A importância de um Sistema de Informações Geográficas no Estudo de Microbacias Hidrográficas. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, v.6, n. 11, 2007.
- CENDRERO, A.. **Técnicas e instrumentos de análisis para la evaluación, planificación y gestión del medio ambiente**. CIFCA: Séries Opiniones, Políticas y Planeamiento Ambiental, nº 6. 1982.
- CHILTON, P.J.; FOSTER, S.S.D. Hydrological characterization and water-supply potential of basement aquifers in tropical Africa. **Hydrogeology Journal**. v. 3, n.1, p. 36 - 49, 1995. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007/s100400050061>>. Acesso em: 29 jul. 2012.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 1974, 149p.
- \_\_\_\_\_. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Ed. Edgard Blücher. 1999.
- CHRISTOFOLETTI, A. L. H. Sistemas Dinâmicos: As Abordagens da Teoria do Caos e da Geometria Fractal em Geografia. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. T. (Org.) **Reflexões sobre a Geografia Física do Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand, 2004, p.89 - 110.
- CHUEH, A. M. **Análise do Uso do Solo e Degradação Ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Pequeno – São José dos Pinhais/PR, por meio do Diagnóstico Físico-Conservacionista – DFC**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Paraná, Curitiba/PR, 2004.
- COIMBRA, J. A. A. **O outro lado do meio ambiente**. São Paulo: CETESB, 1995, 204p.
- CUNHA, S. B. da. Geomorfologia fluvial. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da (Org.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 472 p. 1995.
- CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. Degradação ambiental. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, E. S. B. (Org.). **Geomorfologia e meio ambiente**. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000. p. 337-379.
- DALE, P.F.; McLAUGHLIN, J.D. Land information. In: \_\_\_\_\_ (Ed.) **Land information management: an introduction with special reference to cadastral problems in Third World countries**. New York: Oxford University Press, 1988. Cap. 1, p.1-18.
- DE BIASI, M. **Carta de Declividade de Vertentes: confecção e utilização**. São Paulo, Instituto de Geografia – USP, 1970. p. 8–16.
- DE BIASI, M.. A carta clinográfica: os métodos de representação e sua confecção. **Revista do Departamento de Geografia**. São Paulo, v.6, p. 45-53, 1992.

- DIAS, N. W.; BATISTA, G. T.; TARGA, M.S.; CASTELANI, C.S.; MONTESI, E.C.. **Estudo da adequabilidade de uso do solo e viabilidade econômico-ambiental: o caso da fazenda Camburi: Taubaté.** (2005) Universidade de Taubaté. Disponível em: <[http://www.agro.unitau.br:8080/dspace/bitstream/2315/59/1/Adequa\\_Camburi.pdf](http://www.agro.unitau.br:8080/dspace/bitstream/2315/59/1/Adequa_Camburi.pdf)> Acesso em 15 nov. 2010.
- DILL, P. R. J. **Avaliação do Assoreamento do Reservatório do Vacacaí-Mirim e sua relação com a deterioração da Microbacia Hidrográfica Contribuinte, RS.** 2002. 112 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental). Santa Maria, UFSM. 2002.
- DUQUE, José Guimarães. **O Nordeste e as lavouras xerófilas.** 4a ed. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2004. 330 p.
- EASTMAN, J. R.. **Guide To GIS and Image Processing: IDRISI 32.** 1. ed., Clark Labs, Clark University, Worcester, USA, 1999.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Manual de métodos de análise de solo.** 2. ed. Rio de Janeiro: CNPS, 1997, 212 p.
- \_\_\_\_\_. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Brasília: Embrapa Produção de Informação; 1999. 415 p.
- \_\_\_\_\_. **Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto.** Embrapa Semiárido, 2012.
- FABIAN, A. J. ; TORRES, J. L. R. Caracterização da paisagem para planejamento conservacionista em microbacia hidrográfica de Uberaba - MG. In: Congresso Brasileiro da Ciência do Solo, 29., 2003, Ribeirão Preto. **Anais.** Ribeirão Preto: SBSCS, 2003. CD-ROM.
- FAO. **A framework for land evaluation.** FAO Soils Bulletin 32, FAO, Rome, 72p, 1976. Disponível em: < <http://www.fao.org/docrep/X5310E/X5310E00.htm>>. Acesso em: 25 mai/2012.
- FERNANDES NETO, S. **Planejamento do uso racional dos recursos naturais da microbacia hidrográfica do riacho Val Paraíso-PB, através de mapeamento geoambiental.** Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Campina Grande, 2009. 106f.: il.
- FERRETTI, R.E. Diagnóstico físico conservacionista - DFC: Instrumento para o plano de bacias hidrográficas – uma aplicação na bacia do rio Tagaçaba – município de Guaraqueçaba – PR. **Boletim de Geociências**, n.53, p.95-97, 2003.
- FLETCHER, J.J., PHIPPS, T.T. Data Needs for the Assessment of Environmental Quality and Food Safety. **American Journal of Agricultural Economics.** v. 3, p.926-932, 1991. Disponível em: <<http://ajae.oxfordjournals.org/content/73/3.toc>>. Acesso em: 5 jan 2007.

- FOURY, A. P. 1982. As Matas do Nordeste Brasileiro e sua importância econômica. **Boletim Geográfico**, Rio de Janeiro. n. 228, 30-84 p.
- GALVÍNCIO. J. D. Balanço Hídrico à Superfície da Bacia Hidrográfica do Açude Epitácio Pessoa. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos - RBRH**. Vol 11, n.3. Jul/Set 2006, 135-146.
- GIOTTO, E.; KIRCHNER, F. F.; MADRUGA, P. R. A. Caracterização de parâmetros físicos da sub-bacia hidrográfica do Arroio Grande - uma aplicação do sistema georreferenciado para manejo integrado de bacias hidrográficas (SGMIBH). In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 21, 1992, Santa Maria. **Anais**. Santa Maria: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1992. v. 4, p. 2159-2177.
- GOULART, A. C. O. Relevo e Processos Dinâmicos. **Geografares**, Vitória/ES, n.2, jun. 2001.
- GRANELL-PEREZ, M. D. C.. **Trabalhando Geografia com as Cartas Topográficas**. Ijuí/RS: UNIJUI, 2001.
- GREGORY, K. J.. **A Natureza da Geografia Física**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil; 1992.367p il.
- GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 1999.
- GUERRA, A. J. T.; MARÇAL, M. dos S. **Geomorfologia ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.
- HERRMANN, M. L. de P. Compartimentação Geoambiental da Faixa Central do Litoral Catarinense. In: Simpósio de Nacional de Geomorfologia, V, e Encontro Sul-Americano de Geomorfologia, I, Santa Maria: **Anais**. 2004.
- HIDALGO, P - **Manejo Conservacionista em Bacias Hidrográficas**: Diagnóstico Físico-Conservacionista. 1990.v.2. Superintendência dos Recursos Hídricos e Meio Ambiente – SUREHMA, Consórcio Intermunicipal para Proteção Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Tibagi – COPATI. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente – IBAMA. Londrina, agosto, 1990.
- HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. **Bulletin Geological Society of America**. v.56, 1945, p. 275-370.
- JACOBSEN, K. Geometric potential of Ikonos and QuickBird imagens. GIS - Geo-Information System. **Journal for Spatial Information and Decision Making**. v.9, p.33-39, 2003.

- JORGE, F.N. de; UEHARA, K. Águas de superfície. In: OLIVEIRA, A.M. dos S.; BRITO, S.N.A. (editores). **Geologia de Engenharia**, São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998, 101-109p.
- KLINGEBIEL, A. A.; MONTGOMERY, P. H. **Land Capability Classification**. Washington: USDA-Soil Conservation Service, 1961. 21p.
- KOEPPEN, W. **Climatologia: un estudio de los climas de la Tierra**. México: Fondo de Cultura Económica. México, 1948. 478p.
- LACHASSAGNE, P.; WYNS, R.; BERARD, P. et al. Exploitation of high-yields in hardrock aquifers: Downscaling methodology combining GIS and multicriteria analysis to delineate field prospecting zones. **Ground Water**, Westerville, EUA, v. 39, n. 4, p. 568- 581, 2001.
- LAGES, G. A.; MARINHO, M. S. Programa Geologia do Brasil - PGB. Boqueirão. Folha SB.24-Z-D-III. Estado da Paraíba. **Mapa Geológico**. Recife: CPRM, 2012, 1 mapa, colorido, 94,03x70,32cm. Escala 1:100.000
- LEAL, I. R.; SILVA, J. M.; TABARELLI, M.; LACHER Jr.; T. E. Mudando o curso da conservação da biodiversidade na Caatinga do Nordeste do Brasil. In: Conservação Internacional do Brasil (ed.). **Megadiversidade**. Belo Horizonte, 2005. Vol. 1, p. 139-146. Disponível em: [http://www.conservacao.org/publicacoes/files/19\\_Leal\\_et\\_al.pdf](http://www.conservacao.org/publicacoes/files/19_Leal_et_al.pdf). Acesso em: 15/11/2011.
- LEITE, M. M; ALVES, T. L. B; FARIAS, A. A de. **Classificação Climática e Aptidões Agroclimáticas de Culturas para Cabaceiras/Paraíba/Brasil**. 2011. Disponível em: <[sic2011.com/sic/arq/95463817025319546381702.pdf](http://sic2011.com/sic/arq/95463817025319546381702.pdf)>. Acesso em: julho de 2012.
- LEPSCH, I. F.; BELLINAZZI, Jr. R.; BERTOLINI, D.; ESPÍNDOLA, C. R. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991.175p.
- LIBAULT, A. Os quatro níveis da pesquisa Geográfica. **Métodos em questão**. São Paulo:USP,1971 nº1.
- LILLESAND, T. M.; KIEFER, R. W. **Remote Sensing And Image Interpretation**. 5 ed.IE-WILEY, 2003. 784 p.
- MARINHO, M. S.; LAGES, G. A; CRUZ, R. F; MEDEIROS, V. C. Aspectos de campo e petrográficos de diopsídio-mármore da região de Cabaceiras-Boqueirão (PB). In: Congresso Brasileiro de Geologia, 44., 26-31 out. 2008, Curitiba, PR. **Anais**. Curitiba, PR: SBG, 2008.
- MELLO FILHO, J. A. **Estudo de microbacias hidrográficas, delimitadas por compartimento geomorfológicos, para o diagnóstico Físico**

- Conservacionista**. 1994. 111 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1994.
- MOREIRA FILHO, J. C.. **A seca de 1993**: crônica de um flagelo anunciado. Fortaleza: Banco do Nordeste; Recife: Fundação Joaquim Nabuco, 2002. v.4, 138p
- NALE, D. **QuickBird - Aerial photography comparison report**. EMAP International. 2002, 39 p. Disponível em:<<http://www.digitalglobe.com>>. Acesso em: 6 jun. 2003.
- NASCIMENTO, S. S.; ALVES, J. J. A.. Ecoclimatologia do Cariri Paraibano. **Revista Geográfica Acadêmica** v.2 n.3. 2008. p. 28-41.
- NASCIMENTO, M. C.; SOARES, V. P.; RIBEIRO, C. A. Á. S., SILVA, E. Uso do geoprocessamento na identificação de conflito de uso da terra em áreas de preservação permanente na bacia hidrográfica do rio Alegre, Espírito Santo. **Ciência Florestal**. 2005. v.15, n. 2, p. 207-220. Disponível em: <[www.doaj.org/doaj?func=abctract8jg=172728recno=18&toc=1](http://www.doaj.org/doaj?func=abctract8jg=172728recno=18&toc=1)> Acesso em 15 nov. 2010.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Soil and water quality: an agenda for agriculture**. Washington, D.C.: National Academy Press, 1993. 516p.
- NEVES, M. A.. **Análise Integrada Aplicada à Exploração de Água Subterrânea na Bacia do Rio Jundiáí (SP)**. Tese (Doutorado em Geologia Regional). Universidade Estadual Paulista - UNESP. Rio Claro, 2005.
- NIMER, E.. Subsídio ao plano de ação mundial para combater a desertificação: programa das Nações Unidas. **Revista Brasileira de Geografia**. Rio de Janeiro, 42 (3). 1980. p. 612 - 637.
- NORMAN, C.; POTTER, C.; COOK, H.. Using GIS to target agri-environmental policy. In: WORBOYS, M.F. (Ed.) **Innovations in GIS: selected papers from the First National Conference on GIS Research UK**. London: Taylor & Francis Inc., 1994. Cap. 18, p. 251 - 262.
- NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto - Princípios e Aplicações**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher Ltda. 1992.
- OLIVEIRA JÚNIOR, J. C. de; DIAS, H. C. T.; Precipitação efetiva em fragmento secundário da Mata Atlântica. **Revista Árvore**. Viçosa, v. 29, n. 1, 2005. p. 9 - 15.
- OLIVEIRA, F. X.. **Impactos da invasão da Algaroba - *Prosopis juliflora* (sw.) DC. - sobre o componente arbustivo-arbóreo da caatinga nas microrregiões do Curimataú e do Seridó nos estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte**. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal da Paraíba. Areia. PB. 2006. 138 f.: il.

- PEREIRA, L. C.; SILVEIRA, M. A.; LOMBARDI NETO, F. **Agroecologia e Aptidão Agrícola das Terras: as bases científicas para uma agricultura sustentável**. EMBRAPA Meio Ambiente, Jaguariúna. 2006.
- PINHEIRO, E.S.; KUX, H.J.H. Imagens *QuickBird* aplicada ao mapeamento do uso e cobertura da terra do Centro de Pesquisas e Conservação da Natureza Pró-Mata. In: BLASCHKE, T.; KUX, H.J.H. **Sensoriamento Remoto e SIG avançados: Novos sensores métodos inovadores**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005. p.263-286.
- PIRES, J.S.R.; SANTOS, J.E. dos; DEL PRETTE, M. E. A utilização do conceito de bacia hidrográfica para a conservação dos recursos naturais. In SCHIAVETTI, A. e CAMARGO, A. F. M. (ed.) **Conceitos de Bacias Hidrográficas: teorias e aplicações**. Ilhéus - Ba: Editus, 2002. 293p.
- PISSARRA, T. C. T. **Análise da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico na sub-região de Jaboticabal, SP**: Comparação entre imagens TM-LANDSAT 5 e Fotografias aéreas verticais. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2002. 136 f.
- PISSARRA, T. C. T.; POLITANO, W.; FERRAUDO, A. S. Avaliação de características morfométricas na relação solo-superfície da bacia hidrográfica do Córrego Rico, Jaboticabal (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n.2, 2004, p. 297- 305.
- PRUSKI, F.F.; SILVA, D.D.; TEIXEIRA, A.F.; CECÍLIO, R. A.; SILVA, J.M.A.; GRIEBELER, N.P. **Hidros: dimensionamento de sistemas hidroagrícolas**. Viçosa: Editora UFV, 2006, 259 p.
- RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K, J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3.ed.rev. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPQ, 1995. 65p.
- RAMOS, R. A.; PASQUALETTO, A. I.; PINHEIRO, E. S.; NEVES, D. D.; QUADROS, E. L. L. O uso de imagens de alta resolução na elaboração de planos de manejo: o caso da Reserva Biológica da Serra Geral, Rio Grande do Sul. In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. **Anais**. Florianópolis, SC. 2007. p. 4163-4170.
- RESENDE, M.; KER, J.C.; BAHIA FILHO, A.F.C. Desenvolvimento sustentado do Cerrado. In: ALVAREZ, V.H.; FONTES, L.E.F. e FONTES, M.P.F. (Eds.). **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa: SBCS; UFV, DPS, 1996. p.169-200.
- RESENDE, M.; CURTI, N.; REZENDE, S. B. de; CORRÊA, G. G. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. 5.ed. Lavras:UFLA, 2007. 322 p.
- RIZZI, N. E.; GRODZKI, L.; JACOBS, G. A.; FRITZSONS, E. Caracterização ambiental da Bacia do Rio Canguiri - Região Metropolitana de Curitiba, PR. In:

International Congress And Exhibition On Forest, 5., 1999, Curitiba. Forest 99: **Resumos**. Rio de Janeiro: BIOSFERA, 1999. CD-ROM.

ROCHA, J.S.M. da. **Manual de projetos ambientais**. Santa Maria; Imprensa Universitária, 1997, 423p.

ROCHA, J. S. M. da.; KURTZ, S. M. J. M. **Manual de Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas**. 4. ed. Santa Maria, Imprensa Universitária, 2001. 302p.

\_\_\_\_\_. **Curso de manejo integrado de bacias hidrográficas: aplicações técnicas avançadas em diagnósticos físico conservacionista, sócio-econômico ambiental**. Santa Maria: UFSM, 2003.

ROSA, R. **Introdução ao sensoriamento remoto**. 5. ed. Uberlândia, MG: Universidade Federal de Uberlândia, 2003. Disponível em [http://marte.dpi.inpe/col/ltid.inpe.br/sbsr](http://marte.dpi.inpe.col/ltid.inpe.br/sbsr). Acesso em: 20 mar. 2011.

ROSS, J. L. S. Geomorfologia Ambiental. In: **Geomorfologia do Brasil**. Org.: CUNHA, S.B da; GUERRA, A. J. T. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2. ed. 2001. Cap. 8. p 351-387.

\_\_\_\_\_. Análises e Sínteses na Abordagem Geográfica da Pesquisa para o Planejamento Ambiental. **Revista do Departamento de Geografia (USP)**, São Paulo, v.9, 1995.

ROSA, R.. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. 5 ed. Uberlândia: Ed. da Universidade Federal de Uberlândia, 2003.

SANTOS, R. F. **Planejamento ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

SANTOS, E. J.; FERREIRA, C. A.; SILVA JUNIOR, J. M. F.. **Geologia e Recursos Minerais do Estado da Paraíba**. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Subprograma Mapas Estaduais. Executado pela CPRM - Serviço Geológico do Brasil - Superintendência Regional do Recife. Recife: CPRM, 2002.142 p. il. 2 mapas. Escala 1:500.000.

SARTORI NETO, A.; BRITES, R. S.; SOARES, V.P.; RIBEIRO, J. C. Subsídios para elaboração de um plano de manejo do Parque Grande Sertão Veredas por meio de Sistemas de Informações Geográficas. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 10., 2001, Foz do Iguaçu. **Anais**. São José dos Campos: INPE. Artigos, p. 493-502. CD-ROM, On line. ISBN 85-17-00016-1.

SCHNELL, R. **Le probleme des homologies phytogéographiques entre l'Afrique et l'Amérique tropicale**. **Memoires du Museum National d'Histoire Naturelle**. N.S. Botan. v.11, 1961. p. 137-241.

SINGHAL, B.B.S.; GUPTA, R.P. **Applied Hydrogeology of Fractured Rocks**. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1999. 400 p.

- SILVA, J. M. C. da; TABARELLI, M.; FONSECA, M. T. da; LINS, L. V. **Biodiversidade da caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação.** Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente: Universidade Federal de Pernambuco, 2004.
- SPÖRL, C. e ROSS, J.L.S.. Análise da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos. **GEOUSP - espaço e tempo.** São Paulo, n° 15 São Paulo, 2004. p. 39-49.
- SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DA PARAÍBA (SUDEMA). **Atualização do diagnóstico florestal do Estado da Paraíba.** João Pessoa-PB, 2004, 266p.
- TORRES, J.L.R.; FABIAN, A.J.; SILVA, A.L.; PESSOA, E.J.; SILVA, E.C.; RESENDE, E.F. Diagnostico ambiental e análise morfométrica da microbacia do córrego Lanhoso em Uberaba – MG. **Revista Caminhos da Geografia**, v.9, n.25, p.111, 2008.
- TUCCI, C. E. M.; SILVEIRA, A. L. L. **Hidrologia: Ciência e aplicação.** 3ª ed. 1ª reimpressão, Porto Alegre: Ed. da UFRGS/ABRH, 2004. 943 p.
- TUNDISI J. G.; SCHIEL, D.; DINIZ, R. E.; SANTOS, M. T.; RIGOLIN, O.; SANTOS, B.; ELER M. N.. A utilização do conceito de bacia hidrográfica como unidade para atualização de professores de Ciências e Geografia: o modelo Lobo (Broa) - Brotas/Itirapina. In: \_\_\_\_\_. (Org.) **Limnologia e manejo de represas.** São Carlos: USP, 1988. p.311-57.
- VILLELA, S. M. e MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada.** São Paulo: McGraw-Hill do Brasil. 1975. 245 p.
- VAN SCHMUS W.R, NEVES B.B, HACKSPACHER P, FETTER A.H, KOZUCH M, DANTAS E.L ; BABINSKI M. The Borborema Province: a collage of polycyclic crustal domains in NE Brazil. In: International Conference. Basement Tectonic, 14, Ouro Preto. MG, **Extended Abstracts**, 1998. p. 80-83.

**APÊNDICE I - Parâmetros químicos e físicos dos solos.**

	UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE	Interessado: Projeto Baracuhy	
	CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS	Propriedade: Ribeira – Ponto - 1	
	DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA	Localidade: Cabaceiras - PB	
	LABORATÓRIO DE IRRIGAÇÃO E SALINIDADE	Nº da Amostra: 33468/33469	
	CAMPINA GRANDE-PB	Data: 31/05/2012	
<b>ANÁLISE DE SOLO – FERTILIDADE/SALINIDADE</b>			
Características Químicas	Profundidade ( cm )		
	0-10	10-20	
Cálcio (meq/100g de solo)	8,95	11,30	
Magnésio (meq/100g de solo)	2,34	4,45	
Sódio (meq/100g de solo)	0,30	0,45	
Potássio (meq/100g de solo)	2,82	2,81	
S (meq/100g de solo)	13,79	19,01	
Hidrogênio (meq/100g de solo)	0,00	0,00	
Alumínio (meq/100g de solo)	0,00	0,00	
T (meq/100g de solo)	13,79	19,01	
Carbonato de Cálcio Qualitativo	Presença	Presença	
Carbono Orgânico %	0,95	0,88	
Matéria Orgânica %	1,64	1,52	
Nitrogênio %	0,09	0,08	
Fósforo Assimilável mg / 100g	6,53	6,53	
pH H <sub>2</sub> O (1:2,5)	7,58	7,93	
pH KCl (1:2,5)			
Cond. Elétrica – mmhos/cm (Suspensão Solo-Água)	0,09	0,12	
pH (Extrato de Saturação)			
Cond. Elétrica-mmhos/cm (Extrato de Saturação)			
Cloreto (meq/l)			
Carbonato (meq/l)			
Bicarbonato (meq/l)			
Sulfato (meq/l)			
Cálcio (meq/l)			
Magnésio (meq/l)			
Potássio (meq/l)			
Sódio (meq/l)			
Porcentagem de Saturação			
Relação de Adsorção de Sódio			
PSI			
Salinidade			
Classe do Solo			

*Lucia Helena Garófalo Chaves*  
**Lucia Helena Garófalo Chaves**  
 Chefe do LIS

	UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA LABORATÓRIO DE IRRIGAÇÃO E SALINIDADE CAMPINA GRANDE-PB	Interessado: Projeto Baracuhy Propriedade: Ribeira – Ponto - 1 Localidade: Cabaceiras - PB N° da Amostra: 33468/33469 Data: 31/05/2012		
	<b>ANÁLISE DE SOLO</b>			
<b>Características Físicas</b>	<b>Profundidade ( cm )</b>			
<b>Granulometria (%)</b>				
Areia	78,39	64,68		
Silte	14,01	23,49		
Argila	7,60	11,83		
<b>Classificação Textural</b>	Areia Franca	Franco Arenoso		
<b>Densidade do Solo g/cm<sup>3</sup></b>	1,49	1,42		
<b>Densidade de Partículas g/cm<sup>3</sup></b>	2,67	2,65		
<b>Porosidade %</b>	44,38	46,55		
<b>Umidade - %</b>				
Natural	2,56	2,04		
0,10 atm	-	-		
0,33 atm	22,83	24,95		
1,00 atm	-	-		
5,00 atm	-	-		
10,0 atm	-	-		
15,0 atm	6,18	7,80		
<b>Água Disponível</b>	<b>16,20</b>	<b>17,15</b>		
<b>Observação:</b>				

  
 Lucia Helena Garófalo Chaves  
 Chefe do LIS

	UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE	Interessado: Projeto Baracuhy	
	CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS	Propriedade: Ribeira – Ponto - 2	
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA	Localidade: Cabaceiras - PB		Nº da Amostra: 33470/33471
LABORATÓRIO DE IRRIGAÇÃO E SALINIDADE	CAMPINA GRANDE-PB		Data: 31/05/2012
<b>ANÁLISE DE SOLO – FERTILIDADE/SALINIDADE</b>			
<b>Características Químicas</b>	<b>Profundidade ( cm )</b>		
	<b>0-10</b>	<b>10-20</b>	
Cálcio (meq/100g de solo)	11,83	17,49	
Magnésio (meq/100g de solo)	14,05	16,40	
Sódio (meq/100g de solo)	0,54	0,55	
Potássio (meq/100g de solo)	0,32	0,16	
S (meq/100g de solo) <i>meq de S</i>	26,60	34,60	
Hidrogênio (meq/100g de solo)	0,00	0,00	
Alumínio (meq/100g de solo)	0,00	0,00	
T (meq/100g de solo) <i>meq de T</i>	26,60	34,60	
Carbonato de Cálcio Qualitativo	Presença	Presença	
Carbono Orgânico %	0,70	0,47	
Matéria Orgânica %	1,21	0,81	
Nitrogênio %	0,07	0,04	
Fósforo Assimilável mg / 100g	0,52	0,39	
pH H <sub>2</sub> O (1:2,5)	7,47	7,96	
pH KCl (1:2,5)			
Cond. Elétrica – mmhos/cm (Suspensão Solo-Água)	0,18	0,06	
pH (Extrato de Saturação)			
Cond. Elétrica-mmhos/cm (Extrato de Saturação)			
Cloreto (meq/l)			
Carbonato (meq/l)			
Bicarbonato (meq/l)			
Sulfato (meq/l)			
Cálcio (meq/l)			
Magnésio (meq/l)			
Potássio (meq/l)			
Sódio (meq/l)			
Percentagem de Saturação			
Relação de Adsorção de Sódio			
PSI / <i>PST</i>			
Salinidade			
Classe do Solo			

  
**Lucia Helena Garófalo Chaves**  
 Chefe do LIS

	UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA LABORATÓRIO DE IRRIGAÇÃO E SALINIDADE CAMPINA GRANDE-PB		Interessado: Projeto Baracuhy Propriedade: Ribeira – Ponto - 2 Localidade: Cabaceiras - PB Nº da Amostra: 33470/33471 Data: 31/05/2012	
	<b>ANÁLISE DE SOLO</b>			
<b>Características Físicas</b>	<b>Profundidade ( cm )</b>			
<b>Granulometria (%)</b>				
Areia	55,92	45,92		
Silte	24,79	28,23		
Argila	19,29	25,85		
<b>Classificação Textural</b>	Franco Arenoso	Franco		
<b>Densidade do Solo g/cm<sup>3</sup></b>	1,31	1,19		
<b>Densidade de Partículas g/cm<sup>3</sup></b>	2,57	2,69		
<b>Porosidade %</b>	49,22	55,99		
<b>Umidade - %</b>				
Natural	3,63	3,09		
0,10 atm	-	-		
0,33 atm	30,76	30,26		
1,00 atm	-	-		
5,00 atm	-	-		
10,0 atm	-	-		
15,0 atm	17,41	18,81		
<b>Água Disponível</b>	<b>13,35</b>	<b>11,45</b>		
<b>Observação:</b>				

  
 Lucia Helena Garófalo Chaves  
 Chefe do LIS

	UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA LABORATÓRIO DE IRRIGAÇÃO E SALINIDADE CAMPINA GRANDE-PB		Interessado: Projeto Baracuhy Propriedade: Ribeira – Ponto - 3 Localidade: Cabaceiras - PB N° da Amostra: 33472/33473 Data: 31/05/2012	
	<b>ANÁLISE DE SOLO – FERTILIDADE/SALINIDADE</b>			
<b>Características Químicas</b>	<b>Profundidade ( cm )</b>			
	<b>0-10</b>	<b>10-20</b>		
Cálcio (meq/100g de solo)	15,40	11,52		
Magnésio (meq/100g de solo)	4,60	5,19		
Sódio (meq/100g de solo)	0,19	0,28		
Potássio (meq/100g de solo)	0,16	0,09		
S (meq/100g de solo)	20,35	17,08		
Hidrogênio (meq/100g de solo)	0,00	0,00		
Alumínio (meq/100g de solo)	0,00	0,00		
T (meq/100g de solo)	20,35	17,08		
Carbonato de Cálcio Qualitativo	Presença	Presença		
Carbono Orgânico %	1,69	1,67		
Matéria Orgânica %	2,91	2,88		
Nitrogênio %	0,16	0,16		
Fósforo Assimilável mg / 100g	2,33	3,43		
pH H <sub>2</sub> O (1:2,5)	7,92	7,98		
pH KCl (1:2,5)				
Cond. Elétrica – mmhos/cm (Suspensão Solo-Água)	0,18	0,21		
pH (Extrato de Saturação)				
Cond. Elétrica-mmhos/cm (Extrato de Saturação)				
Cloreto (meq/l)				
Carbonato (meq/l)				
Bicarbonato (meq/l)				
Sulfato (meq/l)				
Cálcio (meq/l)				
Magnésio (meq/l)				
Potássio (meq/l)				
Sódio (meq/l)				
Porcentagem de Saturação				
Relação de Adsorção de Sódio				
PSI				
Salinidade				
Classe do Solo				

  
**Lucia Helena Garófalo Chaves**  
 Chefe do LIS

	UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA LABORATÓRIO DE IRRIGAÇÃO E SALINIDADE CAMPINA GRANDE-PB		Interessado: Projeto Baracuhy Propriedade: Ribeira – Ponto - 3 Localidade: Cabaceiras - PB N° da Amostra: 33472/33473 Data: 31/05/2012	
	<b>ANÁLISE DE SOLO</b>			
<b>Características Físicas</b>	<b>Profundidade ( cm )</b>			
<b>Granulometria (%)</b>				
Areia	72,11	69,65		
Silte	18,89	21,26		
Argila	9,00	9,09		
<b>Classificação Textural</b>	Franco Arenoso	Franco Arg. Arenoso		
<b>Densidade do Solo g/cm<sup>3</sup></b>	1,33	1,35		
<b>Densidade de Partículas g/cm<sup>3</sup></b>	2,67	2,61		
<b>Porosidade %</b>	50,29	48,05		
<b>Umidade - %</b>				
Natural	2,56	3,63		
0,10 atm	-	-		
0,33 atm	30,74	30,55		
1,00 atm	-	-		
5,00 atm	-	-		
10,0 atm	-	-		
15,0 atm	9,51	8,50		
<b>Água Disponível</b>	<b>21,23</b>	<b>22,05</b>		
<b>Observação:</b>				

  
 Lucia Helena Garófalo Chaves  
 Chefe do LIS

	UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE	Interessado: Projeto Baracuhy	
	CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS	Propriedade: Ribeira – Ponto - 4	
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA	Localidade: Cabaceiras - PB		Nº da Amostra: 33474/33475
LABORATÓRIO DE IRRIGAÇÃO E SALINIDADE	CAMPINA GRANDE-PB		Data: 31/05/2012
<b>ANÁLISE DE SOLO – FERTILIDADE/SALINIDADE</b>			
Características Químicas	Profundidade ( cm )		
	0-10	10-20	
Cálcio (meq/100g de solo)	4,27	4,87	
Magnésio (meq/100g de solo)	4,71	4,44	
Sódio (meq/100g de solo)	0,90	0,90	
Potássio (meq/100g de solo)	0,14	0,14	
S (meq/100g de solo)	10,02	10,35	
Hidrogênio (meq/100g de solo)	1,05	0,77	
Alumínio (meq/100g de solo)	0,00	0,00	
T (meq/100g de solo)	11,07	11,12	
Carbonato de Cálcio Qualitativo	Ausência	Ausência	
Carbono Orgânico %	0,33	0,28	
Matéria Orgânica %	0,57	0,48	
Nitrogênio %	0,03	0,02	
Fósforo Assimilável mg / 100g	0,77	0,71	
pH H <sub>2</sub> O (1:2,5)	5,60	5,80	
pH KCl (1:2,5)			
Cond. Elétrica – mmhos/cm (Suspensão Solo-Água)	1,17	1,16	
pH (Extrato de Saturação)			
Cond. Elétrica-mmhos/cm (Extrato de Saturação)			
Cloreto (meq/l)			
Carbonato (meq/l)			
Bicarbonato (meq/l)			
Sulfato (meq/l)			
Cálcio (meq/l)			
Magnésio (meq/l)			
Potássio (meq/l)			
Sódio (meq/l)			
Porcentagem de Saturação			
Relação de Adsorção de Sódio			
PSI			
Salinidade			
Classe do Solo			

  
**Lucia Helena Garófalo Chaves**  
 Chefe do LIS

	UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA LABORATÓRIO DE IRRIGAÇÃO E SALINIDADE CAMPINA GRANDE-PB		<b>Interessado: Projeto Baracuhy</b> <b>Propriedade: Ribeira – Ponto - 4</b> <b>Localidade: Cabaceiras - PB</b> <b>Nº da Amostra: 33474/33475</b> <b>Data: 31/05/2012</b>	
	<b>ANÁLISE DE SOLO</b>			
<b>Características Físicas</b>	<b>Profundidade ( cm )</b>			
<b>Granulometria (%)</b>				
Areia	70,41	70,08		
Silte	19,31	20,63		
Argila	10,28	9,29		
<b>Classificação Textural</b>	Franco Arenoso	Franco Arg. Arenoso		
<b>densidade do Solo g/cm<sup>3</sup></b>	1,52	1,46		
<b>Densidade de Partículas g/cm<sup>3</sup></b>	2,61	2,70		
<b>Porosidade %</b>	41,61	45,79		
<b>Umidade - %</b>				
Natural	3,63	1,52		
0,10 atm	-	-		
0,33 atm	15,73	15,09		
1,00 atm	-	-		
5,00 atm	-	-		
10,0 atm	-	-		
15,0 atm	4,28	4,61		
<b>Água Disponível</b>	<b>11,45</b>	<b>10,48</b>		
<b>Observação:</b>				

  
 Lucia Helena Garófalo Chaves  
 Chefe do LIS

	UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRICOLA LABORATÓRIO DE IRRIGAÇÃO E SALINIDADE CAMPINA GRANDE-PB		Interessado: Projeto Baracuhy Propriedade: Ribeira - Ponto - 5 Localidade: Cabaceiras - PB N° da Amostra: 33476/33477 Data: 31/05/2012	
	<b>ANÁLISE DE SOLO – FERTILIDADE/SALINIDADE</b>			
<b>Características Químicas</b>	<b>Profundidade ( cm )</b>			
	<b>0-10</b>	<b>10-20</b>		
Cálcio (meq/100g de solo)	19,00	21,12		
Magnésio (meq/100g de solo)	22,93	22,16		
Sódio (meq/100g de solo)	0,80	1,82		
Potássio (meq/100g de solo)	0,10	0,09		
S (meq/100g de solo)	42,83	45,19		
Hidrogênio (meq/100g de solo)	0,00	0,00		
Alumínio (meq/100g de solo)	0,00	0,00		
T (meq/100g de solo)	42,83	45,19		
Carbonato de Cálcio Qualitativo	Ausência	Presença		
Carbono Orgânico %	0,87	0,58		
Matéria Orgânica %	1,50	1,00		
Nitrogênio %	0,08	0,05		
Fósforo Assimilável mg / 100g	0,49	0,54		
pH H <sub>2</sub> O (1:2,5)	6,90	7,24		
pH KCl (1:2,5)				
Cond. Elétrica – mmhos/cm (Suspensão Solo-Água)	0,11	0,10		
pH (Extrato de Saturação)				
Cond. Elétrica-mmhos/cm (Extrato de Saturação)				
Cloreto (meq/l)				
Carbonato (meq/l)				
Bicarbonato (meq/l)				
Sulfato (meq/l)				
Cálcio (meq/l)				
Magnésio (meq/l)				
Potássio (meq/l)				
Sódio (meq/l)				
Porcentagem de Saturação				
Relação de Adsorção de Sódio				
PSI				
Salinidade				
Classe do Solo				

  
**Lucia Helena Garófalo Chaves**  
 Chefe do LIS

	UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA LABORATÓRIO DE IRRIGAÇÃO E SALINIDADE CAMPINA GRANDE-PB	Interessado: Projeto Baracuhy Propriedade: Ribeira – Ponto - 5 Localidade: Cabaceiras - PB N° da Amostra: 33476/33477 Data: 31/05/2012		
	<b>ANÁLISE DE SOLO</b>			
<b>Características Físicas</b>	<b>Profundidade ( cm )</b>			
<b>Granulometria (%)</b>				
Areia	7,09	12,83		
Silte	23,09	22,22		
Argila	69,82	64,95		
<b>Classificação Textural</b>	Muito Argiloso	Muito Argiloso		
<b>Densidade do Solo g/cm<sup>3</sup></b>	1,18	1,20		
<b>Densidade de Partículas g/cm<sup>3</sup></b>	2,66	2,62		
<b>Porosidade %</b>	55,45	54,39		
<b>Umidade - %</b>				
Natural	3,09	3,09		
0,10 atm	-	-		
0,33 atm	35,28	38,90		
1,00 atm	-	-		
5,00 atm	-	-		
10,0 atm	-	-		
15,0 atm	27,78	27,90		
<b>Água Disponível</b>	<b>7,50</b>	<b>11,00</b>		
<b>Observação:</b>				

  
 Lucia Helena Garófalo Chaves  
 Chefe do LIS

	UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA LABORATÓRIO DE IRRIGAÇÃO E SALINIDADE CAMPINA GRANDE-PB	Interessado: Baracuh/Silvana Propriedade: P 1 – Ribeira Localidade: Cabaceiras - PB N° da Amostra: 33577/33578 Data: 02/08/2012	6
	<b>ANÁLISE DE SOLO – FERTILIDADE/SALINIDADE</b>		
Características Químicas	Profundidade ( cm )		
	P1 - 0-10	P1 - 10-20	
Cálcio (meq/100g de solo)	2,34	2,63	
Magnésio (meq/100g de solo)	3,87	3,47	
Sódio (meq/100g de solo)	1,27	2,47	
Potássio (meq/100g de solo)	0,21	0,16	
S (meq/100g de solo)	7,69	8,73	
Hidrogênio (meq/100g de solo)	3,28	3,26	
Alumínio (meq/100g de solo)	0,20	0,20	
T (meq/100g de solo)	11,17	12,19	
Carbonato de Cálcio Qualitativo	Ausência	Ausência	
Carbono Orgânico %	1,02	0,71	
Matéria Orgânica %	1,76	1,22	
Nitrogênio %	0,10	0,07	
Fósforo Assimilável mg / 100g	0,14	0,14	
pH H <sub>2</sub> O (1:2,5)	5,54	5,43	
pH KCl (1:2,5)			
Cond. Elétrica – mmhos/cm (Suspensão Solo-Água)	0,10	0,26	
pH (Extrato de Saturação)			
Cond. Elétrica-mmhos/cm (Extrato de Saturação)			
Cloreto (meq/l)			
Carbonato (meq/l)			
Bicarbonato (meq/l)			
Sulfato (meq/l)			
Cálcio (meq/l)			
Magnésio (meq/l)			
Potássio (meq/l)			
Sódio (meq/l)			
Percentagem de Saturação			
Relação de Adsorção de Sódio			
PSI	11,36	20,26	
Salinidade			
Classe do Solo			

  
**Lucia Helena Garófalo Chaves**  
 Chefe do LIS

	UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA LABORATÓRIO DE IRRIGAÇÃO E SALINIDADE CAMPINA GRANDE-PB		Interessado: Baraculy/Silvana Propriedade: P2 - Ribeira Localidade: Cabaceiras - PB N° da Amostra: 33579/3357580 Data: 02/08/2012	
	<b>ANÁLISE DE SOLO – FERTILIDADE/SALINIDADE</b>			
<b>Características Químicas</b>	<b>Profundidade ( cm )</b>			
	<b>P2 – 0-10</b>	<b>P2 – 10-20</b>		
Cálcio (meq/100g de solo)	15,11	13,31		
Magnésio (meq/100g de solo)	16,95	15,56		
Sódio (meq/100g de solo)	0,48	0,43		
Potássio (meq/100g de solo)	0,12	0,14		
S (meq/100g de solo)	32,66	29,44		
Hidrogênio (meq/100g de solo)	0,00	0,00		
Alumínio (meq/100g de solo)	0,00	0,00		
T (meq/100g de solo)	32,66	29,44		
Carbonato de Cálcio Qualitativo	Ausência	Ausência		
Carbono Orgânico %	0,53	0,80		
Matéria Orgânica %	0,91	1,37		
Nitrogênio %	0,05	0,08		
Fósforo Assimilável mg / 100g	4,07	4,07		
pH H <sub>2</sub> O (1:2,5)	6,97	6,97		
pH KCl (1:2,5)				
Cond. Elétrica – mmhos/cm (Suspensão Solo-Água)	0,06	0,08		
pH (Extrato de Saturação)				
Cond. Elétrica-mmhos/cm (Extrato de Saturação)				
Cloreto (meq/l)				
Carbonato (meq/l)				
Bicarbonato (meq/l)				
Sulfato (meq/l)				
Cálcio (meq/l)				
Magnésio (meq/l)				
Potássio (meq/l)				
Sódio (meq/l)				
Percentagem de Saturação				
Relação de Adsorção de Sódio				
PSI	1,47	1,46		
Salinidade				
Classe do Solo				

  
**Lucia Helena Garófalo Chaves**  
 Chefe do LIS

	UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA LABORATÓRIO DE IRRIGAÇÃO E SALINIDADE CAMPINA GRANDE-PB	Interessado: Baracuy/Silvana Município: Cabaceiras - PB Local: N° da Amostra: 33577/33580 Data: 03/09/2012			
	<b>ANÁLISE DE SOLO</b>				
<b>Características Físicas</b>	<b>Profundidade ( cm )</b>				
	<b>P - 1</b>	<b>P - 2</b>	<b>P - 3</b>	<b>P - 4</b>	
<b>Granulometria (%)</b>					
Areia	61,16	55,83	50,23	47,76	
Silte	29,89	30,01	28,03	30,92	
Argila	8,95	14,16	21,14	21,32	
<b>Classificação Textural</b>	Franco Arenoso	Franco Arenoso	Franco Arg. Arenoso	Franco	
<b>Densidade do Solo g/cm<sup>3</sup></b>	1,51	1,45	1,14	1,17	
<b>Densidade de Partículas g/cm<sup>3</sup></b>	6,26	2,68	2,67	2,66	
<b>Porosidade %</b>	42,37	45,90	57,30	56,01	
<b>Umidade - %</b>					
Natural	2,98	3,25	2,19	2,98	
0,10 atm	-	-	-	-	
0,33 atm	20,92	19,57	36,22	31,20	
1,00 atm	-	-	-	-	
5,00 atm	-	-	-	-	
10,0 atm	-	-	-	-	
15,0 atm	4,84	5,83	17,62	13,20	
<b>Água Disponível</b>	<b>16,00</b>	<b>13,74</b>	<b>18,60</b>	<b>18,00</b>	
<b>Observação:</b>					

  
 Lucia Helena Garófalo Chaves  
 Chefe do LIS

**ANEXO I - Dados de precipitação, série temporal de 1926 a 2006.**

Quadro 02. Variação da precipitação mensal (mm), durante a série temporal de 1926 a 2006, com o total anual acumulado.

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL ANUAL
1926	0.8	32.9	62.8	53.3	28.9	41.5	13.2	8.3	2.0	0.0	0.0	0.0	243.7
1927	9.7	27.9	7.9	8.9	54.1	15.6	84.2	12.9	0.0	0.0	0.0	0.0	221.2
1928	19.5	0.0	7.9	7.7	23.3	26.4	16.3	4.9	8.8	0.0	9.5	0.0	124.3
1929	0.0	49.6	173.3	51.3	11.0	80.8	154.8	48.2	15.3	10.1	34.3	16.3	645.0
1930	0.0	23.6	14.4	12.8	9.2	129.7	53.5	0.0	0.0	0.0	14.0	0.0	257.2
1931	6.6	40.9	169.3	74.4	29.3	34.8	20.5	32.9	15.8	0.0	14.7	6.8	446.0
1932	89.8	3.8	3.4	5.6	20.2	52.8	108.4	6.7	1.6	1.6	3.4	0.7	298.0
1933	10.5	48.9	1.2	80.5	9.6	50.0	6.6	0.3	1.2	0.6	2.6	10.1	222.1
1934	1.8	180.1	98.3	2.1	66.1	42.7	4.2	3.9	1.6	0.0	0.4	2.8	404.0
1935	15.5	17.8	338.6	203.8	5.3	73.4	17.3	4.6	0.2	0.2	0.6	0.0	677.3
1936	18.0	152.4	4.0	0.0	3.6	101.7	5.7	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	286.4
1937	0.0	4.6	0.0	122.7	59.2	47.4	24.7	16.4	0.0	0.0	0.0	7.8	282.8
1938	7.4	0.0	21.7	14.4	21.3	8.8	1.6	20.5	0.0	0.0	0.0	5.4	101.1
1939	18.5	1.5	22.0	4.6	120.5	5.5	109.6	13.1	3.6	91.4	3.5	4.1	397.9
1940	40.7	143.1	117.3	79.0	90.5	85.1	31.4	0.0	5.9	0.0	0.0	5.4	598.4
1941	0.0	0.0	75.1	113.6	29.7	20.2	15.7	4.9	6.2	0.2	1.7	8.0	275.3
1942	0.0	4.2	7.2	50.4	41.1	22.6	41.8	56.2	7.2	8.8	0.0	10.6	250.1
1943	0.0	80.0	20.8	2.0	14.4	54.2	36.0	30.0	3.0	0.0	4.7	2.0	247.1
1944	77.5	0.0	59.6	74.5	29.2	45.3	99.7	15.1	4.8	0.8	0.2	0.0	406.7
1945	8.4	19.9	0.3	4.0	103.4	63.9	34.5	3.4	4.9	0.0	0.0	0.0	242.7
1946	36.9	0.0	44.0	0.0	54.0	5.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	151.9
1947	70.3	0.0	36.1	35.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	141.4
1948	0.0	0.0	8.2	0.0	34.4	29.6	16.7	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	92.1
1949	0.0	19.0	0.0	0.0	27.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.2	0.0	62.1
1950	0.0	0.0	6.6	22.1	153.2	0.0	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	185.1
1951	0.0	0.0	0.0	2.8	17.0	30.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	53.4
1952	0.0	0.0	19.7	1.7	0.0	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.8
1953	0.0	0.0	12.5	27.4	3.2	20.1	0.0	0.0	0.0	0.0	3.8	0.0	67.0
1954	0.0	0.0	19.3	2.2	12.9	8.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	43.2
1955	8.3	4.8	146.5	20.0	3.5	0.0	0.0	2.3	0.0	1.5	0.0	0.0	186.9
1956	0.0	5.2	40.1	16.7	5.1	7.1	0.0	3.4	0.0	0.0	2.1	0.0	79.7
1957	0.0	0.0	29.0	3.7	0.0	5.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	38.1
1958	0.0	0.0	2.4	0.0	5.1	0.0	11.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.0
1959	0.0	6.1	0.0	4.5	11.4	26.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	48.5
1960	0.0	0.0	26.8	40.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	67.1
1961	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6
1962	0.0	0.0	0.0	0.0	10.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.7
1963	24.0	85.0	27.3	30.4	46.0	0.0	21.5	0.0	0.0	0.0	45.0	75.1	354.3
1964	67.0	65.4	105.7	126.6	184.8	176.0	50.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	775.5

<b>1965</b>	0.5	0.0	38.9	180.5	15.3	100.0	4.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<b>339.7</b>
<b>1966</b>	12.0	85.4	0.3	162.0	31.6	80.4	0.0	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<b>378.7</b>
<b>1967</b>	0.0	53.2	121.0	65.0	51.9	5.0	35.5	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<b>338.6</b>
<b>1968</b>	87.5	30.5	61.0	193.0	64.3	10.5	21.2	25.0	0.0	0.0	0.0	4.5	<b>497.5</b>
<b>1969</b>	48.5	36.6	118.5	113.0	87.8	113.8	103.0	19.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<b>640.2</b>
<b>1970</b>	14.0	0.0	72.5	93.5	17.0	43.5	71.5	32.5	0.0	0.0	0.0	0.0	<b>344.5</b>
<b>1971</b>	0.0	0.0	25.0	156.4	70.2	31.5	64.0	26.0	4.5	13.5	0.0	0.0	<b>391.1</b>
<b>1972</b>	0.0	92.0	21.5	66.5	54.0	16.0	45.0	60.5	10.0	0.0	0.0	24.5	<b>390.0</b>
<b>1973</b>	0.0	26.8	16.2	41.3	43.0	15.5	24.6	34.1	10.7	39.5	12.6	14.5	<b>278.8</b>
<b>1974</b>	76.8	72.4	66.7	249.0	65.3	32.8	51.6	0.0	20.8	0.0	0.0	0.0	<b>635.4</b>
<b>1975</b>	0.0	20.2	126.5	95.5	38.0	38.9	77.8	0.0	0.0	0.0	0.0	157.0	<b>553.9</b>
<b>1976</b>	0.0	46.5	43.0	54.7	56.4	17.1	32.3	0.0	0.0	33.0	3.8	0.0	<b>286.8</b>
<b>1977</b>	37.5	25.0	13.0	271.2	105.5	96.2	92.1	14.0	50.0	0.0	0.0	0.0	<b>704.5</b>
<b>1978</b>	0.0	183.8	128.3	80.7	40.1	31.0	32.5	20.1	5.2	0.0	0.0	0.0	<b>521.7</b>
<b>1979</b>	18.8	6.2	15.0	110.5	50.1	17.3	74.0	5.0	0.0	0.0	8.7	0.0	<b>305.6</b>
<b>1980</b>	17.0	75.7	28.2	5.0	23.8	53.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<b>203.6</b>
<b>1981</b>	83.2	19.0	288.5	22.0	9.2	37.2	0.0	0.0	0.0	0.0	6.2	15.0	<b>480.3</b>
<b>1982</b>	0.0	41.4	1.0	81.6	31.0	89.5	45.3	11.2	5.0	0.0	0.0	0.0	<b>306.0</b>
<b>1983</b>	2.0	42.2	27.8	17.8	31.2	42.3	40.2	18.2	0.0	0.0	0.0	0.0	<b>221.7</b>
<b>1984</b>	0.0	0.0	60.2	107.1	71.2	12.0	44.1	71.0	14.3	0.0	0.0	0.0	<b>379.9</b>
<b>1985</b>	16.0	136.4	115.7	74.6	2.3	42.6	52.8	21.5	2.2	0.0	4.0	10.4	<b>478.5</b>
<b>1986</b>	23.8	131.8	132.4	68.6	68.6	50.6	50.4	58.6	13.0	0.0	8.6	0.0	<b>606.4</b>
<b>1987</b>	15.2	3.0	96.8	36.0	0.0	31.4	34.4	0.0	0.0	6.8	0.0	0.0	<b>223.6</b>
<b>1988</b>	19.0	89.8	126.6	54.6	23.2	59.8	90.6	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<b>467.6</b>
<b>1989</b>	0.0	0.0	58.6	227.6	50.5	59.6	71.6	40.2	0.0	2.0	5.6	40.4	<b>556.1</b>
<b>1990</b>	0.0	58.0	0.0	43.0	52.9	34.8	45.8	21.6	32.8	5.0	5.2	0.0	<b>299.1</b>
<b>1991</b>	0.0	33.0	119.6	32.6	82.8	21.2	24.8	31.2	0.0	0.0	0.0	0.0	<b>345.2</b>
<b>1993</b>	0.0	0.0	0.0	6.8	9.6	17.8	28.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<b>62.9</b>
<b>1994</b>	80.0	113.0	68.0	21.3	82.8	78.2	73.3	2.0	20.0	0.0	0.0	32.4	<b>571.0</b>
<b>1995</b>	30.2	49.2	84.4	51.6	19.0	44.4	56.4	7.1	1.0	0.0	12.0	0.0	<b>355.3</b>
<b>1996</b>	4.1	0.0	92.8	129.4	0.0	26.2	63.3	24.8	12.1	0.0	43.4	0.0	<b>396.1</b>
<b>1997</b>	8.4	65.9	102.4	90.1	66.7	17.0	37.5	23.1	11.4	0.0	15.0	25.8	<b>463.3</b>
<b>1998</b>	1.2	0.0	22.5	16.9	34.6	13.2	29.7	36.4	0.0	0.0	0.0	0.0	<b>154.5</b>
<b>1999</b>	2.2	17.2	71.6	6.7	33.7	28.4	37.8	10.9	0.0	0.0	0.0	25.2	<b>233.7</b>
<b>2000</b>	84.0	97.2	43.8	54.6	37.7	63.2	110.4	36.6	40.2	4.3	2.0	75.8	<b>649.8</b>
<b>2001</b>	38.5	0.0	79.4	1.0	0.0	107.0	50.0	31.7	18.2	12.0	0.0	0.0	<b>337.8</b>
<b>2002</b>	122.8	179.2	48.6	0.0	90.2	51.8	20.9	5.7	7.4	3.0	5.2	39.5	<b>574.3</b>
<b>2003</b>	40.4	18.5	25.1	109.1	93.6	61.5	6.2	36.4	9.2	0.0	0.0	2.2	<b>402.2</b>
<b>2004</b>	278.9	160.0	36.3	38.3	39.2	74.5	97.5	18.6	5.2	0.0	0.0	6.0	<b>754.5</b>
<b>2005</b>	4.3	14.0	114.3	31.6	50.9	101.8	15.6	34.8	0.0	0.0	0.0	65.7	<b>433.0</b>
<b>2006</b>	0.0	71.2	39.4	23.5	20.6	124.8	20.7	1.0	0.0	0.0	5.2	0.0	<b>306.4</b>
<b>Média</b>	<b>21.3</b>	<b>38.9</b>	<b>56.0</b>	<b>57.3</b>	<b>39.4</b>	<b>41.3</b>	<b>35.9</b>	<b>13.6</b>	<b>4.7</b>	<b>2.9</b>	<b>3.7</b>	<b>8.7</b>	<b>323.8</b>

Org.: a autora.

**APÊNDICE II - Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas das águas dos poços antigo, novo e reservatório (coletivo).**



<b>Laudo N°.: 259/2012</b>	Data da Coleta: 28/08/2012
Interessado: José Geraldo Baracuhy	Resp. pela Coleta: Interessado
Município: Cabaceiras - PB	Data da Entrega da Amostra: 28/08/2012
Localidade: Cabaceiras	Tipo de Recipiente: Garrafa plástica
Procedência: P18 - Poço Antigo	Data da Análise: 29/08/2012

PARÂMETROS	RESULTADOS	VMP (*)
Condutividade Elétrica, $\mu\text{mho/cm}$ a 25 °C	1.900,0	---
Potencial Hidrogeniônico, pH	8,2	6,0 a 9,5
Turbidez, (uT)	1,0	5,0
Cor, Unidade Hazen (mg Pt-Co/L).	10,0	15,0
Dureza em Cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), mg/L	54,2	---
Dureza em Magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ), mg/L	39,4	---
Dureza Total ( $\text{CaCO}_3$ ), mg/L	299,5	500,0
Sódio ( $\text{Na}^+$ ), mg/L	<b>291,6</b>	200,0
Potássio ( $\text{K}^+$ ), mg/L	5,3	---
Alumínio ( $\text{Al}^{3+}$ ), mg/L	0,00	0,2
Ferro Total, mg/L	0,01	0,3
Alcalinidade em Hidróxidos, mg/L ( $\text{CaCO}_3$ )	0,0	---
Alcalinidade em Carbonatos, mg/L ( $\text{CaCO}_3$ )	59,2	---
Alcalinidade em Bicarbonatos, mg/L ( $\text{CaCO}_3$ )	408,8	---
Alcalinidade Total, mg/L ( $\text{CaCO}_3$ )	468,0	---
Sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), mg/L	68,6	250,0
Fósforo Total, mg/L	0,6	---
Cloreto ( $\text{Cl}^-$ ), mg/L	<b>309,6</b>	250,0
Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), mg/L	0,00	10,0
Nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ), mg/L	0,01	1,0
Amônia ( $\text{NH}_3$ ), mg/L	0,14	1,5
Sílica, mg/L ( $\text{SiO}_2$ )	29,8	---
ILS (Índice de Saturação de Langelier)	1,05	$\leq 0$
STD (Sólidos Totais Dissolvidos a 180°C), mg/L	<b>1.332,9</b>	1.000,0

(\*)VMP - Valor Máximo Permissível ou recomendável pela Legislação Brasileira (PORTARIA 2914/11 MS).

**LAUDO:**

De acordo com os resultados analíticos acima relacionados, esta água **não** se encontra dentro dos padrões de potabilidade no que se refere aos parâmetros físico-químicos.

OBSERVAÇÕES:

- Os resultados se referem única e exclusivamente à amostra de água analisada neste laboratório.
- Os dados de identificação da amostra foram fornecidos pelo interessado.

A divulgação dos resultados desta análise, assim como sua utilização para quaisquer fins, é de exclusiva responsabilidade do interessado.

Eng. Químico Responsável: Prof. Kepler B. França (CRO 9.19.3-1303118)

Visto da Coordenação: Prof. Kepler B. França

Data: 10/09/2012



**LABDES**  
Laboratório de Referência em Dessalinização

<b>Laudo N<sup>o</sup>.:407/2012</b>	Data da Coleta:05/12/2012
Interessado: José Geraldo Vasconcelos Baracuhy	Resp. pela Coleta: Interessado
Município: Cabaceiras – PB	Data da Entrega da Amostra: 06/12/2012
Localidade: Ribeira	Tipo de Recipiente: Garrafa plástica
Procedência: Poço Novo	Data da Análise: 06/12/2012

PARÂMETROS	RESULTADOS	VMP (*)
Condutividade Elétrica, µmho/cm a 25 °C	1.113,0	---
Potencial Hidrogeniônico, pH	7,4	6,0 a 9,5
Turbidez, (uT)	0,6	5,0
Cor, Unidade Hazen (mg Pt–Co/L).	5,0	15,0
Dureza em Cálcio (Ca <sup>++</sup> ), mg/L	61,6	---
Dureza em Magnésio (Mg <sup>++</sup> ), mg/L	45,7	---
Dureza Total (CaCO <sub>3</sub> ), mg/L	344,5	500,0
Sódio (Na <sup>+</sup> ), mg/L	113,2	200,0
Potássio (K <sup>+</sup> ), mg/L	10,5	---
Alumínio (Al <sup>3+</sup> ), mg/L	0,00	0,2
Ferro Total, mg/L	0,02	0,3
Alcalinidade em Hidróxidos, mg/L (CaCO <sub>3</sub> )	0,0	---
Alcalinidade em Carbonatos, mg/L (CaCO <sub>3</sub> )	0,0	---
Alcalinidade em Bicarbonatos, mg/L (CaCO <sub>3</sub> )	268,0	---
Alcalinidade Total, mg/L (CaCO <sub>3</sub> )	268,0	---
Sulfato (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ), mg/L	42,1	250,0
Fósforo Total, mg/L	0,0	---
Cloreto (Cl <sup>-</sup> ), mg/L	202,4	250,0
Nitrato (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ), mg/L	0,00	10,0
Nitrito (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ), mg/L	0,00	1,0
Amônia (NH <sub>3</sub> ), mg/L	0,00	1,5
Sílica, mg/L (SiO <sub>2</sub> )	27,6	---
ILS (Índice de Saturação de Langelier)	0,06	≤ 0
STD (Sólidos Totais Dissolvidos a 180°C), mg/L	830,0	1.000,0

(\*)VMP - Valor Máximo Permissível ou recomendável pela Legislação Brasileira (PORTARIA 2914/11 MS).

**LAUDO:**

De acordo com os resultados analíticos acima relacionados, esta água se encontra dentro dos padrões de potabilidade no que se refere aos parâmetros físico-químicos.

**OBSERVAÇÕES:**

- 1- Os resultados se referem única e exclusivamente à amostra de água analisada neste laboratório.
- 2- Os dados de identificação da amostra foram fornecidos pelo interessado.

A divulgação dos resultados desta análise, assim como sua utilização para quaisquer fins, é de exclusiva responsabilidade do interessado.

Eng. Químico Responsável: Prof. Kepler B. França (CRQ – 9193.1303118)

Visto da Coordenação: Prof. Kepler B. França  Data: 13/12/2012


**LABDES**

Laboratório de Referência em Dessalinização

<b>Laudo N<sup>o</sup> : 258/2012</b>	Data da Coleta: 28/08/2012
Interessado: José Geraldo Baracuhy	Resp. pela Coleta: Interessado
Município: Cabaceiras - PB	Data da Entrega da Amostra: 28/08/2012
Localidade: Cabaceiras	Tipo de Recipiente: Garrafa plástica
Procedência: P17 - Poço Coletivo	Data da Análise: 29/08/2012

PARÂMETROS	RESULTADOS	VMP (*)
Condutividade Elétrica, µmho/cm a 25 °C	1.190,0	---
Potencial Hidrogeniônico, pH	8,0	6,0 a 9,5
Turbidez, (uT)	1,4	5,0
Cor, Unidade Hazen (mg Pt-Co/L).	10,0	15,0
Dureza em Cálcio (Ca <sup>++</sup> ), mg/L	38,0	---
Dureza em Magnésio (Mg <sup>++</sup> ), mg/L	30,0	---
Dureza Total (CaCO <sub>3</sub> ), mg/L	220,0	500,0
Sódio (Na <sup>+</sup> ), mg/L	156,6	200,0
Potássio (K <sup>+</sup> ), mg/L	7,0	---
Alumínio (Al <sup>3+</sup> ), mg/L	0,03	0,2
Ferro Total, mg/L	0,01	0,3
Alcalinidade em Hidróxidos, mg/L (CaCO <sub>3</sub> )	0,0	---
Alcalinidade em Carbonatos, mg/L (CaCO <sub>3</sub> )	29,6	---
Alcalinidade em Bicarbonatos, mg/L (CaCO <sub>3</sub> )	278,4	---
Alcalinidade Total, mg/L (CaCO <sub>3</sub> )	308,0	---
Sulfato (SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> ), mg/L	47,3	250,0
Fósforo Total, mg/L	0,0	---
Cloreto (Cl <sup>-</sup> ), mg/L	166,1	250,0
Nitrato (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ), mg/L	0,04	10,0
Nitrito (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ), mg/L	0,02	1,0
Amônia (NH <sub>3</sub> ), mg/L	0,02	1,5
Sílica, mg/L (SiO <sub>2</sub> )	29,5	---
ILS (Índice de Saturação de Langelier)	0,54	≤ 0
STD (Sólidos Totais Dissolvidos a 180°C), mg/L	832,0	1.000,0

(\*)VMP - Valor Máximo Permissível ou recomendável pela Legislação Brasileira (PORTARIA 2914/11 MS).

**LAUDO:**

De acordo com os resultados analíticos acima relacionados, esta água se encontra dentro dos padrões de potabilidade no que se refere aos parâmetros físico-químicos.

**OBSERVAÇÕES:**

- 1- Os resultados se referem única e exclusivamente à amostra de água analisada neste laboratório.
- 2- Os dados de identificação da amostra foram fornecidos pelo interessado.

A divulgação dos resultados desta análise, assim como sua utilização para quaisquer fins, é de exclusiva responsabilidade do interessado.

Eng. Químico Responsável: Prof. Kepler B. França (CRO - 19.3.1303118)

Visto da Coordenação: Prof. Kepler B. França

Data: 10/09/2012



**LABDES**  
Laboratório de Referência em Dessalinização

Laudó N.º: 93	Data da Coleta: 28/08/2012
Interessado: José Geraldo de V. Baracuhy	Resp. pela Coleta: Interessado
Município: Cabaceira - Pb	Data da Entrega da Amostra: 28/08/2012
Localidade: Cabaceira - Pb	Tipo de Recipiente: Frasco polietileno autoclavável
Procedência: Coletivo (P16)	Data da Análise: 28/08/2012

PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS	
Coliformes Totais	PRESENTE
<i>E.coli</i>	AUSENTE

(\*) VMP - Valor Máximo Permissível ou recomendável pela Legislação Brasileira (PORTARIA 2914/11 MS).

<p><b>LAUDO:</b></p> <p>De acordo com os resultados analíticos acima relacionados, esta água <b>não</b> se encontra dentro dos padrões de potabilidade, no que se refere aos parâmetros microbiológicos.</p> <p>OBSERVAÇÕES:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1- Os resultados se referem única e exclusivamente à amostra de água analisada neste laboratório.</li> <li>2- Os dados de identificação da amostra foram fornecidos pelo interessado.</li> </ol> <p>A divulgação dos resultados desta análise, assim como sua utilização para quaisquer fins, é de exclusiva responsabilidade do interessado.</p>
<p>Químico Responsável: Prof. Kepler B. França (CRQ – 01.303.119)</p> <p>Visto da Coordenação: Prof. Kepler B. França  Data: 31/08/2012</p>