



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS NATURAIS



RONILDO ALCÂNTARA PEREIRA

**FATORES DETERMINANTES E NÍVEIS DE PROPENSÃO À PERDA DE SOLOS E SEUS
EFEITOS SOCIOECONÔMICOS E AMBIENTAIS NA BACIA DO RIO SERRA BRANCA - PB**

Campina Grande-PB
2012

RONILDO ALCÂNTARA PEREIRA

FATORES DETERMINANTES E NÍVEIS DE PROPENSÃO À PERDA DE SOLOS
E SEUS EFEITOS SOCIOECONÔMICOS E AMBIENTAIS NA BACIA DO RIO
SERRA BRANCA - PB

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Recursos Naturais da Universidade Federal de
Campina Grande, em cumprimento às exigências para
obtenção do grau de Doutor.

Área de Concentração: Sociedade e Recursos Naturais

Linha de Pesquisa: Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas

Orientador: Prof. Dr. José Dantas Neto

Campina Grande - PB
2012

RONILDO ALCÂNTARA PEREIRA

FATORES DETERMINANTES E NÍVEL DE PROPENSÃO À PERDA DE SOLOS E SEUS
EFEITOS SOCIOECONOMICOS E AMBIENTAIS NA BACIA DO RIO SERRA BRANCA –
PB

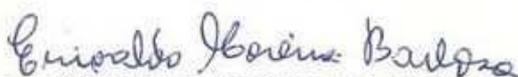
APROVADA EM: 23/10/2012

BANCA EXAMINADORA



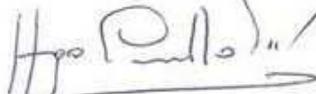
Dr. JOSÉ DANTAS NETO

Universidade Federal de Campina Grande – UFCG



Dr. ERIVALDO MOREIRA BARBOSA

Universidade Federal de Campina Grande – UFCG



Dr. HUGO ORLANDO CARVALLO GUERRA

Universidade Federal de Campina Grande – UFCG



Dra. WALESKA SILVEIRA LIRA

Universidade Estadual da Paraíba - UEPB



Dr. BERNARDO BARBOSA DA SILVA

Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

P436f Pereira, Ronildo Alcântara.

Fatores determinantes e níveis de propensão à perda de solos e seus efeitos socioeconômicos e ambientais na Bacia do Rio Serra Branca - PB / Ronildo Alcântara Pereira. – Campina Grande, 2012.

164 f. : il. color.

Tese (Doutorado em Recursos Naturais) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.

Orientador: Prof. Dr. José Dantas Neto.

Referências.

1. Unidades Geoambientais. 2. Caracterização do Solo. 3. Cobertura Vegetal. 4. Semiárido. I. Título.

CDU 556 (043)

A Nilda, Clênia, Piumara e Ana.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

... A Deus, arquiteto do universo e criador de todas as coisas e a Maria dos Milagres por este feito;

A minha família, pela força e incentivo a continuar;

Ao professor José Dantas Neto, pela paciência, confiança e liberdade dispensadas a minha pessoa no desenvolvimento do trabalho;

A Nanau, Martene, Gilson, Zé de Ernani, fundamentais no trabalho de campo;

A Secretaria de Saúde da Prefeitura Municipal de Serra Branca, pela sessão dos ACS, para a aplicação dos questionários;

Aos ACS, Acássia e Vanderlei pela dedicação e pontualidade com que conduziram o trabalho;

Aos produtores rurais da Bacia do rio Serra Branca, por permitirem as análises em suas terras, sempre solícitos;

Aos colegas de Laboratório pelo apoio nas análises de mecânica de solos;

A Unidade Acadêmica de Engenharia Civil, na pessoa do Prof. José Gomes pela sessão dos equipamentos para as análises de solo;

A Clênia e Piumara pela revisão do texto;

A Ana pela colaboração no acabamento das figuras;

Ao John pela revisão dos mapas;

A Cleide dos Santos pela presteza com que sempre me atendeu

E ao povo do Cariri, que teve papel de destaque nesta construção.

Finalmente, sou penhoradamente grato a todos os que de forma direta ou indireta contribuíram para a realização deste estudo.

LISTA DE FIGURAS

1. Escala corocromática dos níveis de propensão à perda de solo	42
2. Mapas base para a delimitação das Unidades Geoambientais	44
3. Mapa de solos e pontos georreferenciados de coleta de amostras, ensaios de densidade in situ e infiltração de água no solo	46
4. Localização da Bacia Hidrográfica do rio Serra Branca em relação ao estado da Paraíba	54
5. Veios de quartzo em migmatitos encontrados na área de estudo, com afloramento próximo a foz do rio Serra Branca	57
6. Demonstrativo da concentração das precipitações médias intra-anuais entre os anos de 1965 e 2010, para a bacia do rio Serra Branca	65
7. Unidades climáticas do Estado da Paraíba segundo Gaussen para bacia do rio Serra Branca	66
8. Classes de uso da Terra na bacia do rio Serra Branca	69
9. Valores de albedo (1987/2010) para a área da bacia do rio Serra Branca	73
10. Histogramas, representando o comportamento do albedo nos anos de 1987 e 2010, bacia do rio Serra Branca	73
11. Valores de SAVI (1987/2010) para a área da bacia do rio Serra Branca	76
12. Índice de Área Foliar (IAF), para a bacia do rio Serra Branca nas datas correspondentes 09/05/1987 e 09/06/2010	77
13. Enhanced Vegetation Index (EVI), para a bacia do rio Serra Branca nas datas correspondentes 09/05/1987 e 09/06/2010	79
14. Pontos de controle amostrais e delimitação das Unidades Geoambientais da bacia do rio Serra Branca – PB	81
15. Localização da Unidade Geoambiental um, na bacia do rio Serra Branca - PB	82
16. Valores médios de densidade aparente e grau de compactação da unidade geoambiental UG1 na bacia do rio Serra Branca	82
17. Operação para extração da amostra indeformada e determinação da densidade de campo	83
18. Porcentagem média das faixas granulométrica para a UG1 da bacia do rio Serra Branca	85
19. Valores de infiltração – usos, agrícola e pastagem para a área de amostragem um da UG1	88
20. Perfil de solo (classe Regossolo distrófico) AA1 da UG2, bacia do rio Serra Branca – PB	89
21. Valores de velocidade de infiltração – AA2, usos, agrícola e pastagem, para a UG1	90
22. Perfil de solo, classe Regossolo eutrófico, presente na AA2 da UG2 da bacia	90
23. Valores de infiltração acumulada e velocidade – AA3, usos, agrícola e pastagem	91
24. Valores de infiltração acumulada e velocidade – AA4/UG2, usos, agrícola e pastagem	92

25. Valores de velocidade infiltração – AA5, usos, agrícola e pastagem	92
26. Perfil de solo (areia quartzosa), AA5 da UG2 – bacia do rio Serra Branca - PB	93
27. Localização da Unidade Geoambiental dois, na bacia do rio Serra Branca – PB	95
28. Valores de densidade de campo e grau de compactação da UG2	95
29. Porcentagem média das faixas granulométrica para a UG3 da bacia do rio Serra Branca	97
30. Atividade das argilas encontradas na UG2 da Bacia do Rio Serra Branca – PB	98
31. Representação da espessura do colchão de areia, em um trecho do rio Serra Branca	100
32. Valores de velocidade de infiltração – para a AA1, usos, agrícola e pastagem UG2, bacia do rio Serra Branca - PB	100
33. Valores de velocidade de infiltração – para a AA2, usos, agrícola e pastagem UG2, bacia do rio Serra Branca - PB	101
34. Valores de velocidade de infiltração – para a AA3, usos, agrícola e pastagem UG2, bacia do rio Serra Branca - PB	102
35. Valores de velocidade de infiltração – para a AA4, usos, agrícola e pastagem UG2, bacia do rio Serra Branca – PB	102
36. Perfil Vertissolo cromado órtico – UG2	104
37. Localização da Unidade Geoambiental três, na bacia do rio Serra Branca – PB	105
38. Valores de densidade aparente e grau de compactação da UG3, bacia do rio Serra Branca	106
39. Porcentagem média das faixas granulométrica para a UG3 da bacia do rio Serra Branca	107
40. Valores de velocidade de infiltração – para a AA1, usos, agrícola e pastagem UG3, bacia do rio Serra Branca - PB	110
41. Valores de velocidade de infiltração – para a AA2, usos, agrícola e pastagem UG3, bacia do rio Serra Branca - PB	111
42. Valores de velocidade de infiltração – para a AA3, usos, agrícola e pastagem UG3, bacia do rio Serra Branca - PB	112
43. Valores de infiltração acumulada e velocidade de infiltração – para a AA4, usos, agrícola e pastagem UG3, bacia do rio Serra Branca - PB	113
44. Valores de velocidade de infiltração – para a AA5, usos, agrícola e pastagem UG3, bacia do rio Serra Branca - PB	114
45. Perfil Luvisolo UG3, bacia do rio Serra Branca – PB	115
46. Parâmetros para elaboração dos percentuais de deterioração da unidade social da bacia	119
47. Percentuais de deterioração das variáveis da unidade social, bacia do rio Serra Branca – PB	120
48. Parâmetros para elaboração dos percentuais de deterioração da unidade econômica da bacia	120

49. Percentuais de deterioração das variáveis da unidade econômica, bacia do rio Serra Branca	121
50. Parâmetros para elaboração dos percentuais de deterioração da unidade tecnológica na bacia do rio Serra Branca - PB	122
51. Porcentagens das unidades de deterioração: tecnológica, para a bacia do rio Serra Branca – PB	122
52. Médias das porcentagens das unidades de deterioração: social, econômica e tecnológica, para a bacia do rio Serra Branca – PB	124
53. Parâmetros para elaboração dos percentuais de deterioração da unidade econômica na bacia do rio Serra Branca - PB	120
54. Percentual de deterioração da variável da unidade ambiental, bacia do rio Serra Branca – PB	125
55. Expansão da Algarobeira (<i>Prosopis juliflora</i> [DC]) na bacia do rio Serra Branca – PB	129
56. Mapa da variável, estrutura geológica da bacia do rio Serra Branca – PB	135
57. Mapa de radiação solar global anual (MW/m ² /h/ano) para a área da Bacia do rio Serra Branca – PB	136
58. Valores ponderados de propensão à perda de solos, derivados do modelo de elevação e mapa de declividade da bacia do rio Serra Branca, com base na imagem SRTM (2000)	138
59. Médias das precipitações anuais para a microrregião onde se localiza a bacia do rio Serra Branca – PB	140
60. Mapa dos valores de propensão à perda de solo com base na intensidade pluviométrica, para a Bacia do rio Serra Branca	140
61. Mapa das classes de solos da bacia do rio Serra Branca – PB	143
62. Mapa dos valores de propensão à perda de solo para as classes encontradas na bacia do rio Serra Branca	144
63. Mapas de classificação dos níveis de cobertura vegetal (A. níveis de propensão e B. classes de cobertura) para a bacia do rio Serra Branca – PB	146
64. Características do solo existente no extremo oeste, onde nascem os principais rios da bacia do rio Serra Branca – PB	148
65. Aspectos, do solo e da vegetação no entorno do polígono antropizado da bacia do rio Serra Branca – PB	148
66. Mapa geral de propensão à perda de solos para a bacia do rio Serra Branca	149

LISTA DE TABELAS

1. Valores atribuídos as Ugs, segundo o nível de propensão	41
2. Critérios para determinação das Unidades Geoambientais (UGs)	45
3. Classes de solo, tipo de vegetação, grau de cobertura vegetal e frequência de cada combinação	48
4. Quantidades e porcentagens das classes de solo encontradas na bacia	50
5. Descrição das bandas do Thematic Map (TM) do Landsat 5, com os intervalos de comprimento de onda correspondentes, coeficientes de calibração e irradiâncias espectrais no topo da atmosfera (TOA).	51
6. Códigos e variáveis do diagnóstico socioambiental	53
7. Tipos e características gerais das rochas da área de estudo	56
8. Formas geomorfológicas da área de estudo	59
9. Principais Características dos solos, forma de utilização e intensidade do relevo	61
10. Classificação fitogeográfica para a Caatinga	64
11. Descrição das bandas do Thematic Map (TM) do Landsat 5, com os intervalos de comprimento de onda correspondentes	74
12. Dados estatísticos de albedo determinados na bacia do rio Serra Branca – PB	76
13. Valores estatísticos do Soil Adjusted Vegetation Index – SAVI, para a bacia do rio Serra Branca	78
14. Valores estatísticos do Índice de Área Foliar (IAF) para a bacia do rio Serra Branca	78
15. Valores estatísticos do EVI para os dias: 09/05/1987 e 09/06/2010	84
16. Dados estatísticos referentes aos ensaios de densidade campo (DC), densidade máxima (DM) e grau de compactação (GC)	85
17. Dados estatísticos das análises granulométrica do solo da UG1	86
18. Dados relativos aos ensaios de limites de liquidez e plasticidade das amostras de solo da UG1, bacia do rio Serra Branca - PB	86
19. Valores das propriedades químicas do solo para as AA1 - 5 da UG1 – bacia do rio Serra Branca – PB	89
20. Classificação do perfil de solo 1, da classe Regossolo – UG1	91
21. Classificação do perfil de solo 2, da classe Regossolo – UG1, bacia do rio Serra Branca – PB	93
22. Classificação do perfil de solo 3, da classe areia quartzosa – UG1, bacia do rio Serra Branca – PB	94
23. Valores de VIB das áreas de amostragem da UG1	96

24. Dados estatísticos referentes aos ensaios de densidade campo (DC), densidade máxima (DM) e grau de compactação (GC) da UG2	97
25. Dados estatísticos médios das faixas granulométrica do solo da UG2	98
26. Valores relativos aos ensaios de limites de liquidez e plasticidade das amostras de solo da UG2, bacia do rio Serra Branca - PB	99
27. Valores das propriedades químicas do solo para a UG2 – bacia do rio Serra Branca – PB	103
28. Valores de VIB das áreas de amostragem da UG2	104
29. Classificação do perfil 4, classe Vertissolo – UG2	106
30. Dados estatísticos referentes aos ensaios de densidade campo (DC), densidade máxima (DM) e grau de compactação (GC) da UG3	108
31. Dados estatísticos das médias das faixas granulométrica do solo da UG3	108
32. Valores relativos aos ensaios de limites de liquidez e plasticidade das amostras de solo da UG3, bacia do rio Serra Branca - PB	109
33. Valores de algumas propriedades químicas do solo para a UG3 – bacia do rio Serra Branca – PB	114
34. Valores de VIB das áreas de amostragem da UG3	116
35. Classificação do perfil 6, classe Luvisolo UG3	126
36. Parâmetros morfométricos da bacia do rio Serra Branca - PB	137
37. Médias anuais de precipitação (MAP), período chuvoso (PC) e intensidade pluviométrica (IP) para a área da bacia do rio Serra Branca – PB	141

LISTA DE SIGLAS

ABEAS	Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior
UG	Unidade Geoambiental
IAF	Índice de área foliar
SAVI	Soil Adjusted Vegetation Index
SIG	Sistemas de Informação Geográfica
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
RADAMBRASIL	Radar da Amazônia Brasileira
PI	Plano de Informação
CDATE	Centro Interamericano de Desenvolvimento de Águas e Terras da Venezuela
CPRM	Companhia de Produção de Recursos Minerais – Serviço Geológico do Brasil
BH	Bacia Hidrográfica
SEBAL	Surface Energy Balance Algorithm for Land
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
SUDEMA	Superintendência de Administração do Meio Ambiente
SUDENE	Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
MEA	Massa Equatorial Atlântica
MEC	Massa Equatorial Tropical
INCRA	Instituto Brasileiro de Colonização e Reforma Agrária
TM	Thematic Map
LANDSAT	Land Remote Sensing Satellite
SGBD	Sistema Gerenciador de Banco de Dados
SPRING	Sistema de Processamento de Informações Geográficas
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
GPS	Global Position System
MO	Matéria Orgânica
SRTM	Shuttle Radar Topographic Mission
EVI	Enhanced Vegetation Index
APP	Área de Proteção Permanente
CTC	Capacidade de Trocas Catiônicas
AESA	Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba
IBDF	Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal
FUNRURAL	Contribuição Previdenciária sobre a Comercialização Rural
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
INSA	Instituto Nacional do Semiárido
MNT	Modelo Numérico de Terreno
BNB	Banco do Nordeste do Brasil
DC	Densidade de Campo
DM	Densidade Máxima
UTM	Universal Transversa de Mercator
VIB	Velocidade Básica de Infiltração
LL/LP	Limites de Líquidos/Limite de Plasticidade
IP	Índice de Plasticidade

PEREIRA, R. A. *Fatores determinantes e níveis de propensão à perda de solos e seus efeitos socioeconômicos e ambientais na bacia do rio Serra Branca - PB*. Campina Grande: UFCG, 2012. 160 p. (Tese de Doutorado).

RESUMO

A bacia do rio Serra Branca, situada no Semiárido Brasileiro, se configura como um espaço ambientalmente diversificado, em função do clima, da conformação do relevo, dos solos, das diversas feições da vegetação, mas principalmente pelo uso que lhe é destinado, muitas vezes em desacordo com o potencial de cada local. Este fato tem ocasionado uma série de problemas na camada superficial do solo e modificações pontuais na cobertura vegetal, acelerando a já intensa perda de solos. Diante do quadro descrito, este trabalho teve como proposta analisar os fatores que desencadeiam a perda de solos em unidades geoambientais na bacia do Rio Serra Branca, localizada no Cariri ocidental da Paraíba, determinando-lhes o nível de propensão em decorrência de fatores de ordem natural e antrópica, que ocorrem de forma associada. A metodologia, com base apenas na interpretação visual de imagem de satélite foi adaptada para atender ao propósito do estudo, incorporando outros aspectos, como a amplitude do relevo, a ocorrência de solos predominantes e as diversas feições da vegetação. Também foi feito uso de dados obtidos em mapas e relatórios, assim como no trabalho de campo. Com tais procedimentos foi possível delimitar três unidades geoambientais de feições homólogas. Os resultados encontrados mostraram que as unidades passam por um processo lento de rebaixamento da cobertura vegetal e modificações nas propriedades do solo, fato que contribui para expô-lo aos processos erosivos, sendo mais acentuado na unidade geoambiental um e melhor preservada na unidade geoambiental três. Foi constatado que o efeito da atividade pecuária sobre as propriedades do solo foram mais evidentes na classe Vertissolo e nas áreas de uso consorciado, e que o nível médio da perda de solo, no âmbito da bacia, é mediamente propenso.

Palavras-chave: Unidades geoambientais, caracterização do solo, cobertura vegetal, Semiárido.

PEREIRA, R. A. Determinants and levels of propensity for soils loss and their socioeconomic and environmental impacts in the basin of the Serra Branca River. Campina Grande: UFCG, 2012. 200 p. (Doctoral thesis).

ABSTRACT

The Serra Branca River basin, located in the Brazilian Semiarid, is configured as a space environmentally diverse, due to the climate, the conformation of topography, soils, various features of the vegetation, but mainly for the use that is destined, which it is often in disagreement with the potential of each site. This fact has caused a lot of problems in the topsoil and vegetation in specific modifications, accelerating the already intense soil loss. Given the context described, this work aimed to analyze the factors that trigger to soil loss as geoenvironmental units in Serra Branca river basin, located in the western Cariri of Paraiba, and establish their level of propensity factors due to the natural order and anthropogenic, that occur in association. The methodology, based only on visual interpretation of satellite imagery has been adapted to suit the purpose of the study, incorporating aspects such as the extent of the topography, the occurrence of predominant soils and the various features of the vegetation. It was also made use of data from maps, reports, and field work. With these procedures it was possible to define three geoenvironmental units with traits homologous. The results showed that the units go through a slow downgrade of vegetation process, changes in soil properties, a fact that contributes to expose it to erosion processes, being more pronounced in the first geoenvironmental unit and best preserved in the third geoenvironmental unit. It was observed that the effect of cattle activity on soil properties was more evident in the Vertisol and consorted areas, and that the average level of soil loss within the basin is moderately susceptible.

Keywords: Geoenvironmental units, characterization of soil, vegetation coverage, Semiarid.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
2. OBJETIVOS	19
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	20
3.1 Processos modeladores, formação, propriedades dos solos e intervenções antrópicas	20
3.2 Semiárido: aspectos singulares, fragilidades e componentes de um cenário eco social	26
3.3 Métodos e técnicas aplicados à mensuração das questões socioambientais	30
3.4 Trabalho de campo como subsídio aos dados pré-existentes	34
3.5 O papel do Estado no fomento às políticas de desenvolvimento para a área de estudo	36
3.6 Bacia Hidrográfica: unidade ideal para o estudo e a gestão	40
4. MATERIAIS E MÉTODOS	41
4.1 Critérios para identificação das UGs	44
4.2 Parâmetros para a determinação das áreas de amostragem de solos	47
4.3 Determinação de parâmetros espectrais intertemporais	50
4.4 Determinação do perfil socioeconômico e ações de conservação na bacia	52
4.5 Caracterização da área de estudo	53
4.5.1 Aspectos Geológicos: contexto regional	55
4.5.2 Aspectos geológicos: contexto local	56
4.5.3 Aspectos geomorfológicos: contexto regional	57
4.5.4 Aspectos geomorfológicos: contexto local	58
4.5.5 Aspectos edáficos: contexto regional	59
4.5.6 Aspectos edáficos: contexto local	60
4.5.7 Aspecto da vegetação: contexto regional	62
4.5.8 Aspecto da vegetação: contexto local	64
4.5.9 Aspecto do clima: contexto regional	66
4.5.10 Aspecto do clima: contexto local	67
4.5.11 Uso do solo: contexto local	68
4.5.12 Estrutura agrária na área da bacia do Rio Serra Branca	70
4.6 Material	71
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	72
5.1 Análise intertemporal de parâmetros espectrais da Bacia	72
5.2 Propriedades do solo e suas relações com a propensão à perda por diferentes fatores	79
5.2.1 Propriedades do solo da Unidade Geoambiental dois (UG1)	81
5.2.2 Propriedades do solo da Unidade Geoambiental três (UG2)	94
5.2.3 Propriedades do solo da Unidade Geoambiental três (UG3)	105
5.3 Perfil socioeconômico da população, uso e práticas de conservação do solo.	116
5.4 Ações institucionais de fomento e aspectos ambientais da bacia em estudo.	126
6. Análise integrada dos fatores morfopedogenéticos da área da bacia.	132
6.1 Fatores da estrutura geológica da área da bacia do Rio Serra Branca (G)	134
6.2 Fatores geomorfológicos da área da bacia do rio Serra Branca (Ge)	135
6.3 Fatores climatológicos da área da bacia do rio Serra Branca (C)	138
6.4 Fatores Pedológicos da área da bacia do rio Serra Branca (P)	142
6.5 Fatores Fitogeográficos da área da bacia do rio Serra Branca (V)	145
6.6 Mapa geral da propensão à perda de solos na bacia do rio Serra Branca – PB	149

7. CONCLUSÕES	151
8. REFERÊNCIAS	153

1. INTRODUÇÃO

Os problemas ambientais, pela relevância que adquiriram, têm chamado a atenção de todas as esferas da sociedade, em resposta aos constantes impactos ocasionados pelos sistemas produtivos. Em consequência, estudos demonstrando preocupação com tais questões têm ganhado visibilidade, em virtude da gama de processos degradantes, tais como: crescimento populacional, ocupação desordenada de ecossistemas, agricultura e pecuária predatórias, entre outros. A estas últimas atividades, por serem manejadas de forma imprópria, podem ser creditadas um cabedal de repercussões negativas, especialmente em áreas fragilizadas, social e ambientalmente (GUERRA e CUNHA, 2005).

Em face desta realidade, a busca por ferramentas que mensurem a relação entre a exploração e o equilíbrio torna-se imperativa, pois ao mesmo tempo em que possibilitam o uso racional dos recursos da natureza, suscitam o surgimento de métodos para a análise sistêmica do ambiente, na perspectiva de mitigar seus impactos.

A problemática ambiental toma maiores proporções em áreas povoadas ou ocupadas de forma desordenada e, especialmente, onde os impactos decorrentes das atividades humanas e aspectos naturais ocorrem de forma associada. Um exemplo é o que se verifica nas zonas semiáridas ao redor do Planeta e de modo particular em grande parte do Nordeste brasileiro, aonde solos mal formados, rigores do clima e exploração intensa agravam os danos.

O quadro de semiaridez presente na quase totalidade do estado da Paraíba, aliadas às atividades ali praticadas, ensejam condições adversas ao aproveitamento de seus recursos e torna o meio físico susceptível a diversas formas de degradação, com destaque para a redução da cobertura vegetal e a perda de solos (BRITO et al., 1998).

Estas repercussões negativas no meio físico podem ser bem mais auferidas no âmbito da bacia hidrográfica, uma vez que nela, pode-se encontrar todos os elementos necessários à produção do espaço. Além disso, esta tendência encontrou amparo legal, como unidade natural para efeito de gerenciamento e preservação dos recursos naturais nela disponíveis.

A bacia hidrográfica do Rio Serra Branca, objeto deste estudo, é parte da bacia do rio Taperoá e possui uma área de 453,77 Km². Configura-se como um espaço bastante diversificado, pela variedade de quadros geoambientais, permitindo diferentes

formas de utilização do seu território, sobretudo, do ponto de vista edáfo-climático e fitogeográfico.

Em seus limites, paralela às questões de ordem natural, cuja estiagem e a deficiência dos solos, são suas maiores marcas, coexiste a deterioração tecnológica, traduzida na prática das atividades produtivas, com papel destacado para a agricultura de sequeiro e a pecuária ultraextensiva, que são reconhecidamente predatórias. Aliadas a estes aspectos existe uma estrutura fundiária concentradora, que contribui de forma decisiva para explicar parte dos impactos ambientais e socioeconômicos registrados.

Ademais, o longo processo de exploração, somado às características do solo em alguns setores e o regime pluviométrico, concentrado em curto espaço de tempo, desencadeiam um intenso processo de perda de solo, bastando para isso, verificar as bruscas modificações na paisagem, assim como o assoreamento que se constata, tanto na rede de drenagem local quanto nos corpos hídricos à jusante.

Vários estudos realizados na área têm apontado a retirada da vegetação, como um dos principais fatores que desencadeiam o processo de erosão. E não só isso; a ausência e o rebaixamento da cobertura vegetal reduz a quantidade de matéria orgânica (MO), condição essencial para melhorar a absorção de água no solo.

A retirada da vegetação é motivada principalmente, pela necessidade de manter os rebanhos e prover meio de sobrevivência à população de baixo poder aquisitivo, através dos produtos do extrativismo vegetal (PEREIRA et al., 2010; SOUSA, 2007).

Outro aspecto a ser destacado é o efeito causado pela agricultura convencional ao longo dos anos, praticada sem que haja qualquer ação conservacionista, fato de reconhecida relevância na transformação nas propriedades físico-químicas do solo. Esta prática, consorciado com a pecuária, além destes impactos, influencia no desenvolvimento da cobertura vegetal, dificultando seu crescimento.

Destarte, parte-se do pressuposto que as duas atividades econômicas de maior destaque realizadas no âmbito da bacia, a pecuária extensiva e a agricultura, nos moldes praticados são responsáveis, a priori, por acelerar a degradação ali registrada (TISDEL et al., 2007).

Neste contexto, estudos como o que este se propõe, se justificam haja vista ser inédito. Além disso, a análise integrada de dados de diferentes origens (raster, vetoriais e alfanuméricos) sob mesma escala, possibilitando uma visão ampliada da realidade, por meio de estudos multitemporais comparativos dos diversos processos analisados.

Ademais o estudo persegue a sintonia com o que preconiza o princípio do Direito Ambiental, nascido com a Declaração de Estocolmo em 1972¹, amplamente ratificado por intermédio de uma farta legislação internacional. No plano nacional, remonta a Constituição Federal de 1988 e a Agenda 21, até um cabedal de leis infraconstitucional. Cimentada nestes preceitos a proposta busca lograr o êxito que permita maior conhecimento deste espaço, apontando seus limites e vicissitudes.

Diante da conjuntura e, como forma de entender a dinâmica dos processos naturais e antrópicos neste meio de características tão peculiares, vários foram os procedimentos metodológicos aplicados, com a finalidade de suprir a demanda deste segmento de pesquisa e atender ao objetivo proposto.

As etapas percorridas para elaboração do estudo compôs-se de revisão da literatura, seleção e processamento de produtos espectrais orbitais, estudo de parâmetros espectrais intertemporais, coleta de solo, ensaios de campo, caracterização físico-química dos solos em laboratório e trabalho de gabinete.

A metodologia aplicada por Crepani et al. (2001) foi adaptada para atender ao propósito do estudo. Desenvolvida por pesquisadores do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, apoia-se no uso de Geoprocessamento via imagens de satélite constituindo-se em uma técnica fundamental para a manutenção de registros do uso da terra ao longo do tempo, permitindo um estudo comparativo na avaliação das mudanças ocorridas na paisagem de uma área em um dado período.

Deste modo, buscou-se a identificação do grau de propensão à perda de solo, suas causas e consequências para a bacia hidrográfica do rio Serra Branca, através da integração de dados pré-existentes e subsídio de trabalho de campo, possibilitando o conhecimento das áreas que apresentam propensão em níveis diversos.

¹ A Declaração da ONU sobre o Ambiente Humano, mais comumente apelidada de Declaração de Estocolmo, aprovada durante a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano em Estocolmo em 1972, inseriu na agenda política internacional a dimensão ambiental como condicionadora e limitadora do modelo tradicional de crescimento econômico e do uso dos recursos naturais. A citada declaração foi um marco para o Direito Internacional Ambiental, a despeito de existirem Convenções Internacionais anteriores tratando de temas específicos. Nela, 26 princípios tratam de temas de interesse comum da humanidade, tentando conciliar a proteção do Meio Ambiente e o direito ao desenvolvimento, buscando, para isso, critérios e princípios comuns (BARBOSA, 2007).

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

- Analisar os fatores de ordem natural e antrópica de reconhecido efeito sobre o desencadeamento da perda de solos e suas consequências socioeconômicas e ambientais em Unidades Geoambientais na bacia do Rio Serra Branca, no Cariri Ocidental da Paraíba.

2.2 Específicos

- Caracterizar a bacia hidrográfica quanto a: parâmetros espectrais, como forma de mostrar a evolução da dinâmica espacial, com foco do uso do solo e suas propriedades físicas e químicas, que favorecem ou inibem o desenvolvimento de perda de solos por processos erosivos;
- Determinar o perfil socioeconômico da população, por intermédio da aplicação de questionários, como forma de avaliar a contribuição antrópica nos processos investigados.
- Elencar as políticas públicas destinadas a atenuar a problemática socioambiental do Semiárido brasileiro, que favoreçam a convivência das populações com as adversidades locais.
- Integrar dados preexistentes e outros oriundos de trabalho de campo, como base para a elaboração de mapas de propensão à perda de solo no âmbito da Bacia.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Compreender os processos que contribuem para a formação das paisagens dentro de diversos ambientes, comandados principalmente pelo comportamento da cobertura vegetal e pela utilização e conservação do solo, carece de ferramentas e técnicas eficazes, sistêmicas e acessíveis. Dessa forma pode-se fornecer uma análise mais precisa e, conseqüentemente, apontar formas de manejo adequadas, haja vista ser reconhecido hoje, que embora os processos de denudação da crosta sejam uma consequência natural, as atividades antrópicas são aceleradoras destes processos, indubitavelmente.

Nesta sessão serão apresentados: análise da paisagem e processos modeladores, o contexto do Semiárido frente às ações antrópicas e condições naturais, técnicas de geoprocessamento por sensoriamento remoto, processamento de imagens, a contribuição do trabalho de campo e os sistemas de informação geográfica (SIGs), aplicado ao estudo e, finalmente, o papel de destaque da bacia hidrográfica como unidade de estudo e gestão dos recursos naturais.

3.1 Processos modeladores naturais, formação, propriedades dos solos e intervenção antrópica

O relevo da superfície do planeta Terra assume expressão como recurso ou suporte da vida, palco do desenvolver da história. O conceito medieval de relevo contempla a noção de acidente, no sentido de revanche da natureza, considerando as consequências de uma apropriação destituída e medidas mitigadoras quanto a eventuais impactos (CASSETI, 2005).

A preocupação com os processos responsáveis pela evolução do relevo cada vez mais ganha visibilidade ao se constituir em importante subsídio ao ordenamento territorial, comprovado através de estudos relativos à natureza geoambiental.

Os processos relativos à estruturação e modelagem do substrato que abriga os seres vivos podem ser resumidos em dois grandes grupos de agentes: os endógenos, responsáveis pelo surgimento das grandes estruturas, as chamadas morfoestruturas e os exógenos, aos quais cabe a tarefa incessante de modelar estas construções, denominadas de morfoesculturas (GUERRA e CUNHA, 2005).

Desse processo, na forma de ciclo as morfoestruturas são corroídas pelos agentes externos, resultando no modelado e nas paisagens com as configurações atuais e que ao longo das eras geológicas vão se modificando, completando assim o ciclo das rochas.

Na dinâmica empreendida pela crosta em seu exterior, as condições de clima, temperatura, umidade e pressão, são responsáveis pela intemperização das rochas, resultando na formação dos depósitos correlativos. Confirma-se, portanto, a estreita relação entre clima, intemperismo e depósitos correlativos na caracterização da estrutura superficial (CASSETI, 2005).

Dentre os processos de meteorização das rochas e a relação com os fatores climáticos, a ocorrência por desgaste físico ou mecânico é o que mais se verifica em áreas de predominância seca ou árida, uma vez que dispensa a presença da água. Neste processo, três são as formas que merecem destaque: (i) abrasão, diz respeito à pulverização ou redução do tamanho de rochas e minerais a partir do impacto e atrito de partículas em movimento; (ii) descompressão que corresponde à desagregação por alívio de carga; e (iii) expansão e contração térmica : à medida que a temperatura da rocha muda, seu volume também tende a mudar (CASSETI, 2005).

Uma vez desfragmentada a rocha e submetida aos processos de transporte, seja pela água, seja pela força da gravidade, iniciando a acumulação e conseqüentemente a formação dos solos, num processo denominado colúvio. Dai por diante, entram em cena os fatores de formação dos solos que lhes darão as características e propriedades inerentes a cada área de acumulação: material de origem, clima, material biológico, formas do relevo e tempo (GUERRA E BOTELHO, 1996).

Dessa forma, para estes mesmos autores, os fatores que consolidam a formação dos solos são considerados variáveis independentes, pois apenas a mudança de uma delas pode dar características distintas a um solo. Contudo, a partir da junção de todos estes fatores encontra-se a chave que determina a velocidade e duração do processo de pedogênese.

Em que pese todos estes fatores, ainda que independentes por um lado, se tornam interdependentes, por outro, para a consolidação de algumas propriedades do solo. Assim, devido ao objeto deste estudo, três deles podem ser destacados como sumamente determinantes pelo contexto da área estudada, trata-se, pois: do clima, da vegetação como parte do fator biológico e o tempo (REZENDE et al., 1995).

De acordo com Moniz (1975) os aspectos do clima têm papel de destaque na formação dos processos pedogenéticos, através da energia eletromagnética emanada do

Sol, da umidade e, sobretudo, das precipitações, os quais exercem controle sobre os demais fatores formadores. Um exemplo desta influência pode ser observado em solos de regiões de regimes climáticos diferentes. O resultado é que as quantidades de matéria orgânica são muito mais elevadas em áreas consideradas úmidas se comparadas às quantidades em áreas semiáridas ou mesmo desérticas, devido ao desenvolvimento vegetal (REZENDE et al., 1995).

Para este autor, a vegetação tem função de destaque na formação do solo, seja através de sua atuação direta na fragmentação das rochas pela atuação das raízes, proporcionando maior aeração no interior dos perfis, seja na proteção direta contra a radiação solar, dando guarida a microfauna. Por outro lado, também é função da vegetação dar proteção ao solo, quanto aos efeitos da energia potencial dos pingos de chuva, atenuando o *splash* e ao mesmo tempo, favorecendo a absorção, que por seu turno diminuirá o escoamento superficial. Daí ser inegável a contribuição dessa componente, enquanto fator biológico na formação do solo.

De acordo com Guerra e Botelho (1996), outro fator biológico poderia ser o homem, mas não é demais lembrar que, no que tange a ação formadora dos solos, em relação aos seres vivos o homem carece ser excluído, pois é um componente deveras modificador das condições para a pedogênese, associando-se muito mais a morfogênese.

O tempo, outro fator relevante, representa o intervalo percorrido para a formação de um solo. Ele pode ser absoluto ou relativo, pois se refere ao tempo cronológico. Sobre este assunto, Guerra e Botelho (1996) assim se referem: o primeiro caso refere-se ao tempo gasto para a formação do perfil ao passo que o segundo remete ao grau de desenvolvimento, analisado de forma qualitativa.

Assim sendo, o fator tempo determina o período necessário para a maturação dos solos, mas o clima controla os demais fatores. Decorre daí que em zonas com regimes pluviométricos irregulares e concentrados em pouco tempo, esse processo sofre descontinuidade e este fato explica os tipos de solos do semiárido e seus estágios de maturidade, assim como as propriedades a eles inerentes, as quais podem favorecer ou resistir aos processos erosivos.

Muitas destas propriedades podem ser identificadas em campo, ao passo que outras necessitam ser analisadas em laboratório, a fim de favorecer o entendimento de como os processos erosivos evoluem.

A determinação destas propriedades têm como ênfase duas abordagens específicas. Algumas propriedades químicas, por exemplo, são utilizadas para

compreender o solo do ponto de vista pedológico ou agrônomo. Todavia, se o intuito é priorizar os aspectos geomorfológicos, então a ênfase a ser empreendida é a determinação dos parâmetros físicos (GUERRA E BOTELHO, 1996).

No que diz respeito à importância do conhecimento das propriedades químicas dos solos, com relação ao estabelecimento das potencialidades e limitações, Moniz (1975) afirma que a saturação por bases, a CTC e o pH, contribuem substancialmente para uma melhor caracterização. O carbono orgânico, por exemplo, dependendo da quantidade contida em um solo reduz substancialmente sua erodibilidade perante os efeitos do *splash*.

Prado (1995) reforça a importância das propriedades químicas do solo, sobre a erodibilidade afirmando que o grau de flocculação das argilas tem papel destacado, pois quanto mais elevado, maior será a resistência à erosão deste solo.

Sobre as propriedades físicas do solo e seu potencial maior ou menor na resistência aos processos erosivos, Guerra e Botelho (1996) assim se referem: “O conhecimento das propriedades possibilita a compreensão dos níveis de erosão, com destaque para as densidades, real e aparente, teores de areia, de argila e granulometria”.

No entanto, outros ensaios também são essenciais para se determinar sua resistência aos impactos negativos, como, por exemplo, os limites físicos de consistência. Assim, solos que apresentam certa porcentagem da fração fina (silte e argila), não podem ser adequadamente caracterizados pelo ensaio de granulometria. São necessários outros parâmetros tais como: forma das partículas, a composição mineralógica e química e as propriedades plásticas, que estão intimamente relacionados com o teor de umidade (BRANDÃO et al., 2007).

Para estes mesmos autores, estes parâmetros são adquiridos por meio dos limites de consistência, que apontam para maior ou menor resistência à tensão crítica, ao cisalhamento do solo, provocados pela energia potencial do escoamento superficial. Estes aspectos do solo dependem diretamente da constituição mineralógica, química, estrutura, capacidade de infiltração, mas podem ser intensamente afetadas pelas atividades antrópicas.

Sobre a intervenção do homem, enquanto variável biológica na formação solo, como anteriormente mencionada, esta tem agravado de forma crescente a deterioração da natureza. As práticas agrícolas e a pecuária extensiva entre outras atividades, são fatores que potencializam a problemática ambiental. Em muitos casos, estes problemas são pertinentes à substituição da cobertura vegetal, à ocupação de áreas inadequadas,

como encostas e topos de morros, e à utilização imprópria dos solos, que podem levar a alterações no meio físico, conduzindo a processos erosivos acelerados.

Sobre estas ações, Leff (2006) afirma que os processos que degradam, não apenas o meio físico, mas principalmente o tecido social tem sido o resultado das práticas inadequadas de uso dos recursos naturais. Estas práticas são regidas por padrões tecnológicos, muitas vezes obsoletos, gerenciado por um modelo econômico depredador que põe o lucro acima de qualquer aspecto, descaracterizando a paisagem.

Sobre esta categoria de estudos, a paisagem, Tricart (1977) afirma que o conceito científico de paisagem abrange uma realidade que reflete as relações, frequentemente não visíveis, entre seus elementos, incluindo o homem, diferindo da noção de paisagem no senso comum, que permanece puramente descritiva e vaga.

Para este autor, o estudo da paisagem, fisionômica e qualitativa, é o ponto de partida para a análise dos fatos numa perspectiva sistêmica, assimilando-a a uma unidade territorial, interdependente em todos os aspectos. Neste caso, a paisagem, enquanto categoria de análise espacial deixa de ser algo contemplativo, para abarcar todas variáveis que compõem o meio físico, tais como: a estrutura geológica, relevo, clima, vegetação e solos, abordados de forma integrada, caracterizando a ecodinâmica.

Para Caseti (2005), deve haver certo cuidado, quando da análise das variáveis que integram a natureza, assim como com os desdobramentos da apropriação desta pelo homem, merecendo cada vez mais atenção dos estudiosos, partindo do princípio de que o ambiente deve ser entendido na sua integridade.

Essa visão holística do meio físico tem sido uma preocupação histórica, sobretudo entre os biogeógrafos, pois as consequências das ações antrópicas conduzem a modificações estruturais na escala paisagística. Partindo-se desse pressuposto o conceito de paisagem, como fator de integração de parâmetros físicos, bióticos e socioeconômicos, tem sido utilizado em estudos de impactos ambientais em diferentes contextos, com resultados significativos, o que leva necessariamente ao reconhecimento da suscetibilidade e potencialidade da natureza (CASSETI, 2005).

Sobre a suscetibilidade, Lavell (2001) sustenta que a variedade de ameaças que potencialmente enfrenta o meio físico é muito ampla, com tendência a aumentar constantemente. Entre estas se encontram as que são de origem natural, a exemplo das perturbações de secas e inundações, alterações bruscas nas condições do tempo, etc. Outras que são de ordem sócio-natural produzida como resultado da interseção ou

relação do mundo natural com as práticas sociais, nos casos de deslizamentos e secas, desmatamento, degradação do solo, entre outros.

Silva Neto et al. (2007) afirmam que a degradação do meio-ambiente está intimamente ligada à dinâmica das vulnerabilidades verificadas no espaço, onde predominam condições climáticas desfavoráveis e solos de reduzida aptidão agrícola, principalmente, quando estes recursos naturais são explorados por métodos insustentáveis do ponto de vista da sua conservação, no âmbito de um ecossistema.

É sabido que existem alternativas, nem tão modernas, mas que podem atenuar os impactos oriundos das atividades antrópicas e, ao mesmo tempo, favorecer o preparo convencional, que é chamado plantio direto ou semeadura direta. Nesta prática de gestão, que faz parte da agricultura de conservação, o solo não é preparado, mas os resíduos das culturas do ano passado são deixados no campo. Esta prática, semelhante à calagem, é amplamente utilizado em todo o mundo para o controle da erosão do vento e manter o conteúdo de água no solo (MUÑOZ et al., 2007).

Os mesmos autores, ainda salientam que esta prática simples pode ser de grande valia nas zonas semiáridas, uma vez que nestas áreas o empobrecimento dos solos, pela falta de matéria orgânica é histórico, levando à baixa fertilidade e maior densidade.

Muitos processos ambientais degradantes têm origem setorizada na paisagem e, em muitos casos poderiam ser evitados com pequenas ações de conservação. No caso de uma bacia hidrográfica, quando tais processos ocorrem, se revestem de maior gravidade, uma vez que ela funciona como uma unidade integradora dos setores, natural e social e por isto, necessita ser gerida de modo sistemático, como forma de minimizar os efeitos negativos dos impactos (GUERRA e CUNHA, 2005).

Para detectar e combater tais processos existem diversas formas de mensuração, podendo se dá em várias escalas espaciais, mas não há dúvidas de que é no âmbito da bacia hidrográfica que as ações preservacionistas devem ser efetivadas. Ela é a unidade ambiental mais adequada para o tratamento das componentes e da dinâmica de inter-relações referentes ao planejamento ambiental e a gestão do desenvolvimento. Isso é um consenso no meio científico (SCHIAVETTI e CAMARGO, 2002).

Em suma, a despeito dos cuidados com uso dos recursos naturais, seja na escala de uma região ou de uma bacia, deve haver, antes de tudo, conhecimento e planejamento. Um exemplo são os solos de uma dada área, pois embora sejam diferentes em sua composição eles são no conjunto praticamente uniformes e as diferenças são principalmente resultado das características ambientais, que incluem o

tempo, a atividade biológica, a topografia e o clima, que tem prevalência sobre os demais fatores.

Por tais razões os cuidados no manejo dos solos devem ser uma constante, independente da escala de abrangência das atividades (CREPANI et al., 2005).

Quando se tratar de solos de áreas secas ou semiáridas, deve haver maior ênfase em razão dos rigores do clima, que afeta os demais fatores, pois a priori, solos dos trópicos úmidos são muito menos fértil, devido à lixiviação intensa provocada pelas grandes precipitações pluviais e pela temperatura elevada, causadora das enxurradas.

3.2 Semiárido: aspectos singulares, fragilidades e componentes de um cenário eco-social

O Semiárido brasileiro é uma vasta região de contrastes e extremos. Nele, se podem agregar outros aspectos para o entendimento destes espaços, uma vez que os impactos negativos ali verificados vão muito além das questões ambientais. Um fator de extrema importância se refere ao regime dos rios, o qual tem papel preponderante na dinâmica de exploração das áreas a ele adjacente e que é totalmente dependente das questões climáticas, refletindo-se em duas fases de perturbações hidrológicas bem distintas: cheia e seca. Estes dois eventos exercem forte influência na organização e no funcionamento das atividades socioeconômicas nos limites da área semiárida (MALTCHIK, 1996).

Para este autor, faz-se importante juntarem-se as características eco ambientais aos aspectos antropogênicos, pois, do contrário, a análise deste espaço não teria sentido. Nesta área, os rios são elementos fundamentais para a economia do homem ribeirinho, por diversos fatores. Ali, comunidades humanas testemunham que as características da paisagem e sua percepção pelo meio ambiente favorecem o aumento de estratégias de sobrevivência, potencializando sua capacidade de maximizar os processos adaptativos.

Foi este contexto que permitiu a ocupação do Semiárido paraibano, assim como a de todo o Sertão nordestino, sempre em uma perspectiva de dependência e exploração excessiva dos fatores atrelados aos rios, levando inclusive à exaustão de parte dos recursos naturais por meio de atividades pouco sustentáveis (ANDRADE, 1988).

Deve-se considerar, ainda, que aliada a essa exploração predatória, estabeleceu-se uma estrutura social concentradora de terra e de poder, que culminou com a relativa

estagnação e baixos índices socioeconômicos encontrados na área, além de um quadro de desigualdades sociais que chegou aos dias atuais (ANDRIGHUETTI, 2001).

Neste histórico de ocupação e pressão sobre a natureza, a bacia hidrográfica do Rio Serra Branca pode ser considerada uma área de ocupação pioneira, pois segundo Jofilly (1892), ali se iniciou a primeira povoação daquela área, sob a égide de uma aristocracia rural, da qual decorre até aos dias de hoje, uma forte concentração de terras, além de uma intensa pressão sobre o uso do solo e da cobertura vegetal.

Para se ter uma ideia do processo acelerado por que passa a área em apreço, o mesmo autor, em viagem pelos domínios da bacia do Rio Matinoré (denominação antiga do rio Serra Branca), nos idos de 1870, refere-se à paisagem como “uma área de baixios, com vegetação densa e abundante, mata fechada e clima ameno, com perspectiva de progresso”. Na atualidade, decorridos menos de um século e meio desta observação feita, pouco restou das amenidades mencionadas.

Segundo Santos et al. (2007), da estrutura produtiva herdada nesta área, resulta os prejuízos decorrentes da perda de solo - um dos impactos mais comuns ali verificados, contribuindo para a degradação ambiental e, à medida que se agrava, passa a provocar: (i) redução da qualidade da água pela presença de sedimentos e suas associações com agrotóxicos e nutrientes; (ii) assoreamento de cursos e corpos d'água; (iii) enchentes; e (iv) inundações causadas por alterações no regime fluvial, as quais afetam a fauna, a flora e diversas atividades humanas.

Sobre o assunto, Brandt (1986) aponta outro impacto associado, presente na redução da cobertura vegetal, a qual atua de duas maneiras no processo de erosão: primeiro reduzindo o volume de água que chega ao solo, através da interceptação e, segundo, alterando a distribuição do tamanho das gotas de chuva, que atenua o efeito da energia cinética da chuva sobre o solo, desgastando-o ou criando uma estrutura conhecida como crosta.

De acordo com Brandão et al. (2007) a formação de crosta decorrente do impacto das gotas da chuva é um dos fatores que pode reduzir acentuadamente a infiltração e, conseqüentemente, aumentar o escoamento superficial, contribuindo para a erosão do solo. Contudo, outros fatores favorecem também este processo conforme o local e são dependentes das características físicas das precipitações e dos solos.

Para entender de que maneira essa dinâmica, chamada de efeito *splash* se processa, o potencial erosivo da precipitação pode ser avaliado conhecendo-se,

principalmente, a energia cinética transferida aos solos pelos impactos das gotas de chuva, através da equação:

$$E_c = \frac{M.V^2}{2} \quad \text{eq. (1)}$$

Em que:

E_c - energia cinética da gota ao tocar a superfície do solo (J), M - massa de cada gota (kg) V - velocidade da gota ao tocar a superfície do solo (m/s^{-1}).

O efeito causado pela liberação da energia cinética da chuva precipita algumas questões à jusante do processo, pois a priori potencializa a desagregação dos solos, favorecendo o transporte de sedimentos. Em consequência, os barramentos que acumulam o volume de água escoado superficialmente (*runoff*), ao longo do tempo vão perdendo sua capacidade de acumulação. Um exemplo robusto desse fenômeno ocorre na barragem Epitácio Pessoa, cuja capacidade se reduz cerca de dois milhões de metros cúbicos a cada ano (PARAIBA, 2007).

Aliado aos problemas de ordem natural, ainda existe a questão dos processos antrópicos que contribuem decisivamente para deteriorar a superfície do solo. Essa problemática não é endêmica a área em apreço. Estudo realizado em uma área semiárida do Kenia, África, constatou que o intenso tráfego de animais derivado da atividade pastoril pode compactar ou perturbar estes ambientes, desagregando a superfície do solo, tornando-o mais suscetível à enxurrada e a erosão (DUNE et al., 2010). O estudo mostrou ainda, sensíveis alterações na densidade aparente do solo, fato que compromete o desenvolvimento das raízes e a percolação de água para o interior do perfil do solo, fato por demais corriqueiro na área deste estudo.

Aragão (2008) aponta que deva haver um programa de gestão integrada dos recursos hídricos, através de um sistema de operação em escala de bacia que contemple aspectos como: controle hidrológico integrado das águas e de material de transporte; gestão de uso do solo e vegetação; integridade econômica a montante e a jusante, e difusão de informação hidrometeorológica.

Outra questão atrelada a este processo é o comprometimento da qualidade da água armazenada pelos reservatórios devido à grande quantidade de material em suspensão e que, para ser tratada e tornar-se potável, requer maior tempo de manuseio nas estações de tratamento e uma quantidade elevada de produtos químicos, entre os quais se destaca o sulfato de alumínio. Tudo isto aumenta os custos e compromete em muito a saúde humana (FIGUEIREDO, 2004).

De acordo com este autor, o uso de substâncias químicas cujo principal objetivo é tratar a água tem sido associado a uma série de problemas de saúde da população usuária, fato apontado por algumas pesquisas na área médica, onde merece destaque o alumínio, que ao se acumular no organismo provoca doenças como Parkinson, Alzheimer e Osteoporose, entre outras.

Para Brandão et al. (2007), só a cobertura vegetal pode aumentar a macroporosidade da camada superficial do solo e proteger os agregados do impacto direto das gotas de chuva, sendo, dessa forma, capaz de manter altas taxas de infiltração.

Santos et al. (2007) vão além e destaca que a cobertura vegetal ao favorecer a infiltração, controla a erosão dos solos de três maneiras: (a) atuando sobre o escoamento superficial; (b) no balanço hidrológico; e (c) nas variações sazonais da interceptação das gotas de chuva no solo.

Alves (2007) transcende no que concerne a conservação e recomenda que deva existir uma perfeita integração entre os componentes de um ecossistema, que se constituem de fatores geomorfológicos, climáticos e hidrológicos, edáficos, os quais criam as condições para o potencial produtivo ecológico, que por seu turno, depende do tipo de cobertura vegetal existente, da diversidade biológica, entre outros aspectos.

Segundo o mesmo autor, o potencial ecológico e a exploração biológica são elementos dotados de certa instabilidade e variam muito no tempo e no espaço. As intervenções do homem nesses dois componentes se fazem sentir através das noções de clímax e de resistasia. O primeiro representa a fase de equilíbrio ou estabilidade climáticos, em que os seres vivos e os solos atingem o máximo, devido à ausência de perturbações (ALVES, 2007). Por outro lado, a resistasia representa a fase de alteração sensível no equilíbrio climático, muitos dos quais são fenômenos de instabilidade de origem antrópica que são aspectos comumente observados no Semiárido brasileiro.

Oliveira et al. (2007) descrevem que uma das formas de conhecer o meio físico é segmentá-lo, separando-o em áreas homólogas a partir de determinados critérios. Após tal providência se podem realizar deduções sobre as propriedades do meio e, conhecidas as suas potencialidades e limitações, estas permitam a orientação, a implantação de atividades produtivas condizentes e auxiliem na tomada de decisões por parte das instituições e gestores. Para tanto, basta utilizar as ferramentas de diagnóstico mais apropriada e, a partir de uma análise isenta, implementar ações planejadas.

3.3 Métodos, técnicas e ferramentas aplicadas à mensuração das questões socioambientais

Em decorrência da gama de impactos provocados pelas atividades produtivas à natureza, a ciência tem cada vez mais aprimorando as técnicas investigativas, a fim de colher subsídios que auxiliem na mensuração destes efeitos. Hoje muito se fala no estudo de uma determinada área ou região de forma sistêmica, de modo a englobar todos os aspectos envolvidos. Contudo, em face das possibilidades oferecidas pelas tecnologias disponíveis é perfeitamente possível segmentar um dado território e dentro de seus limites, proceder a um exame de suas partes componentes, para depois melhor entendê-lo em sua totalidade. E isto pode ser alcançado por meio de estudos comparativos.

Os recursos disponibilizados pelo geoprocessamento, aonde se permite a aquisição, manipulação, comparação intertemporal e espacial de fenômenos das mais diversas áreas, são o exemplo mais claro do avanço da ciência neste segmento do conhecimento científico e até mesmo no âmbito mercadológico.

Aliada a esta potencialidade das geotecnologias, some-se um trabalho de campo, que contemple *in locu* todas as variáveis investigadas, tendo como lastro os dados preexistentes, contidos nas mais diversas fontes e ter-se-á amplas possibilidades de uma análise integrada dos dados, com resultados consistentes.

Neste sentido, Lakatos e Marcone (1991), referindo-se a questão do método de investigação, sustentam que, “um bom caminho é a decomposição do todo em favor da melhor elucidação do problema”, no entanto pouco utilizada quando se trata de estudo de cunho ambiental.

Com base nesta assertiva, é possível afirmar que a análise espacial por meio dos produtos de sensoriamento remoto se reveste de grande valia, pois dispõe de forte potencial na compartimentação fisiográfica de uma área. Através do reconhecimento das feições do relevo, da rede de drenagem e da análise de seu arranjo espacial é possível, com alguma facilidade, separar as áreas análogas e analisar as similaridades entre elas (OLIVEIRA et al., 2007).

Ainda de acordo com o referido autor, as áreas consideradas análogas devem receber a mesma denominação e evidenciar comportamento idêntico diante dos diversos usos. Devem-se levar em conta nesta análise, as informações geotectônicas, pois estas favorecem sobremaneira a análise de comportamento.

Crepani et al. (2001) denominam as áreas de feições iguais de Unidades Territoriais Básicas (nomeadas aqui de Unidades Geoambientais – UGs), que são as células elementares de informação e análise para um zoneamento ecológico - econômico. Cada célula desta cena contém um conjunto de informações fundamentais à manutenção e à reprodução da vida e compõe um tecido que desempenha determinadas funções em seu desenvolvimento, assim como em um ser vivo.

Para estes autores, uma unidade geoambiental (UG) é a entidade geográfica que contém atributos ambientais, os quais permitem diferenciá-la de suas vizinhas, ao mesmo tempo em que possui vínculos dinâmicos, os quais se articulam a uma complexa rede integrada por unidades contíguas.

Segundo os citados autores, a delimitação das unidades geoambientais sobre uma imagem de satélite permite o acesso às relações de causa e efeito entre os elementos que a compõem, oferecido pelas diferentes resoluções (espacial, espectral, temporal e radiométrica) da imagem, ao contrário da simples justaposição de informações em sistemas de informação geográficas (SIGs), gerada a partir de dados de diferentes escalas, épocas, e metodologias de trabalho, que nem sempre apresentam relações coerentes entre si.

Por fim, Crepani et al. (2001) explicam que a adoção das imagens de satélite como âncora para a identificação destas zonas homólogas traz consigo a possibilidade de se utilizar todo o potencial disponível no Sensoriamento Remoto e dos SIGs, além de aperfeiçoar uma metodologia aplicável a novos produtos orbitais que estarão disponíveis no futuro.

O desenvolvimento dos produtos de sensoriamento remoto e suas análises em sistemas de informação geográfica fornecem subsídios para o estudo de diferentes ambientes. Dessa forma, Gomes (2000) corrobora com tal aplicabilidade ao afirmar que a compreensão dos processos que atuam para a formação das paisagens dentro desses ambientes, evidenciado basicamente pelo comportamento da vegetação e a utilização do solo, necessitam desses produtos e análises para uma avaliação de forma mais precisa.

Gomes (2000) afirma ainda, que dada à existência de um mosaico de paisagens na região semiárida, em consequência das variações na geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso do solo e clima é necessário conhecer sua gênese, constituição física, forma e estágio de evolução, bem como o tipo da cobertura vegetal que sobre ela se desenvolve. A junção de todos estes elementos possibilita o produto

final que é a confecção de um mapa temático, cujo conteúdo, traduz de forma inequívoca os limites e potencialidades da área em análise.

Sobre a análise integrada destas zonas, Gomes (2000) inclui um elemento fundamental nesta análise que são as Intervenções Antrópicas, que representam áreas onde a atuação humana modifica as condições naturais e podem localizar-se sobre uma única ou várias unidades geoambientais, dependendo exclusivamente de suas dimensões. Isto permite demonstrar a necessidade de se conhecer previamente estas unidades naturais para orientar as atividades a serem desenvolvidas dentro do polígono de intervenção antrópica (GOMES, 2000).

Silveira et al. (2005) reconhecem a importância da aplicação deste tipo de análise no planejamento ambiental, como sendo um valioso recurso de apoio, possibilitando correlacionar os aspectos físicos, bióticos e antrópicos da paisagem, propiciando análise integrada de seus componentes, gestão com a espacialização dos fenômenos, simulações futuras por meio da combinação de eventos de ocorrência provável, dentre inúmeras outras aplicabilidades.

Também por meio do sensoriamento remoto via geoprocessamento se pode proceder a avaliações microclimáticas, comparando o interior de áreas florestadas com áreas abertas, geralmente pastagem e agrícolas. Isso tem papel relevante, pois através de parâmetros espectrais pode-se estabelecer um conceito das modificações ambientais provocadas pela retirada da vegetação. Essa informação é importante para o entendimento do manejo da regeneração natural em áreas degradadas ou até em estudos sobre mudanças climáticas em função do desmatamento (OLIVEIRA e GALVINCIO, 2008).

Silva et al. (2011) afirmam que o saldo de radiação e outros parâmetros espectrais se revestem de grande importância, visto que são variáveis básica para a estimativa da evapotranspiração (ET) e no cálculo do balanço hídrico e podem ser obtidos pelo SEBAL (*Surface Energy Balance Algorithm for Land*), amplamente utilizado em estudos da análise ambiental. Com estas mesmas técnicas é possível determinar as áreas com exposição a energia eletromagnética do Sol, através de um modelo numérico de terreno (MNT) e funções específicas de um SIG (LIU, 2006).

Para este autor, o monitoramento das atividades produtivas, que previnam os impactos que levam a perda de solo por erosão hídrica ou pecuária extensiva através de limites estabelecidos pela tolerância ou capacidade estabelecida pelo meio física é imprescindível, para o manejo adequado e sustentável das atividades de forma racional.

Nesta perspectiva, para a análise sistêmica de um dado espaço se faz necessário a avaliação de todos os parâmetros quanto sejam possíveis, a fim de ser evitado o reducionismo, haja vista a interdependência de todos os aspectos, bióticos, abióticos e antrópicos. Assim sendo, Matallo Jr. (2001) recomenda que se incorporem à análise ambiental parâmetros como: albedo, índices de vegetação e solo, fluxo de calor no solo, entre outros, a fim de possibilitar um exame integrado de todas as partes que compõem um sistema, contidos em estudos pretéritos.

No que diz respeito aos dados preexistentes da área estudada, estes são advindos dos mapas e relatórios elaborados pelo RADAMBRASIL e AESA-PB.

A história do projeto RADAM se inicia com a criação, ainda nos anos de em 1970 pelo governo militar, com o objetivo realizar o levantamento dos recursos de solo e subsolo da Amazônia. Equipado com avião radar e instrumentos específicos, obteve-se imagens por sensoriamento remoto de toda a Amazônia Legal (RADAMBRASIL, 1983).

A partir de 1975, já com o nome de Radambrasil, foi ampliado para cobrir todo o território brasileiro, o que permitiu um completo mapeamento cartográfico, geológico, geomorfológico, pedológico, de vegetação e do potencial de uso da terra. Esse projeto permitiu um maior conhecimento do território nacional em suas potencialidades e vulnerabilidades, ou seja, em suas possibilidades minerais, tipos de solo, relevo, associações vegetais, etc.

Partindo-se desse acervo, composto por mapas e relatórios se pode utilizar todo o conhecimento ali existente, possibilitando atualizar as informações e assim, apresentar um estudo detalhado sobre as variáveis que permitem a produção de um determinado espaço de forma integrada.

Para tanto, as informações do espaço em exame devem ser inseridos em um Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD) para processamento. Estas informações representam um conjunto de dados, composto de localização, expressa pelas coordenadas geográficas e atributos descritivos (FITZ, 2008).

Assim, o geoprocessamento, que trata destas informações geográficas, se utiliza dos Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) para extrair as informações desejadas, inerentes a um dado espaço (INPE, 2001). Já os SIGs podem ser considerados um conjunto manual ou computacional de procedimentos utilizados para armazenar e manipular dados georreferenciados, sendo elaborado justamente para dados onde a localização geográfica é imprescindível às análises.

Dada às possibilidades oferecidas, os estudos com geoprocessamento vêm influenciando de maneira crescente as áreas de Cartografia, Análise de Recursos Naturais, entre outros (CAMARA e MEDEIROS, 1996). A grande vantagem de realizar análise do ambiente com tal ferramenta é a possibilidade de veicular todas as informações pertinentes em uma mesma escala, haja vista ser este um limitador na qualidade dos dados espaciais.

Assim sendo, não importa o formato da informação, raster, vetor, alfanumérico, todos podem ser convertidos e assimilados com um software e, ao final, fornecer um produto acabado e de fácil identificação espacial, pronto ao usuário final.

3.4 Trabalho de campo como subsídio aos dados preexistentes

A intensa ingerência do homem no meio rural há muito tem agravado de forma crescente a degradação da natureza. Entre as práticas mais degradantes se destacam a implantação de culturas agrícolas, a pecuária extensiva. Estas atividades, que muitas vezes não levam em conta os fatores adversos e os problemas que podem gerar acabam por potencializar a problemática ambiental. Em muitos casos, os problemas são associados à substituição da cobertura vegetal, à ocupação de áreas inadequadas e à utilização imprópria dos solos, que podem levar ao processo erosivo de forma acelerada.

Estudos têm focado a necessidade de parâmetros atualizados nos processos de investigação ambiental de modo a atualizar dados pré-existent, sobretudo quando estes são gerados em escala genérica, como foi o caso dos dados obtidos pelo Projeto RADAMBRASIL (RADAMBRASIL, 1983).

No que se refere à cobertura vegetal, existe a necessidade de atualização desta cobertura, uma vez que se trata de um recurso deveras dinâmico. Outro parâmetro a ser atualizado deve ser as condições em que se encontram os solos na área em exame.

Na bacia do rio Serra Branca, Silva et al. (2011) mostraram que entre os anos de 1987 e 2011, ocorreram sensíveis alterações na cobertura vegetal, se confrontado com dados anteriormente observados. Constataram também, alterações nos parâmetros espectrais, com leve aumento do albedo de superfície e fluxo de calor no solo. Estes resultados estão em conformidade com outros, encontrados em áreas de plantio e pastagem, com características análogas (DUNNE et al., 2011), os quais registraram maior degradação na estrutura do solo, assim como em suas propriedades físicas e químicas.

Existe ainda outro agravante neste processo, pois os problemas acima relatados ocorrerem em locais de inclinação de rampa acentuada beneficiando sobremaneira os processos erosivos, desencadeados pelo escoamento superficial (GUERRA e BOTELHO, 2001).

Como se observa, o uso/ocupação do solo tem se mostrado um dos agentes de maior influência na alteração da estrutura física do solo e, por conseguinte, afetando o desenvolvimento da vegetação. Para fazer frente a tais mudanças, faz-se necessário conhecer os efeitos do pisoteio animal sobre as características físicas deste solo, pois, de acordo com Marchezan et al. (2000), o aumento da densidade, a redução da microporosidade e diminuição da porosidade e macroporosidade totais promovem alterações nas relações de ar, água e temperatura do solo, afetando negativamente a germinação das plantas e a absorção de água.

Kiehl (1979) aponta para valores aceitáveis de densidade de campo, apresentando um valor médio de $1,65 \text{ g/cm}^3$ como referência. Em estudo realizado na bacia do Riacho do Tronco, Boa Vista-PB foram encontrados valores bem acima deste limite, (1,78 e 1,85), principalmente em locais de exploração das atividades de pastoreio. Assim como a densidade de campo, a atividade de pastoreio pode afetar outros parâmetros, a exemplo os teores de matéria orgânica (MO) do solo, pois uma maior quantidade de matéria orgânica reduz o valor da densidade favorecendo os processos relacionados (MELO et al., 2010).

As repercussões negativas originadas pelos impactos da ocupação desordenada do espaço se cristalizam por meio de situações que influenciam, social e economicamente, direta ou indiretamente à população envolvida, carecendo de uma investigação por métodos adequados, que forneçam uma avaliação consistente do quadro existente.

Em que pese ser homem um componente biológico do ambiente, embora não se possa negar que suas ações estão muito mais propensas ao desequilíbrio do que a harmonia do meio, qualquer análise no âmbito da ciência tem por meta seu bem-estar.

Sobre este assunto, Rocha (1997) concorda que o Diagnóstico Socioeconômico é uma ferramenta que visa analisar a situação social, econômica e tecnológica da população do meio rural (produtor e núcleo familiar), no sentido de se avaliar, no âmbito de uma bacia, a deterioração do fator socioeconômico das famílias ali residentes. Com isso, têm-se condições de elaborar recomendações em um projeto no sentido de elevar a qualidade e o nível de vida na respectiva área de estudo, em contraponto às políticas governamentais, muitas delas ineficazes, sobretudo em uma área suscetível aos

rigores climáticos, como é o caso das bacias assentadas no Semiárido brasileiro, cujo histórico das políticas públicas sempre esteve aquém dos problemas.

Ali, frente às características das bacias existentes, os conflitos ambientais são quase uma constante. Os impactos causados pelas atividades produtivas têm contribuído com o crescimento desordenado dos desmatamentos, da destruição da vegetação ciliar, à deterioração dos cursos d'água e ao mau uso das terras agrícolas, que provocam o assoreamento das calhas dos rios.

Em decorrência há volume crescente de águas pluviais, em face do aumento do escoamento superficial e o transporte de grandes quantidades de sedimentos, tanto por suspensão quanto por arrasto (BARACHO, 1998).

Um aspecto de extrema complexidade é a localização das áreas agrícolas, que estão situadas, quase sempre em locais que comumente abrigam as matas ciliares. Esta particularidade liga-se ao fato da quase ausência de várzeas ou áreas planas, própria a agricultura (ANDRADE, 1988; AB'SABER, 1996). Por esta razão as Áreas de Proteção Permanente (APP), nestas condições de uso são inviabilizadas e colocam-se frontalmente ao disposto na legislação vigente.

Outro exemplo é citado por Rocha (1997), ao afirmar que conflitos de uso da terra ocorrem quando as culturas agrícolas ou pastagens são desenvolvidas em áreas inapropriadas para tal uso, ou com declividade média acima de 10 ou 15%, sem tratos conservacionistas. O autor comenta ainda que conflitos ambientais podem ser determinados de acordo com classes de uso da terra e classes de Capacidade de Uso do Solo, sendo, portanto, vedada a utilização para fins que não sejam recomendados.

Dessa forma, reclamar a observância da legislação vigente, nesta bacia, particularmente, significa proibir a utilização das terras adjacentes aos rios e impedir a prática da agricultura de subsistência na maioria das propriedades rurais. Existem propostas, a título de sugestão, para resolver a problemática em questão. O Estado pode criar incentivos, na forma de bônus para aqueles produtores que optarem por recuperar as áreas degradadas, ao invés da produção agrícola nas margens dos rios, como já ocorre em outras unidades da federação.

3.5 O papel do Estado no fomento às políticas de desenvolvimento para a área de estudo.

As secas que periódica e sistematicamente assolam o Semiárido nordestino, pelos efeitos econômicos e sociais que provocam sobre a população rural, em particular, e sobre toda a economia regional, em geral, constituiu a tese que fundamentou razões da caracterização do Nordeste como região problema. Este fenômeno já era estudado em 1553, quando Fernão Cardim registrou um evento na área que reduziu a produção e forçou as populações, inclusive a indígena, a se abrigarem no litoral.

Assim mesmo, o acontecimento só ganhou notoriedade no Brasil com o grande flagelo dos anos 1877-1879. Aquela estiagem atingiu pelo menos 500 mil nordestinos, com 200 mil mortes, na mais otimista das visões, 4% da população do Brasil (VILLA, 2000).

No Século XX, já no regime republicano, foram impulsionadas algumas políticas Estatais, visando à atenuação do fenômeno, que consistiram na institucionalização da questão da seca, mediante a criação de órgãos de planejamento regional. Para que isso fosse possível, o governo federal criou uma dotação orçamentária e instalou três comissões: a de açudes e irrigação, a de estudos e obras contra os efeitos da seca e a de perfuração de poços (POMPONET, 2009).

Segundo este autor, das três, apenas uma permaneceu, a de açudes e irrigação, portanto limitando as ações tão somente em construir imensos reservatórios artificiais de água. Contudo, as obras provocavam certo ceticismo nos oligarcas locais, temerosos da modernização das áreas afetadas pelo fenômeno e da erradicação da miséria que constituía seu principal capital político.

Como consequência, as políticas de combate aos efeitos das secas, embora não deva ser desprezada dada a sua importância no conhecimento acumulado sobre as condições físicas e climáticas da região ao longo do tempo, jamais se firmaram no enfrentamento do principal problema decorrente da estiagem prolongada: a criação de condições de trabalho e, portanto, de geração de fontes de emprego e renda em níveis mínimos e permanentes para a grande massa de pessoas que habitam o Semiárido Nordeste (KHAN et al. 2005).

No início da década de 1950, o reducionismo com que sempre foram tratados os aspectos das secas nordestinas começou a mudar profundamente. A proposta de criação do Banco do Nordeste do Brasil (BNB) surgiu fortemente associada à ideia de mudança na forma de perceber o problema da região, ampliando o campo de visão, ao introduzirem-se os aspectos econômicos como relevantes para a compreensão do

problema e a busca de soluções para a região, rompendo a limitação da análise focada apenas no problema da seca (KHAN, et al., 2005).

Parte da execução das políticas coube a Superintendência para o Desenvolvimento do Nordeste – SUDENE. E, em que pese à região ter logrado êxito na economia industrial na zona da Mata, esta continuou profundamente dependente das regiões Sul e Sudeste do país, sobretudo os contingentes populacionais radicados na zona Semiárida.

Na visão de Andrade (1993), a industrialização fomentada pela SUDENE criou a falsa expectativa de absorver a mão de obra desqualificada do interior da região, atraindo para a periferia das grandes e médias cidades parte da população rural.

Esta política se refletiu intensamente no setor agrícola, pois as diretrizes restringiam-se a medidas de reorganização do semiárido, diversificação da zona canavieira e a abertura de frentes de colonização no Maranhão.

Estas ações, que padeciam de forte inconsistência, segundo Araújo (1997), deparou-se com diversos obstáculos, sendo o principal deles o arquivamento das propostas de mudança na estrutura fundiária, condição primordial para consolidar as mudanças.

Já a hegemonia crescente da pecuária, nos moldes em que foi realizada, agravou a questão fundiária, além de provocar outros efeitos a reboque, como a redução da produção de alimentos e a intensificação da emigração rural. Dessa forma, o principal gargalo socioambiental do Semiárido ainda se deve ao fato de a estrutura fundiária nordestina permanecer praticamente intocada, apesar do fatalismo dominante nas áreas rurais da região (ANDRADE, 1993).

Outros programas foram institucionalizados, em sua totalidade visando atenuar e contribuir para a convivência com os aspectos do clima. Entre os quais se podem destacar: Em 1970, ano de intensa seca, criou-se o Programa de Integração Nacional (PIN). Logo em seguida foi transformado no Plano Nacional de Irrigação, que visava em caráter de urgência, executar programas de irrigação; (ii) Em 1971, com o Primeiro Plano Nacional de Desenvolvimento (I PND), o PIN e seus objetivos específicos foram incorporados, mas a ênfase dada foi para a desapropriação de terras e concessão de créditos fundiários de longo prazo para compra de terras; e (iii) o reflorestamento, que não se propunha a alterar a estrutura fundiária concentradora do Semiárido; ao contrário: considerava que a grande unidade fundiária era superior, no sentido técnico econômico, à pequena exploração de base essencialmente familiar (DUARTE, 2000).

Neste programa, um detalhe chama a atenção: os recursos eram destinados a fundo perdido e os órgãos financiadores era o Fundo de Investimento Setorial (FISSET) e o Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF). Os recursos eram destinados a grandes propriedades, as quais precisavam desmatar a vegetação nativa para a implantação da espécie exótica Algaroba.

O resultado dessa ação se revela hoje num problema de grande espectro, onde a espécie se alastra sem qualquer controle, em proporção espantosa, prejudicando diversos aspectos, tanto nas atividades produtivas, quanto nos impactos ocasionados a diversidade da Caatinga, aumentando assim, a propensão da área (PEREIRA, 2008).

Outra ação estatal foi a criação do Fundo de Assistência e Previdência Rural – FUNRURAL, criado no final da década de 1960, com a finalidade de sustentar a Contribuição Previdenciária destinada ao Custeio a Previdência Rural.

O efeito desta política teve resposta imediata. Com as mudanças previdenciárias estendidas ao setor rural, os proprietários de terras passaram a estimular a transferência de seus moradores para as cidades. Essa faceta deriva do fato de que os donos de propriedades rurais estavam fugindo do ônus de honrarem tais encargos sociais, que na realidade, sustentaria a previdência rural (ANDRADE, 1993). Não se pode creditar ao fato grande parte da desestruturação do setor rural, mas também não se pode negar sua contribuição, constatada até os dias de hoje.

Na atualidade, as aposentadorias rurais podem ser consideradas fonte de renda para uma faixa considerável da maioria dos municípios do Semiárido. Mais recentemente, a partir do final da década de 1990, foi posta em prática pela União uma nova modalidade de assistencialismo, sem prejuízo do primeiro, baseada no incentivo ao engajamento da população em manter seus filhos em idade escolar com frequência regular na escola, recebendo em troca uma bolsa mensal.

Embora seja prematura uma análise desta nova modalidade de assistência, em virtude do espaço-tempo em que ela está em vigor, há também que ser considerada a possibilidade, nem tão remota assim, de solução de continuidade, mas seus efeitos podem inviabilizar qualquer chance de êxito desta ação (MATALO Jr., 2001).

Poucas foram às políticas que tiveram como foco o desenvolvimento do Semiárido. Provas disso é o cenário socioambiental da área. A explicação mais plausível para tantos fracassos está, de um lado no desconhecimento das especificidades de cada localidade, de outro, nas estruturas, político-social, e fundiária que dificultam qualquer mudança de rumo nas ações que se traduza em reais benefícios para a área em apreço.

5.6 Bacia hidrográfica: unidade ideal para o estudo e a gestão

O meio ambiente tem suportado alterações graduais e significativas nos últimos tempos devido a maior exploração das atividades antrópicas sobre os recursos naturais. Este episódio se intensificou, principalmente, após o crescimento e ocupação desordenada dos ecossistemas e sua expansão para as áreas de características frágeis.

Conforme Silva (2003) os recursos hídricos, os solos e a vegetação, enquanto parte importante do meio, são facilmente comprometidos, seja na qualidade e/ou quantidade, sejam por características como alteração de cursos d'água ou diminuição dos canais de drenagem por assoreamento, tornando o atual cenário de degradação preocupante.

Neste contexto, as bacias hidrográficas têm sido adotadas como unidades físicas de reconhecimento, caracterização e avaliação, a fim de facilitar a abordagem sobre os recursos aludidos. Considera-se que o comportamento de uma bacia hidrográfica ao longo do tempo ocorre por dois fatores, sendo eles, de ordem natural, responsáveis pela pré-disposição do meio à degradação ambiental e antrópica, onde esta última interfere de forma direta e indireta no funcionamento da unidade (SILVA, 2003).

Em face dos impactos a que uma bacia está exposta, a preocupação deve-se ao uso e ocupação do solo indevido, cujas principais ações são: utilização indiscriminada da água, desmatamento de matas ciliares, sedimentação, assoreamento, construção de barragens, desvios de cursos d'água, erosão, salinização, contaminação, impermeabilização, compactação, diminuição da matéria orgânica dentre outras degradações. Como reflexo têm-se o incremento em alterações de rios e lagos, afetando profundamente o ciclo da água e o clima (TUCCI, 1997).

As causas de degradação e, sobretudo as consequências mostram o importante papel da bacia hidrográfica como referencial nas tomadas de decisões para formulação de políticas públicas, planejamento e de gestão territorial. Em decorrência, a preocupação em conciliar desenvolvimento econômico e preservação ambiental, nas últimas décadas fez crescer a demanda de projetos, planos e estratégias que integrem a integração dos diferentes agentes físicos, econômicos e sociais, que atuam no meio, em vista da intensa modificação e degradação ambiental.

Dessa forma, no contexto de uma bacia do Semiárido, onde as secas periódicas afetam o equilíbrio socioambiental, inexistem políticas públicas eficazes de convivência com os efeitos desse fenômeno (Melo et al., 2009) e as atividades econômicas, quase sempre, não são acompanhadas de um planejamento de uso das terras, estudos que

abordem tais aspectos são fundamentais. Assim sendo, dado ao contexto ecosocial da área de estudo, onde os recursos da bacia (água, solo e vegetação) assumem caráter estratégico, torna-se imprescindível uma análise sistêmica, forma a abarcar todas as variáveis, sob pena de subestimarem-se as reais dimensões da problemática em exame.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Para atender aos objetivos propostos, a base metodológica empregou o geoprocessamento por sensoriamento remoto orbital, através da técnica de fotointerpretação e processamento de imagens de satélite, Sistemas de Informação Geográfica (SIGs), dados de trabalho de campo e temáticos pré-existentes.

A metodologia desenvolvida por Crepani et al. (2001) foi adaptada para os propósitos do estudo permitindo a determinação de Unidades Geoambientais (UGs), tomando como parâmetro o conceito de Ecodinâmica Tricart (1977) e da potencialidade para estudos integrados, favorecendo uma visão comparativa e holística da paisagem. Também por este método se procedeu a integração dos dados temáticos organizado em mapas, segundo um modelo que estabelece 21 níveis de propensão à erosão, distribuídos entre as situações contidas na Tabela 1.

Tabela 1 - Valores atribuídos às unidades geoambientais segundo nível de propensão.

Unidades	Relação pedogênese/morfogênese	Valores
Estável	Prevalece a pedogênese: (cobertura vegetal densa, dissecação moderada, ausência de manifestações vulcânicas).	1.0
Intermediário	Equilíbrio entre pedogênese e morfogênese (Equilíbrio entre as interferências morfogenéticas e pedogenéticas)	2.0
Instável	Prevalece a morfogênese (condições bioclimáticas agressivas, com ocorrência de variações fortes e irregulares de ventos e chuvas, relevo com vigorosa dissecação, presença de solos rasos, inexistência de cobertura vegetal densa, planícies e fundos de vale sujeitos a inundações).	3.0

Fonte: modificado de Crepani et al. (2001)

A cada tema associado às UGs existe um valor da propensão à perda de solo. Estes valores foram estabelecidos a partir de estudos detalhados da vegetação, geologia, geomorfologia, pedologia e clima da área estudada. Para avaliar os níveis de propensão nos limites da bacia, obteve-se uma média aritmética entre os valores já definidos de cada um dos temas, conforme:

$$\text{Vulnerabilidade} = (G + Ge + P + V + C) / 5 \quad \text{eq. (2).}$$

Em que:

G representa o valor atribuído ao tema Geologia; Ge representa o valor atribuído à Geomorfologia; P representa o valor atribuído ao tema Pedologia; V representa o valor atribuído ao tema Vegetação e C representa o valor atribuído ao tema Clima. Desta forma, foi possível obter o valor médio da propensão com base em um fluxograma explicativo que pode ser visualizado na Figura 1, apresentando os valores para cada tema e a média entre os valores, no âmbito de cada UG, com o valor final do nível de propensão.

UNIDADE DE PAISAGEM	MÉDIA		GRAU DE VULNERAB.	GRAU DE SATURAÇÃO			
				VERM.	VERDE	AZUL	CORES
U1	↑	3,0	VULNERÁVEL	255	0	0	
U2		2,9		255	51	0	
U3		2,8		255	102	0	
U4	V	2,7		255	153	0	
U5	U	2,6		255	204	0	
U6	L	2,5	MODERADAM. VULNERÁVEL	255	255	0	
U7	N	2,4		204	255	0	
U8	E	2,3		153	255	0	
U9	R	2,2		102	255	0	
U10	A	2,1	MÉDIANAM. ESTÁVEL/VULNERÁVEL	51	255	0	
U11	B	2,0		0	255	0	
U12	I	1,9		0	255	51	
U13	L	1,8	MODERADAM. ESTÁVEL	0	255	102	
U14	I	1,7		0	255	153	
U15	D	1,6		0	255	204	
U16	A	1,5		0	255	255	
U17	D	1,4		0	204	255	
U18	E	1,3	ESTÁVEL	0	153	255	
U19		1,2		0	102	255	
U20		1,1		0	51	255	
U21	↓	1,0		0	0	255	

Figura 1 - Escala cromática dos níveis de propensão das Unidades Geoambientais para os diversos temas estudados. Fonte: Crepani et al. (2001)

Para representar cromaticamente os níveis de propensão nos mapas foram nomeadas 21 cores, obtidas a partir da combinação das três cores aditivas primárias (Azul, Verde e Vermelho), de forma que se associe a cada nível sempre a mesma cor.

Assim, os valores situados entre 1,1 e 1,9 na escala de propensão, associam-se a cores resultantes da combinação entre o azul e o verde, crescendo a participação do segundo na medida em que se aproxima de 2,0. Os valores situados entre 2,1 e 2,9 associam-se cores resultantes da combinação entre o verde e o vermelho, crescendo a

participação do segundo na medida em que o valor da propensão se aproxima de 3,0 (CREPANI et al., 2001).

Para o tratamento digital das imagens usadas como âncora, índices ambientais e apresentação final dos modelos, foram editados Planos de Informação (PIs), precedido da montagem de um banco de dados, utilizando-se software gerenciador de banco de dados. As imagens passaram por uma correção geométrica e, posteriormente empilhada e georreferenciadas, tendo como base os dados do mosaico das cartas topográficas da SUDENE (1972). Em seguida foram recortadas, para reduzir o tamanho do arquivo e determinados, o Datum e o Sistema de Coordenadas. Também foi criado através do módulo ArcCatalog do Arcgis, o arquivo vetorial do tipo shapefile para futuro recorte da área da bacia nos mapas temático. O retângulo envolvente, que abriga a área de estudo está delimitado pelas coordenadas X1 (737186 E); Y1 (9162094 N) e X2 (711746 E); Y2 (918 2164 N) Datum WGS 1984 e coordenadas UTM, zona 24.

Foi utilizado a ferramenta Triangular Irregular Network, do que possibilitou a representação de uma superfície através de um conjunto de faces triangulares interligadas, por meio do uso da função 3D analyst >Surface Analysis, gerando um modelo numérico de terreno (MNT) e um mapa de declividade, com vinte e uma classes (altitude e declividade).

A classificação da vegetação (em três níveis) constituiu-se da classificação automática por máxima verossimilhança da imagem da sobre a imagem do EVI 2010, utilizando-se o ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Multivariate > Create Signature.

Os mapas temáticos que compõem as variáveis (Geologia, Geomorfologia, Clima, Solos e Vegetação), que integram este estudo foram gerados, a partir da sobreposição, via vetorização dos polígonos que formam cada nível de abordagem ou conjunto de valores, realizado no software AutoCAD e exportado para o Arcgis, para rasterização.

Para elaboração dos mapas de propensão à perda de solos, recorreu-se a extensão spatial analysis do Arcgis: Join data > Attribute table > layers > Calculate Values, para a inserção dos valores ponderados de cada variável. Depois Reclassif > Raster calculate, onde foram adicionados todos os layers e valores correspondentes, gerando o mapa final de propensão à perda de solos.

Por fim, buscou-se o layout para a finalização dos mapas, com as informações indispensáveis: escala, orientação, datum, coordenadas e outras informações pertinentes.

Com estes procedimentos, foi possível a verificação dos padrões paisagísticos similares, onde se incluem condições hidro-climáticas e morfo-pedológicas recobertas

primariamente pela vegetação características da área, assim como os mapas temáticos e de propensão à perda de solos no âmbito da bacia.

4.1 Critérios para identificação das UGs

Os parâmetros para delimitação das Unidades Geoambientais (UGs) foram: (i) interpretação visual do padrão de drenagem e aspectos geomorfológicos, a partir de elementos, tais como: tonalidade e cor, forma, tamanho e textura; (ii) amplitude altimétrica, pois, segundo Sousa (2005), “os limites do relevo e as feições do modelado são passíveis de uma delimitação mais confiável”, visando assim o mapeamento das áreas, cujos aspectos naturais apresentam certa homogeneidade (Figura 2a.); (iii) ordenamento das classes predominantes de solos encontrados em cada compartimentação (Figura 2b.), pois o papel exercido pelo relevo na conformação da paisagem, em relação à distribuição das classes de solos, fornece tipos bem definidos de feições geomorfológicas, a partir do grau de declividade (RANZINI, 1965); e (iv) modelos fisiográficos de vegetação, tendo por base a classificação digital de imagem, já mencionada, com base na determinação de EVI (*Enhanced Vegetation Index*).

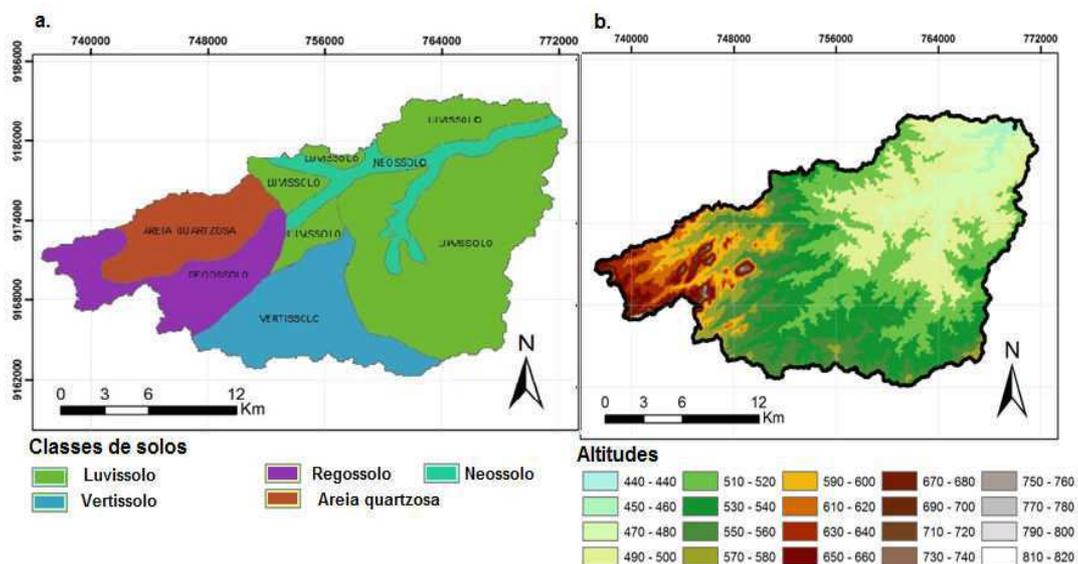


Figura 2 – Mapas base para a delimitação das Unidades Geoambientais: (a.) classes de solos presentes na bacia, derivado das cartas elaboradas por RADAMBRAIL (1983), Folha 24 e mapa de solos da Paraíba (2006) e (b.) Modelo Numérico de Terreno elaborado a partir da imagem SRTM (2000).

A classificação para análise da densidade da cobertura vegetal, considerou três classes (densa, semidensa e rala) e a distribuição espacial dos valores de EVI (*Enhanced*

Vegetation Index) proposto por Huete et al. (1997), que indicou a maior concentração de biomassa por meio do porte do dossel.

A escolha do EVI, funda-se na sua eficiência com relação aos resultados, em comparação ao NDVI, por exemplo. O EVI parece ser mais sensível à variação da estrutura do dossel, incluindo o Índice de Área Foliar (IAF), a fisionomia da planta e a arquitetura do dossel (Huete, 1989). Os critérios utilizados na delimitação das Ugs, são os mostrados na Tabela 2.

Tabela 2 - Critérios para determinação das Unidades Geoambientais (Ugs)

< ALTITUDE	> ALTITUDE	AMPLITUDE / %	TIPO DE SOLO	COBERTURA VEGETAL	USO DO SOLO	UG
750m	640m	14%	Regossolo	Arbustiva semidensa a rala	Pastagem e agricultura	1
610m	510m	16%	Vertissolo Neossolo	Subarbórea, arbustiva semidensa e rala	Agricultura e pastagem	2
500m	440m	12%	Luvissolo Neossolo	Arbustiva rala	Pastagem	3

Fonte: Dados da SUDENE (1972); SRTM (2000) e RADAMBRASIL (1983) adaptado.

Para dar suporte aos parâmetros acima mencionados foram utilizados os dados de altimetria das cartas Juazeirinho (SB.24-Z-D-II) e Sumé (SB.24-Z-D-V), através dos valores de pontos cotados e curvas de níveis (SUDENE, 1972), assim como dados extraídos de mapa de declividade elaborado a partir da imagem SRTM (2000), disponibilizados pela National Aeronautics and Space Administration - NASA.

Por tais parâmetros, determinou-se o padrão amostral da delimitação das Ugs, onde a diferença entre a maior e a menor altitude, não foi superior a 20% dentro de cada unidade, além da ocorrência de classes do solo predominantes, que tiveram como base as informações de solo e relevo extraídas do Radambrasil (1983) e Paraíba (2006).

Estes dados, somados à fotointerpretação das demais feições da paisagem e as observações de campo forneceram dados robustos que asseguraram a delimitação das unidades geoambientais (Ugs) (ANJOS e VENEZIANI, 1987).

A interseção vetorial deste PI definiu o mapa com os polígonos das Unidades Geoambientais no âmbito da bacia. A este, associou-se um banco de dados relacional contendo as classes de PIs temáticos e valores, relativos e empíricos, de propensão à

perda de solo no âmbito da Bacia. Após o procedimento de delimitação da área da bacia, foi procedido o mapeamento dos pontos amostrais para coleta de solos e ensaios *in situ*, utilizando receptor por satélite. As amostras foram distribuídas de acordo com os pontos do mapeamento georreferenciado, mostrado na Figura 3.

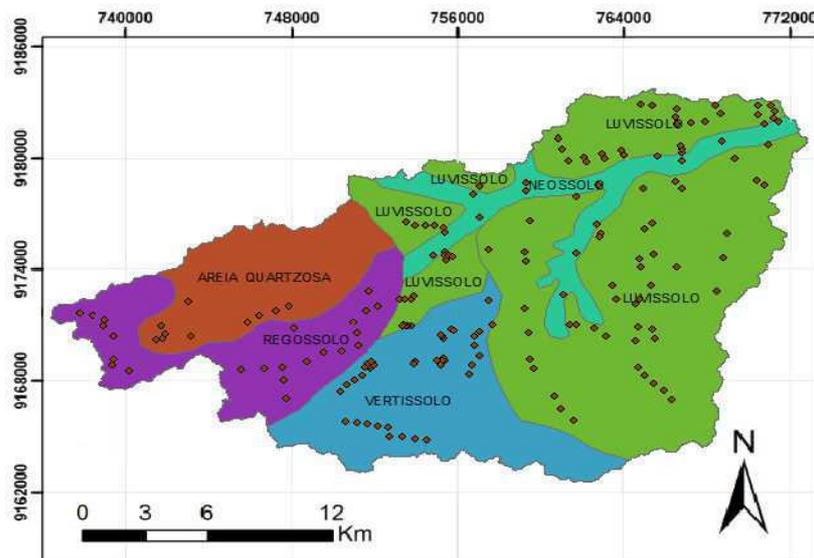


Figura 3 – Mapa de solos e pontos georreferenciados de coleta de amostras, ensaios de densidade *in situ* e infiltração de água no solo. Fonte: Mapa de solos (RADAMBRASIL, 1983; PARAIBA, 2006 e Trabalho de campo).

Adicionalmente, com o intuito de agregar ao estudo a atualização dos dados pedológicos, adotou-se parte dos indicadores de perda de solo por erosão decorrente do uso da terra preconizado por Matallo Jr. (2001: 42), determinando os parâmetros físicos e químicos dos solos, por meio de: (i) preparação de amostra (ABNT - NBR 6457); (ii) densidade de campo por anel volumétrico (NBR 9813); (iii); densidade máxima laboratório, através do ensaio de compactação proctor normal (NBR-7182). A energia aplicada ao solo, chamada de energia de compactação é traduzida pela equação:

$$Ec = \frac{N \times n \times W \times h}{V} \quad \text{eq. (3).}$$

Em que:

N é o número de golpes por camada; n é o número de camadas no cilindro; W é o peso do soquete; h é a altura de queda do soquete e V é o volume do molde.

Estas determinações permitiram originar o grau de compactação, que configura um parâmetro significativo na resistência do solo ao cisalhamento, provocado pelo atrito da água do escoamento superficial.

Utilizaram-se, também, os limites de consistência física dos solos pelo método do aparelho de Casa Grande e moldagem de cilindros em placa de vidro esmerilhada (ABNT/NBR 6459/82 e NBR 7180/82), como forma de determinar plasticidade e consistência do solo. O termo consistência refere-se ao grau de adesão entre as partículas de solo e a resistência oferecida as forças que tendam a deformar ou romper a massa do solo. A plasticidade pode ser entendida como sendo a propriedade de certos sólidos serem moldados (deformações rápidas) sem apreciável variação de volume. Estas duas propriedades juntas produzem uma resistência muito maior ao cisalhamento ou, em outras palavras resistem muito mais aos processos erosivos.

Foi também determinada a análise granulométrica do solo. Este ensaio está normalizado pela ABNT/NBR 7181/82, cujo objetivo é mostrar a distribuição do padrão textural dos materiais granulares, pedregulhos, areias silte e argila pelo processo de peneiramento. Na execução do ensaio, utiliza-se uma série de peneiras de abertura de malhas conhecidas (0,074 - 0,42 - 2,0 - 4,8 mm), determinando-se a percentagem em peso retida ou passante em cada peneira. Este processo divide-se em peneiramento grosso, partículas maiores que 2 mm e peneiramento fino, partículas menores que 2,0 mm. Deve ser ressaltado que o material abaixo da # 0,074, apenas fornece a quantidade de material correspondente a silte e argila. Contudo, para separação de determinação destas duas frações é necessário o ensaio de sedimentação (não mostrado).

Outro parâmetro utilizado foi à Velocidade de Infiltração Básica de água no solo, obtida pelo método dos anéis concêntricos (BERNARDO et al., 2006), comparando-se os valores em usos agrícola e pastoril, como forma de verificar a influência destas atividades produtivas nas propriedades físicas do solo, visto que esta é uma variável contundente, aliada a outros fatores (inclinação de rampa, tipo e umidade do solo, por exemplo) na determinação do escoamento superficial e seus processos consequentes. Os resultados dos ensaios realizados foram apresentados em nível de Unidade Geoambiental (Ugs) subdivididos em áreas de amostragem (AA).

4.2 Parâmetros para a determinação das áreas de amostragem de solos

Para a coleta de amostras de solo foi utilizado uma representação estratificada, incluindo as classes de solo, densidade e porte da vegetação. O desenho de amostragem estratificada constou de um arranjo fatorial 4 x 3 x 3, sendo quatro classes de solo (Luvissolo, Vertissolo, Regossolo e Neossolo), três classes de vegetação (subarbórea,

arbustiva e subarbustiva) e três graus de cobertura vegetal (rala, aberta e densa) (CHAVES et al., 2002). Posteriormente, foi adicionada a declividade como mais um fator a considerar (Tabela 3).

Dentre as trinta e seis combinações possíveis de fatores, apenas dezesseis foram encontradas na bacia. Contudo, alguns desses estratos apareceram em mais de uma área de amostragem, por tal motivo o número de amostras por estrato variou; entretanto, foi adotada uma quantidade mínima de cinco amostras por estrato.

Tabela 3 - Classes de solo, tipo de vegetação, grau de cobertura vegetal e frequência de cada combinação.

Classe de solo	Classe de vegetação	Grau de cobertura	Relevo	Áreas determinadas	Nº de amostras
Vertissolo Cromado Órtico	Arbustiva	Densa	Suavemente ondulada 4 – 8%	UG3/ AA1	10
	Arbustiva	Semidensa	Suavemente ondulado 4 - 8 %	UG3/ AA2	10
	Subarbustiva	Densa	Plano 2 - 4 %	UG3/AA3	10
	Arbustiva	Rala	Suavemente ondulado 4 – 8 %	UG1/AA4	10
Regossolo Neossolo Regolítico	Subarbórea	Semidensa	Fortemente ondulado > 40%	UG2/AA1	10
	Subarbórea	Densa	Ondulado 10 – 20%	UG2/AA2	10
	Subarbórea	Rala	Suavemente ondulada 4 – 8%	UG2/AA3	10
	Arbustiva	Semidensa	Ondulado 10 – 20%	UG2/AA4	10
	Arbustiva	Rala	Ondulado 10 – 20%	UG2 /AA5	10
	Arbustiva	Rala	Mediamente ondulado 10 – 20%	UG3/AA1	05
Luvissolo crômico	Arbustiva	Densa	Suavemente ondulado 4 – 8%	UG1/AA1	10
	Subarbustiva	Semidensa	Mediamente ondulado 8 – 10%	UG1/AA2	05
	Subarbustiva	Rala	Plano 2 – 4%	UG1/AA3	09
	Subarbustiva	Densa	Mediamente ondulado 8 – 10%	UG1/AA4	05
	Subarbustiva	Aberta	Plano 2 – 4%	UG1,/AA%	10
Neossolo Flúvico	Subarbóreo	Algaroba/aberto	Suavemente ondulado 4 – 8%	UG1/UG3	10

A coleta foi realizada na camada de 0-20 cm, ao longo de uma transecção, nas áreas de vegetação rala e aberta, enquanto nas áreas de vegetação semidensa foi realizada de duas maneiras, dependendo da variabilidade dos fatores: em zig-zag e/ou em malha, com espaçamento de pelo menos 600, distância que corresponde a dois segundos (“). A distância na malha traçada variou dependendo dos aspectos considerados, mas nunca inferior a 500m entre amostras consecutivas. Por este método, chamado de caminhada livre, o pesquisador usa sua própria experiência de conhecimento da área, a fotointerpretação e as correlações para definir os pontos de observação e amostragem, geralmente locais representativos, de modo que cada observação ou amostra coletada forneça o máximo de informações para o mapeamento e caracterização dos solos (IBGE, 2007).

Para os ensaios *in situ*, anteriormente citados (densidade, infiltração e determinação de perfis) foram escolhidos aleatoriamente pontos amostrais em quantidade representativa para as determinações, satisfazendo os critérios do estudo.

Neste caso, IBGE (2007) recomenda que a densidade de observações para este tipo de ensaio seja em função do maior ou menor grau de heterogeneidade da área de trabalho. No caso específico da determinação de perfis para estudo exploratório, a efetivação deste exame não deve ultrapassar 0,04 ocorrências por Km². Todas as amostras coletadas foram georreferenciadas com GPS portátil Garmin E-trex Vista e, posteriormente os pontos plotado no mapa de solos, conforme já mencionado.

Para facilitar o discernimento entre as amostras coletas e os ensaios adotou-se uma sequência numérica (1 a 144). A utilidade dos ensaios de campo visou identificar possíveis correlações entre o grau de compactação e alterações na macroestrutura dos solos, bem como na influência das atividades realizadas na área frente à infiltração de um lado e os processos erosivos de outro. Para a realização da determinação da densidade de campo foi utilizado o método do anel volumétrico e a absorção foi determinada pelo método do infiltrômetro de anéis concêntricos. Na localização da área dos estratos foi adotada a sobreposição dos mapas de solo elaborados por (RADAMBRASIL, 1983) e elaboração de classificação de imagem. As manchas de solos foram quantificadas por meio da ferramenta apropriada (medidas de classe) do aplicativo SPRING 5.01 (INPE, 2010) e estão expostas na Tabela 4.

Tabela 4- Quantidades e porcentagens das classes de solo encontradas na bacia

Classe de solo	Área (Km ²)	(%) da Área total
Luvissole	147,03	34,69
Neossolo	31,14	07,35
Regossolo	93,84	22,14
Vertissolo	86,92	20,51

4.3 Determinação de parâmetros espectrais intertemporais para a bacia

Os parâmetros espectrais de uma dada área traduzem as condições em que a superfície se comporta em relação à chegada da energia eletromagnética emitida pelo Sol. Este aspecto é sumamente importante, pois ele determina as quantidades absorvidas e refletidas de energia, tendo forte influência em todos os processos da dinâmica espacial, com maior ênfase no comportamento da vegetação e recursos hídricos.

Outro aspecto que se julgou relevante no estudo dos indicadores espectrais foi dar suporte aos dados climatológicos, os quais subsidiaram a ponderação para a composição dos mapas das unidades em análise. Assim, quatro índices deram suporte à caracterização ambiental da bacia, a saber:

- (i) Procedeu-se a determinação do Albedo, que indica a relação entre a energia incidente e a refletida por um sistema, de modo que quanto mais houver solos desnudos, maior será a taxa deste indicador. Obtém-se o cômputo do albedo da superfície ou albedo corrigido para os efeitos atmosféricos (α), pela equação:

$$\alpha = \left(\frac{\alpha_{toa} - \alpha_p}{\tau_{sw}^2} \right) \quad \text{eq. (4).}$$

Em que:

α_{toa} é o albedo planetário, α_p é a radiação solar refletida pela atmosfera, que varia entre 0,025 e 0,04, mas para o modelo SEBAL é recomendado o uso do valor de 0,03, com base em Bastiaanssen (1998) e τ_{sw} é a transmissividade atmosférica, para condições de céu claro. Os coeficientes de calibração utilizados, necessários às determinações do albedo constam na Tabela 5.

Tabela 5 - Descrição das bandas do Thematic Map (TM) do Landsat 5, com os intervalos de comprimento de onda correspondentes, coeficientes de calibração e irradiâncias espectrais no topo da atmosfera (TOA).

Bandas	Comprimento de Onda (μm)	Coeficientes de Calibração ($\text{Wm}^{-2}\text{sr}^{-1}\mu\text{m}^{-1}$)		Irradiância Espectral no Topo da Atmosfera ($\text{Wm}^{-2}\mu\text{m}^{-1}$)
		a	b	
1 (azul)	0,45 – 0,52	-1,52	193,0	1957
2 (verde)	0,52 – 0,60	-2,84	365,0	1826
3 (vermelho)	0,63 – 0,69	-1,17	264,0	1554
4 (IV-próximo)	0,76 – 0,79	-1,51	221,0	1036
5 (IV-médio)	1,55 – 1,75	-0,37	30,2	215,0
6 (IV-termal)	10,4 – 12,5	1,2378	15,303	-
7 (IV-médio)	2,08 – 2,35	-0,15	16,5	80,67

Fonte: Bastiaanssen et al. Remote Sensing Surface Energy Balance Algorithm for Land (SEBAL), 1998.

(ii) Índice de Vegetação Ajustado para os Efeitos do Solo (*Soil Adjusted Vegetation Index* - SAVI), índice que busca amenizar os efeitos de *background* do solo, substituindo com certa vantagem o NDVI e tem sido utilizado através da equação (Huete, 1988):

$$SAVI = \frac{(1+L)(\rho_{IV}-p_v) / 0,59}{(L + \rho_{IV} + p_v)} \quad \text{eq. (5).}$$

Em que:

ρ_{IV} e p_v correspondem, respectivamente, as bandas do infravermelho próximo e do vermelho e L é constante, cujo valor mais frequentemente usado é 0,5 (SILVA et al., 2005).

(iii) O Índice de Área Foliar (IAF) é definido pela razão entre a área foliar de toda a vegetação por unidade de área utilizada por essa vegetação. Ele é um importante parâmetro biométrico para avaliar respostas de plantas a diferentes condições de ambiente e foi obtida por Allen et al. (2002):

$$IAF = \frac{-1n(0,69-SAVI) / 0,59}{0,91} \quad \text{eq. (6).}$$

(iv) Por fim, foi determinado o Índice de Realce da Vegetação (*Enhanced Vegetation Index* - EVI), que pode ser obtido pela equação 7, proposta por Huete et al. (1997), em comparação ao SAVI, haja vista o primeiro priorizar o *background*

solo vegetação e o segundo, dar mais ênfase a resposta da vegetação, através da quantidade de biomassa, através da equação:

$$EVI = G \left(\frac{\rho_{IVP} - \rho_v}{\rho_{IVP} + C1 * \rho_v - C2 * \rho_A + L} \right) \quad \text{eq. (7)}.$$

Em que:

ivp é a refletância no infravermelho próximo, v é a refletância no vermelho, A é a refletâncias no azul, C1 é o coeficiente de correção dos efeitos atmosféricos para o vermelho (6), C2 é o coeficiente de correção do efeitos atmosféricos para o azul (7,5), L é o fator de correção para a interferência do solo (1) e G é o fator de ganho (2,5).

4.4 Determinação do perfil socioeconômico e ações de conservação na Bacia

O perfil da população residente na bacia, também foi objeto de investigação, devido ao papel que exerce no estado de conservação do espaço produzido. Para tanto, recorreu-se ao levantamento dos aspectos socioeconômicos decorrentes, incorporando o diagnóstico socioambiental, através da metodologia desenvolvida pelo Centro Interamericano de Desenvolvimento de Águas e Terras da Venezuela (CDATE) e adaptada para as condições brasileiras por Rocha (1997), a qual possibilita uma radiografia das condições de vida da população envolvida nos processos investigados. Para se obter os percentuais de deterioração (y), utilizou-se a equação:

$$Y = ax + b \quad \text{eq. (8)}.$$

Em que:

y - unidade crítica de deterioração (%)

x - valor modal encontrado a partir da tabela de códigos

x' e x'' - valores mínimos e máximos, respectivamente

a e b - coeficiente da equação da reta

y varia de 0 a 100 (0 a 100%).

Os valores mínimos x e máximos x' definem os valores do modelo a e b, respectivamente. As unidades críticas de deterioração foram determinadas a partir de

uma regressão simples, utilizando-se os valores dos códigos máximos e mínimos e o valor significativo.

Os questionários, em número de 290 (20% dos habitantes da bacia), foram estruturados e aplicados de modo a possibilitar a aquisição dos dados, através das variáveis contidas na contidas na Tabela 6.

Tabela 6 - Códigos e variáveis do diagnóstico socioambiental

Diagnósticos	Códigos e variáveis	
Ambiental	De 1.1 a 1.9	
Socioeconômico	Fator social	De 2.0 a 8.0
	Fator econômico	De 8.1 a 11.7
	Fator tecnológico	De 11.8 a 13.4

Com estes procedimentos metodológicos foi possível elaborar cartas de propensão à perda de solo a partir de um banco de dados contendo as informações básicas do meio físico e de uso da terra, da bacia em exame. Este método de determinação de vulnerabilidade ambiental foi adaptado e aplicado por Crepani et al. (2001), Oliveira et al. (2007), Ross (1996), Gomes et al. (2005), Arruda et al. (2007), Pereira (2008), Baracuhy (2001), entre outros.

4.5 Caracterização da área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Serra Branca (Figura 4) está localizada no Semiárido Paraibano e abriga em seus limites parte dos municípios de São João do Cariri e Serra Branca. Sua extensão é de aproximadamente 453,77Km² e o comprimento da calha do rio principal se estende por cerca de 37 km da nascente, na localidade Duas Serras até a foz no rio Taperoá em São João do Cariri-PB.

De acordo com a classificação climática de köppen, o clima do local é do tipo Bsh (semiárido), caracterizado por insuficiência e irregularidade das precipitações pluviais e ocorrência de temperaturas elevadas. A precipitação pluvial média anual observada no período de 1962 a 2010 foi de 600 mm. A estação chuvosa se inicia em janeiro/fevereiro com término em maio. A temperatura média anual histórica é de 24°C e a umidade relativa média anual é de 57% (ALBUQUERQUE et al., 2002).

Segundo o CPRM (2005) é característica da área a presença de solos rasos, pouco porosos e predominantemente plásticos, subsolo derivado do embasamento

crystalino, vegetação do tipo caducifólia e relevo dissecado por uma rede hidrográfica exorreica, de padrão dendrítico de densidade considerável.

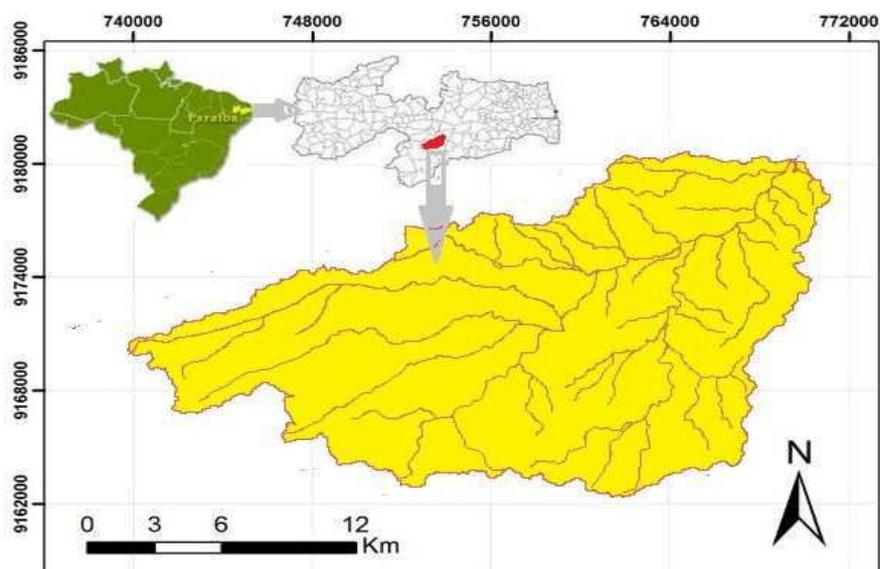


Figura 4 – Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Serra Branca em relação ao estado da Paraíba e ao Brasil.

Pode-se descrever os solos da área da seguinte forma: nas superfícies suaves a onduladas, ocorrem os Luvisolos, pouco profundos, medianamente drenados, ácidos a moderadamente ácidos e fertilidade natural média e ainda os Regossolos, que são pouco profundos, textura arenosa, e fertilidade natural média a baixa; nas elevações ocorrem os solos Litólicos, rasos, textura argilosa e fertilidade natural média; nos vales dos rios e riachos, ocorrem os Neossolos, medianamente profundos, imperfeitamente drenados, textura média/siltosa, moderadamente ácidos, fertilidade natural alta e problemas de sais (CPRM, 2005).

A base econômica nos limites da bacia tem como característica a produção agropecuária, centrada principalmente na caprino-bovinocultura e na agricultura de sequeiro. Em tempos pretéritos, as atividades produtivas tinham como destaques a exploração de culturas industriais como o sisal e o algodão arbóreo, hoje extinto.

No entanto, nem sempre foi assim. Esse quadro passou a mudar à medida que ocorreu a retração do sisal e do algodão, por entraves na comercialização e pela ocorrência do bicudo (*Anthonomus grandis*). Com isso expandiu-se a atividade pecuária e as culturas de suporte forrageiro, como a palma e o capim. A partir de então o caprino e, também, a criação de bovinos se firmaram como atividades de maior potencial para a área, sobretudo a caprinocultura por oferecer maiores possibilidades adaptativas às condições geoclimáticas do Semiárido (BRASIL, 2005).

Essa adaptação, contudo, tem um custo ambiental. Hoje já se dispõe de estudos realizados pela EMBRAPA, que confirmam ambas as modalidades de pecuária, como predatória ao ambiente semiárido, sobretudo quanto à diversidade florística, diretamente, bem como os impactos indiretos no porte da vegetação e nas propriedades do solo (DIAS FILHO e FERREIRA, 2008).

A estrutura fundiária é sem dúvida outra característica marcante da área e sempre esteve relacionada aos latifúndios, devido ao fato de sua gênese derivar de uma aristocracia, iniciada no período colonial, cuja atividade econômica principal sempre esteve ligada ao espaço rural. Os estabelecimentos de menos de 50 ha – faixa na qual se concentra a maioria dos produtores familiares – correspondem a 75% do total dos imóveis, mas ocupam apenas 15% da área, o que demonstra ainda existir problemas na distribuição e posse das terras na área (BRASIL, 2005; PEREIRA et al., 2010)

4.5.1 Aspectos geológicos: contexto regional

O território brasileiro é dividido em três grandes unidades litológicas: Escudo das Guianas, Escudo Brasil-Central e Escudo Atlântico, que por sua vez, está subdividido em sete províncias diferenciadas por suas características geológicas evolutivas. Uma destas Províncias do Escudo Atlântico é a Borborema que é substrato de parte significativa do Nordeste, na qual são encontradas bacias sedimentares e embasamento cristalino. Este embasamento cristalino representa a zona mais interna do desenvolvimento geológico Pré-Cambriano do Nordeste brasileiro, considerada o Domínio Central por Brito Neves et al. (1995), caracterizada pela presença dos Lineamentos, Patos e Pernambuco (RADAMBRASIL, 1983).

O substrato rochoso onde se assenta a bacia do Rio Serra Branca, do ponto de vista regional, apresenta rochas do complexo Monteiro, dentro de uma área maior, compreendido pelo sistema Pajeú-Paraíba, demonstrando de forma similar traços do pré-cambriano indiviso.

De acordo com as datações realizadas, as rochas deste complexo seguramente sofreram um processo evolutivo, por meio de metamorfismos, reorganizadas no Brasiliano, fato que se confirma pelo padrão isotrópico das amostras analisadas (RADAMBRASIL, 1983). A unidade estratigráfica se encontra representada por uma amostragem considerável de complexos associados a: Gnaisses, gnaisses migmatizados, migmatitos homogêneos e heterogêneos, granitoides e secundariamente por xistos,

calcários cristalinos, anfíbolitos, quartzo, entre outros (Tabela 6) constituem os litotipos encontrados na área.

Tabela 7 – Tipos e Características Gerais das Rochas da Área de Estudo.

TIPO DE OCHAS	CARACTERÍSTICA
Granito	Composto por rocha magmática mais que ocorre juntamente com gnaisses no embasamento cristalino. Localiza-se na crosta superior, caracterizado pelos elementos silício (Si) e alumínio (Al) que constitui o substrato da crosta sílica que forma os blocos continentais. A cor varia de vermelha a cinza claro e está relacionada à cor do feldspato, elemento mineral mais frequente.
Gnaisse	São rochas metamórficas que se transformam a partir de rochas ígneas ou sedimentares. O gnaisse proveniente do metamorfismo de sedimentos é chamado paragnaisse e o proveniente das rochas ígneas é designado ortognaisse. Ambos são muito comuns no embasamento cristalino brasileiro. Variam grandemente em aparência, composição mineral e estrutura, sendo que a variedade mais comum é o granito-gnaisse.
Migmatito	São gnaisses granitoides onde o metamorfismo foi acompanhado de fusão parcial com acréscimos de feldspatos alcalinos. Apresenta aspectos ora magmáticos, ora metamórficos.
Xisto	Corresponde ao mais avançado grau de metamorfismo da argila. Possui uma estrutura de foliação que consiste em planos delgados levemente curvos de separação.
Arenitos Aluvionais	Corresponde aos depósitos detríticos inconsolidados, transportados pelos rios e compostos por areias, seixos de diversos tamanhos e argilas.
Quartzo de veio	É um mineral bastante comum, com dureza elevada e é encontrado em grande quantidade, resultado da intemperização do granito e dos veios de quartzo.

Fonte: Modificado de Gomes (2005)

O limite da unidade está a norte com o Terreno Granjeiro e é balizado pela Zona de Cisalhamento Patos. Este terreno foi separado por Bittar (1998) em faixa tectono-estratigráfica, desenvolvidos perante diferentes regimes metamórficos e deformacionais, justapostos durante a orogênese Brasileira. No entanto, os dados geocronológicos confirmam que a Faixa Piancó-Alto Brígida representa uma colagem de terrenos Cariris Velhos (1,1-0,95 Ga) e Brasileira (0,75-0,57 Ga), sendo por isso, considerado um terreno composto, entretanto estável, a priori (DANTAS e CAULA, 1982). É, pois, neste substrato estável que a área de estudo se assenta.

4.5.2 Aspectos geológicos: contexto local

A geologia da área em que está situada a bacia é constituída do embasamento cristalino, onde predominam gnaisses, migmatitos e granitos sob a forma de inúmeros afloramentos (DANTAS e CAÚLA, 1982). Um deste, o stock representado pela Serra do Jatobá se destaca na paisagem, pelo aspecto peculiar de sua formação.

Ainda segundo Dantas e Caúla (1982), na parte ocidental, os metamórficos e rochas granulares do embasamento ocorrem dispostos em feixes paralelos de direção E-W, evidenciando uma compressão tanto para norte como para sul. Associadas a este compartimento estrutural ocorrem falhas inversas de direção E-W. Em fase posterior, falhas transcorrestes diagonais, levógiras, de direção NE e NNE afetaram todo o cristalino regional, promovendo deslocamentos de alguns quilômetros no alinhamento estrutural E-W, desenvolvendo faixas cataclásticas. São distinguidas ainda inúmeras falhas de direção NE, conectadas transversalmente ao sistema de falhas do lineamento Pernambuco (DANTAS e CAÚLA, 1982).

As rochas mais comumente encontradas na área se constituem de gnaisses, homogêneos ou heterogêneos. Este tipo de rocha se encontra amplamente distribuída mostrando um constante processo de migmatização, progredindo em muitos casos para migmatitos estomáticos ou constituídos em áreas complexas, onde os dois tipos de gnaisses se alternam. Segundo informações coletadas (RADAMBRASIL, 1983), as rochas apresentam faixas e cores pretas e cinza, além de rosa e brancas bem distintas em contraste com as cores escuras, caracterizando uma estrutura bandeada, conforme Figura 5.



Figura 5 - Exemplo da concentração de veios de quartzo em migmatitos encontrados na área de estudo, com afloramento próximo a foz do rio Serra Branca no município de São João do Cariri - PB (linhas claras na fotografia).

4.5.3 Aspectos geomorfológicos: contexto regional

A compartimentação topográfica de uma área corresponde à individualização do conjunto de formas com características semelhantes, o que leva a se admitir que tenham sido elaboradas em determinadas condições morfogenéticas ou morfoclimáticas que apresentem relações litoestratigráficas ou que tenham sido submetidas a eventos tectodinâmicos (CASSETI, 2005).

Como resultado de forças antagônicas surgem dois aspectos primordiais na conformação do relevo, quais sejam: o aspecto morfoclimático, que determina a influência do clima nas formas de relevo em nível regional e o aspecto morfoestrutural, que relaciona as formas de relevo atuais aos processos endógenos (AB'SABER, 1974).

O relevo da bacia do rio Serra Branca se configura entre predominantemente plano, levemente ondulado e ondulado. Trata-se de uma área formada pelos ciclos de erosão, iniciada no final do Terciário que dissecaram periféricamente o núcleo nordestino do escudo da Borborema (ANDRADE-LIMA & SILVA, 1982).

De acordo com Brasil (2005), trata-se de uma área pediplanizada, de ocupação antrópica antiga, recortada pela parte alta do rio Paraíba e pelo seu principal afluente, o rio Taperoá. Em decorrência desta ação, a Borborema ora apresenta porções soerguidas, ora aplainadas, ou ainda, inclinadas ou alinhadas, seguindo a direção sudoeste nordeste.

4.5.4 Aspectos geomorfológicos: contexto local

A área da bacia do rio Serra Branca apresenta uma amplitude no relevo de 383 metros. Sua maior altitude registra 826 m no topo do batólito, na Serra do Jatobá e 443 metros de cota na foz, confluência com o rio Taperoá, em São João do Cariri-PB. No restante da extensão da bacia, as áreas consideradas aplainadas variam de 460 a 600 metros, e sua situação é marcada por sotavento das “serras” que a circundam, a exemplo da escarpa oriental da Borborema ou das zonas mais altas da divisa com Pernambuco, fato que podem contribuir com a semiaridez do seu clima (CONTI & FURLAN, 1998).

Nesta área, chamada de Cariris Velhos, se forma uma saliência, inclinada de sudoeste para nordeste, limitada localmente pelas serras Mulungú, Porteiras, Jararaca, Mares, Quebradas e Cachoeira, representando uma superfície deprimida, sendo dissecada por uma rede de canais de padrão dendrítico de densidade considerável.

De acordo com Ab'Saber (2003), a área se configura como um conjunto estrutural de incelbergues falhados, com formas conservadas que exibem traços evidentes das superfícies pediplanadas, como resultado da semiaridez que perdura desde o Cenozoico. Estas superfícies apresentam baixa declividade, amplitude altimétrica e dissecação médias. Também, podem ser encontradas áreas compostas por terrenos aluvionares, onde os processos de acumulação de sedimentos são mais intensos. Os aspectos das formas de relevo ali presentes podem ser observados na Tabela 7.

Tabela 8 – Formas geomorfológicas da área de estudo

PADRÃO DE FORMA DE RELEVO	FORMAS DE RELEVO	SIGLAS	CARACTERÍSTICAS
AGRADACIONAIS	Planície Fluvial	Apf	Área próxima aos rios, sujeita ao processo de inundação
	Superfície plana	Dp	Baixo relevo interrompido por incelbergues
	Formas com morretes e topos acentuados	Da	Relevo residual
DENUDACIONAIS	Formas com topos convexos	Dc	Relevo residual com formas alongadas

Fonte: Adaptada de RADAMBRASIL (1983) e Gomes (2005)

4.5.5 Aspectos edáficos: contexto regional

As diversas classes de solos encontradas no semiárido variam muito, especialmente, em função do material de origem. Incidem, desde solos com alto grau de intemperismo até solos jovens e mal formados. As classes mais frequentes são Latossolos, Argissolos, Luvisolos, Planossolos, Vertissolos, Neossolos, Regossolo e Cambissolos (RADAMBRASIL, 1983).

Chaves et al. (2002) descrevem com mais detalhes os solos da área como sendo os seguintes: Luvisolo Crômico – TC, Vertissolo Cromado Órtico - VC e o Neossolo - RL. Ocupando áreas menores e locais específicos da paisagem, ainda ocorrem os Neossolo Flúvico - RU (Solo Aluvial) e afloramentos de rocha. Estes solos apresentam os maiores níveis de degradação quando ficam descobertos, em virtude da diminuição e do rebaixamento da cobertura vegetal, apresentando fortes sinais de erosão.

Os problemas de ordem ambiental e antrópica na área semiárida se intensificam pela baixa fertilidade natural dos seus solos que sofrem limitações, tanto pela presença de pedregosidade, como pela escassez de umidade, além da profundidade do perfil ser geralmente rasa, da dificuldade de drenagem e do excesso de Na trocável (SILVA, 2000).

As variações de ambientes e de paisagens devem ser destacadas como as características mais marcantes da região semiárida. Fortemente associado a esse fator, tem-se o relevo que é muito variável e em sua maioria apresenta-se como suave ondulado com altitudes variando de 400 a 800 m (Silva et al., 1993).

Pelas características climáticas peculiares ao semiárido, mais que em qualquer outro local, o solo é um dos recursos essenciais por si só e pela influência que exerce sobre os ambientes e sociedades.

Este recurso assume a importância como fonte de obtenção de alimentos, matérias primas e energia biológica, além de exercer influência relevante no comportamento dos recursos hídricos, pois a passagem da água pelo interior do solo determina uma série de fatores que podem facilitar ou dificultar essa travessia e na qualidade final da água, assim como na produtividade que, alias, se constitui em forte entrave ao setor produtivo local (ABEAS, 2007).

4.5.6 Aspectos edáficos: contexto local

Com raras exceções, os solos registrados nos domínios da bacia do rio Serra Branca, são pouco desenvolvidos, rasos, de textura média a areno-argilosa, pouco ácidos a praticamente neutros, com média fertilidade natural, apresentando limitações ao uso como deficiência de água, suscetibilidade à erosão em alguns pontos, alta pedregosidade e rochiosidade, salinidade e alcalinidade moderada e boa drenagem exceto na mancha de domínio do Vertissolo. A distribuição espacial das classes de solos, as principais características associadas ao relevo da área de estudo e as recomendações para sua utilização são exibidas na Tabela 8.

Tabela 9 - Principais Características dos solos, forma de utilização e intensidade do relevo.

Classe de solo	Principais características	Forma de utilização	Intensidade do relevo
Bruno não cálcico (Luvissole crômico)	São solos caracterizados por serem rasos geralmente argilosos com moderada capacidade de infiltração e de retenção hídrica. Seu material originário advém do saprolito de gnaisses e migmatitos; a vegetação predominante é remanescente da floresta subcaducifólia e hiperxerófila seguidas de muitas formações secundárias. São considerados solos rasos a pouco profundos. Caracterizam-se por forte propensão à erosão, encontrando-se, na maioria das vezes, com boa parte do horizonte A já removida, deixando exposta uma cobertura de pedras, constituída por calhaus e matações de quartzo rolados, desarestados ou semidesarestados, espalhados pela superfície, denominada “pavimento desértico” que é uma característica comum destes solos.	Sua utilização é restrita devido ao clima, à pedregosidade e a pouca profundidade. Os principais usos encontrados no semiárido são algodão mocó, pecuária extensiva e culturas de subsistência, a exemplo do milho e feijão.	Ocorre principalmente nas partes mais planas da bacia, principalmente nos setores norte, leste, centro e nordeste, sob altitudes entre 440 e 500 metros.
Vertissolo Cromado Órtico	Comumente chamado "massapê", os Vertissolos são solos minerais, não hidromórficos e caracterizados pela presença de argilas do grupo das esmectitas, com a propriedade de se expandirem quando úmidas e se contraírem, quando secas. O teor relativamente alto de argila e sua grande atividade conferem ao solo, elevada plasticidade e consistência extremamente dura, quando seco, fato que possui sérias implicações com relação à sua utilização.	Este solo têm sido utilizados para culturas de algodão, consorciado com a pecuária extensiva em meio à vegetação natural.	São encontrados em relevo predominantemente plano e suave ondulado. No âmbito da Bacia sua ocorrência se dá a sudeste e leste, nos limites do município de São João do Cariri.

Regossolo (neossolo regolítico)	São solos com horizonte superficial arenoso, alta taxa de infiltração, profundidade de 0,5 e 2 m. Aproveitam de forma satisfatória as chuvas, embora não tenha boa capacidade de retenção hídrica e não perdem água facilmente por evaporação. Em geral são solos ácidos. São solos susceptíveis a erosão e podem apresentar fragipan (impedimento); manejados de forma racional, são passíveis de boas produções.	Na área em exame este solo é utilizado para a agricultura devido à reserva de nutrientes, assim como por ter a textura arenosa que facilita a cultura não mecanizada. As culturas mais usadas neste tipo de solos são: mandioca, milho, feijão, algodão herbáceo, palma forrageira e pastagens. A vocação natural é o manejo em pequena agricultura, não sendo recomendado a utilizações intensivas com aplicação de tecnologias e insumos em larga escala.	A área de maior ocorrência se localiza nas partes mais altas da bacia, comumente conhecido na área, como brejo de altitude.
Solos Aluviais (Neossolo flúvico)	Estes solos se apresentam com mais de 1,50 m de profundidade com textura muito variável, ocorrendo nas várzeas margeando os leitos de rio sob relevo plano a suave ondulado; são geralmente férteis e apropriados à irrigação, contudo, quando a textura é argilosa oferece dificuldade de drenagem.	Tem como substrato os sedimentos depositados pelos rios e é destinado às mais diversas formas de agricultura, haja vista serem estas as áreas planas disponíveis, devido a ocorrências de afloramentos rochosos.	Áreas marginais a calha dos rios e vazantes à montante dos açudes e lagoas, em diferentes altitudes.

FONTE: Adaptada de Projeto RADAMBRASIL (1983) e Gomes (2005).

4.5.7 Aspecto da vegetação: contexto regional

A cobertura vegetal da área, aonde se situa a bacia é composta, predominantemente, por formações xerófilas caducifólias, apresentando uma considerável diversidade, em virtude das condições climáticas e por razões: edáficas, topográficas e antrópicas. O bioma Caatinga apresenta neste espaço alguns problemas quanto a sua definição e classificação, devido à heterogeneidade, não só do ponto de vista fisionômico, mas também da sua composição florística e ainda, suas condições estacionais. Somem-se a isto, os mais de quinhentos anos de atividade humana centradas na pecuária extensiva, na agricultura e no extrativismo vegetal.

A denominação Caatinga é de origem Tupi e significa (Caa = mata)+(Tinga = esbranquiçada), referindo-se ao aspecto da vegetação durante a estação seca, quando a maioria das espécies perde as folhas e os troncos esbranquiçados e brilhantes dominam a paisagem (PRADO, 2003).

Essas características são particularmente comuns em espécies dos gêneros *Tabebuia* (*Bignoniaceae*), *Cavallinesia* (*Bombacaceae*), *Schinopsis* e *Myracrodruon* (*Anacardiaceae*) e *Aspidosperma* (*Apocynaceae*), as quais eram dominantes nos tempos pré-ocupação europeia (LACKER Jr. et al., 2005).

Nestas espécies, as folhas e flores brotam em um curto período, geralmente, três a quatro meses durante a quadra chuvosa. Afora isto, a Caatinga permanece em estado de latência durante a maior parte do ano. A vegetação herbácea também cresce somente durante a presença das chuvas esparsas (RIZZINI et al., 1988).

A classificação desta vegetação se dá, pelo porte em: arbórea, arbustiva e herbácea. A cobertura arbórea está restrita às manchas de solos ricos em nutrientes. São florestas úmidas, chamadas de brejos de altitude, que se estendem sobre as encostas e topos das chapadas e serras com mais de 500 m de altitude e que recebem maior quantidade de chuvas orográficas. As coberturas restantes estão distribuídas mais uniformemente por todos os ambientes (ANDRADE-LIMA, 1982).

As principais características da Caatinga, segundo Joly (1970) e Rizzini (1976) são:

- Complexo vegetacional onde predominam árvores e arbustos decíduos na seca;
- A deciduidade da maior parte das espécies é uma adaptação para evitar a transpiração excessiva;
- Resposta rápida da vegetação após o aumento da umidade ou chuva;
- Frequência de ocorrência de árvores e arbustos com grande quantidade de espinhos (diversas famílias botânicas);
- Apresentam órgãos subterrâneos tuberizados (armazenam água), a exemplo do Umbuzeiro (*Spondis tuberosa*);
- Abundância de cactáceas colunares;
- Na maior parte do ano quase não existem gramíneas no solo e, este fato não se deve à existência de queimadas (raras na área), mas a falta de umidade no solo.

Diante desta complexa fisiografia apresentada por um mosaico de paisagens, a vegetação da Caatinga já foi classificada em duas tipologias: pela FAO (Programa das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação), como bosque xerofítico caducifólio,

o que lhe confere o status de mata; bem como pelo RADAMBRASIL, para quem o termo utilizado pela FAO seria inadequado, vindo a ser substituído pela denominação russa de savana estépica (SUDEMA, 2010).

4.5.8 Aspectos da vegetação: contexto local

A área de estudo tem passado por modificações significativas da cobertura vegetal, fato que se deve em grande medida a utilização da madeira como biomassa. O uso desse tipo de energia pode ser feito de diversas formas, a exemplo da própria fotossíntese, na produção de proteínas e álcool para combustível, sob a forma de resíduos vegetais de agricultura, e na forma de madeira usada como combustível.

Nesse sentido, estudos mostram que a energia, como um bem de consumo, está intimamente ligada a qualidade de vida e tende a influenciar e a mobilizar outros setores da vida social.

Na área rural do estado da Paraíba, a lenha é o produto mais consumido como fonte geradora de energia. São utilizados 75,8 % das unidades de produção rural, fato comprovado por Teles (2005) em estudo realizado no município de São João do Cariri, área limítrofe. Além disso, 76 % das residências da zona rural usam lenha como combustível e 79 % destas, a utiliza de seis a sete dias por semana.

Nos limites da bacia do rio Serra Branca estão presentes alguns poucos tipos de vegetação de Caatinga e foram mapeadas pelo IBAMA (1992): arbóreo, arbustiva aberta e arbustiva rala. As classes de vegetação, adotadas nesta metodologia são apresentadas na Tabela 9 e se baseiam na classificação do IBGE (1992).

Tabela 10 - Classificação fitogeográfica para a Caatinga

Tipos de vegetação	Características
Savana-estépica florestada	Estrato vegetal com maior densidade de plantas, com troncos grossos e porte médio, com espinhos e/ou acúleos, bastantes galhos que perdem as suas folhas ou possuem, em geral, decidualidade foliar total durante a época mais rigorosa.
Savana-estépica arborizada	Registra as mesmas características da savana estépica florestada, mas com indivíduos de menor porte com menor densidade de indivíduos por área.
Savana-estépica parque	Os espécimes são espaçados em ordem aleatória de plantas lenhosas raquíticas sobre um estrato herbáceo-arbustivo. O uso excessivo da pecuária extensiva tem modificado a composição florística produzindo aumento de espécies arbustivas e herbáceas pouco nutritivas e semi-lenhosas, como malváceas e bromeliáceas, como a macambira.

Fonte: modificada do IBGE (1992)

4.5.9 Aspectos do clima: contexto regional

O clima semiárido é quente e úmido e caracterizado por uma baixa e irregular pluviosidade concentrada em apenas três meses do ano (Figura 6), na faixa compreendida entre 300 e 900 mm/ano. As temperaturas médias anuais são da ordem de 26 a 29°C.

Ainda segundo os critérios adotados por Köppen às designações das letras, tem-se o seguinte: B significa que a evapotranspiração potencial média é maior que a precipitação média anual, e não havendo, portanto, excedente de água, daí o porquê de nenhum rio permanente originar-se no local; S indicando estação seca de verão; e H referindo-se à temperatura média anual superior a 18°, ou seja, temperatura elevada (DANNI-OLIVEIRA e MENDONÇA, 2007).

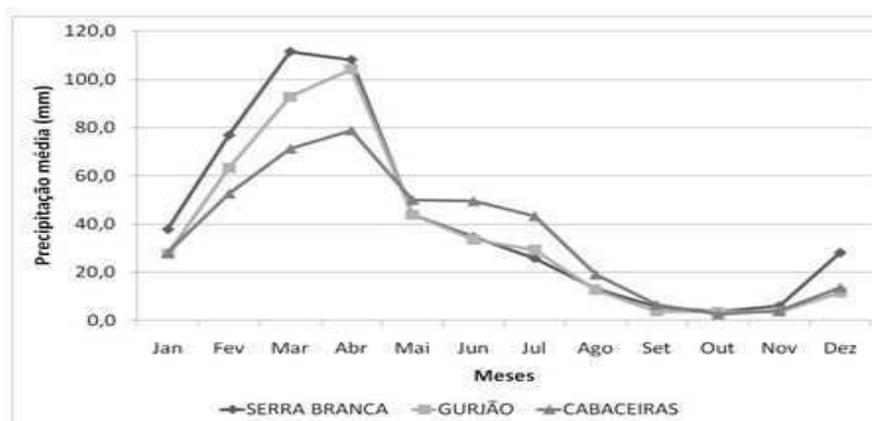


Figura 6 – Demonstrativo da concentração das precipitações médias intra-anuais entre os anos de 1965 e 2010, para a bacia do rio Serra Branca, a partir de dados das estações: Serra Branca, Gurjão e Cabaceiras.

De acordo com outra classificação, a bioclimática de Gaussen, o clima dessa área é do tipo subdesértico quente, com tendência tropical - 2b, com índice xerotérmico de 200 a 300. Apresenta um período seco variando de 9 a 11 meses, que é encontrado numa área menor, sobre influência do clima 4ath (mediterrâneo quente ou nordestino de seca acentuada), situado a sudoeste e 3bth em uma pequena porção a leste da área de estudo (Figura 5). Estas características de sub-deserto foram também referenciada por Andrade-Lima e Silva (1982).

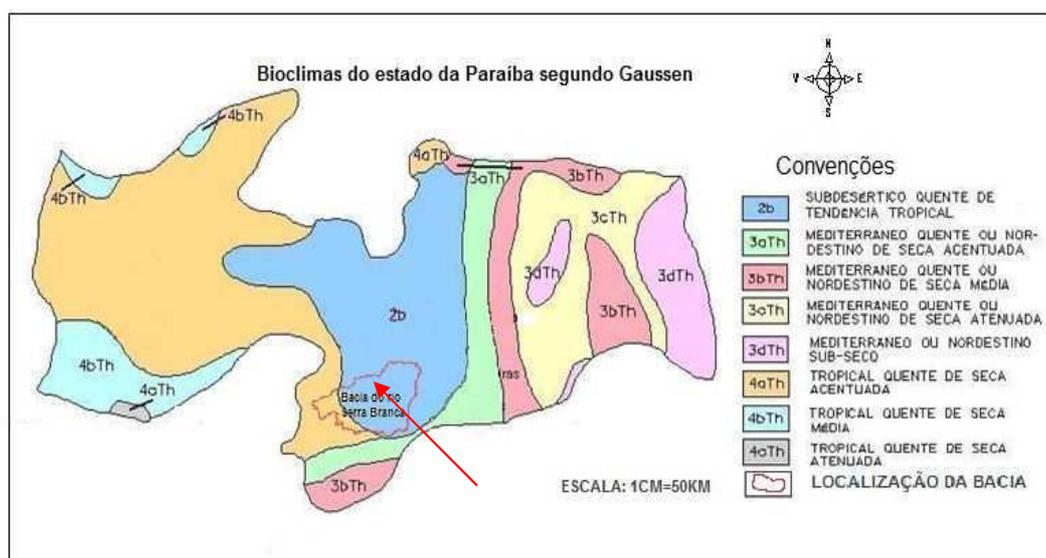


Figura 7 – Unidades climáticas do Estado da Paraíba com destaque para a área que abriga a bacia do Rio Serra Branca. Fonte: Adaptado de Brasil (1972).

4.5.10 Aspectos do clima: contexto local

As condições climáticas descritas acima geram uma umidade relativa do ar que apresenta médias anuais por volta de 50% e uma insolação cujo foto período dura em média de 12 a 13 horas/dia, chegando ao patamar de 2800h/ano (REBOUÇAS, 2001 e AB’SABER, 1974).

Outro condicionante de reconhecida relevância é o elevado déficit hídrico que, segundo Rebouças (2001) chega a atingir 2200 mm/ano, inviabilizando algumas ações, tidas como soluções hídricas, a exemplo dos grandes espelhos d’água. Ainda sobre as feições climáticas, Teles (2005) afirma que um elemento, associado à escassez de chuvas, importante na definição do quadro climático daquela área, é a irregularidade (anual e interanual) das precipitações. Contudo, no diz respeito ao período intra-anual há pouca variabilidade nas chuvas e o mesmo ocorre, historicamente de janeiro a maio.

Muitas pesquisas no âmbito da Meteorologia têm envidado esforços no intuito de explicar a dinâmica da atmosfera sobre o semiárido e elucidar de vez, o que de fato ocorre com as precipitações ali. Uma explicação é atribuída à restrita influência das massas de ar que atingem essa porção do território, as quais influenciam o clima local.

Conti e Furlan (1998) apontam outro condicionante que ajuda a explicar o fenômeno das cíclicas estiagens. Para estes autores é a influência do relevo, tendo em vista que as áreas do Planalto da Borborema, transversais à direção preponderante dos ventos, provocam desvios significativos que, de pronto, se evidenciam sobre a força e a continuidade destas massas de ar, para, finalmente, se diferenciarem quanto às precipitações.

Esta circunstância é frontalmente oposta ao que ocorre na planície costeira, nos Brejos e a barlavento da escarpa oriental da Borborema. Estas áreas são favorecidas por ventos úmidos de sudeste, sob influência do Atlântico, os quais, em virtude das condições topográficas, se elevam, resfriando-se e ultrapassando, muitas vezes, o nível de condensação. Como consequência propicia a formação de nuvens e condições de precipitações, ocasionando chuvas, boa parte do ano (HECKENDORFF e LIMA, 1985).

Há, contudo, outras teorias de meso-escala, como as das células de alta pressão, por razões óbvias, não discutidas aqui, há vista fugir ao foco do estudo. No âmbito da bacia do rio Serra Branca não é diferente. Ali o clima é regido pela grande irregularidade de seu regime pluviométrico, que depende das massas de ar que vêm do litoral (MEA) e do oeste (MEC).

Qualquer variabilidade na intensidade de influência dessas massas provoca aumento ou diminuição das chuvas na área, que ocorrem, quase sempre, em apenas dois ou três meses. Nos demais meses a área é marcada por altas taxas de evaporação (SOUSA, 2007), fato que rege as condições ecofisiográficas da área e influencia diretamente o uso e o manejo dos recursos.

4.5.11 Uso do solo: contexto local

O solo na região Semiárida brasileira, durante séculos, foi submetido a um processo rudimentar de uso e, só recentemente, tem apresentado lentas transformações no sentido de modernização, estimulado por políticas governamentais e empresas privadas com interesse na área. A utilização agropastoril das terras no ambiente semiárido nordestino ainda é dominada, com ligeiras exceções, pela agricultura tradicional e obsoleta e pecuária extensiva, herdada por gerações a fio.

Os problemas relativos ao uso do solo, acumulados ao longo dos anos, pouco ou quase nada foram dirimidos, dado a insuficiente assistência técnica prestada por órgãos oficiais. Esta situação é o resultado de um conjunto de práticas agrícolas antigas, que vêm sendo transmitidas por gerações sem sofrer, aparentemente, significativas transformações. Na maioria das vezes, sem nenhuma, ou com poucas perspectivas de melhoria na forma de condução (ABEAS, 2007).

Em todo o Semiárido, e não apenas na área em estudo, predomina uma pecuária extensiva de bovinos e/ou caprinos, que utiliza como alimentação o substrato gramíneo

e o sistema aéreo, de algumas espécies nativas, que se desenvolvem durante o curto período das chuvas.

Nas estiagens prolongadas, a alimentação fica escassa, sendo os animais submetidos a um regime alimentar deficitários, recorrendo-se à queima de cactáceas.

Poucos são os casos em que os produtores contam com áreas plantadas com palma forrageira ou dispõem de mínimas áreas de várzea, onde o maior teor de umidade permite a instalação de forragem, proporcionando assim condições do rebanho ter alimento no período crítico. Às dificuldades de alimentação se somam os problemas relacionados com a falta de água para consumo dos animais considerando-se que a maioria dos produtores rurais não dispõe de um único reservatório, como açude ou barreiro (ABEAS, 2007).

Dessa forma, tanto no que concerne ao uso pecuário, como nas práticas agrícolas, as terras são ocupadas sem a mínima observância da potencialidade dos sistemas naturais primitivos, nem tampouco à sua vocação para os sistemas agropastoris que os substituem. São encontrados ainda na área, outros sistemas produtivos que exploram culturas de mamona e agave, manejados de forma obsoleta, tanto do ponto de vista das condições naturais, quanto técnicas, e principalmente, socioeconômicos.

O atraso é tão grande que Rebouças (1997) referindo-se ao tema, comenta que as técnicas utilizadas em grande parte do semiárido, nos setores produtivos, seja na agricultura, seja na pecuária e até mesmo no extrativismo vegetal, se diferenciam daquelas do Neolítico apenas pelo uso de ferramentas de metal.

Melo et al. (2010), baseados em estudo conduzido em área análoga, afirmam que em boa parte do semiárido “existe uma dependência por parte da população, desprovida de meios de subsistência em relação aos recursos naturais, sendo a extração da madeira para venda de estacas, lenha e carvão vegetal, muitas vezes, a única fonte de renda para muitas famílias, principalmente nos períodos de longas estiagens. Com este tipo de utilização das terras, fica cada vez mais difícil conciliar produção com preservação, suscitando processos que vão muito além da perda de solos.

Outro aspecto de notável relevância, relativo ao uso da terra na área aludida é a presença da Algaroba (*Prosopis juliflora* [DC]), introduzida com o objetivo de constituir-se numa alternativa econômica para a região. Este processo resultou no que já foi classificado como invasão biológica, segundo vários estudos realizados (ANDRADE et al., 2005; TELES, 2005; OLIVEIRA, 2006; VILLAR, 2006). Na atualidade, esta espécie se alastra pelas terras agricultáveis e em campo aberto. Estimativas mais

modestas apontam um percentual de cobertura vegetal pela algaroba ao redor de 25% no Cariri ocidental da Paraíba, conforme observações de campo (PEREIRA, 2011).

Para Araújo Filho (2002), grande parte destes impactos pode ser creditada à falta de manejo na pecuária e no plantio da Algaroba, sobretudo porque esta se deu como uma forma alternativa de forrageira que poderia compensar a falta de pastagem. Tal situação acabou por desencadear diversos processos deteriorantes na cobertura vegetal e nos solos, a exemplo da extinção de espécies, da compactação do solo pelo pisoteio animal, bem como da disseminação da invasora, por diferentes vetores.

No que tange aos aspectos edáficos, segundo Paraíba (2006) no âmbito do estado da Paraíba, as classes de Capacidade de Uso das Terras estão baseadas em informações obtidas em trabalho de campo e compõe-se de classes de solos e tipos de terrenos.

Para representa as classes foram utilizados algarismos romanos de I a VIII. Dentre estas classes nomeadas, as classes I e V não foram encontradas no Estado (Figura 6).

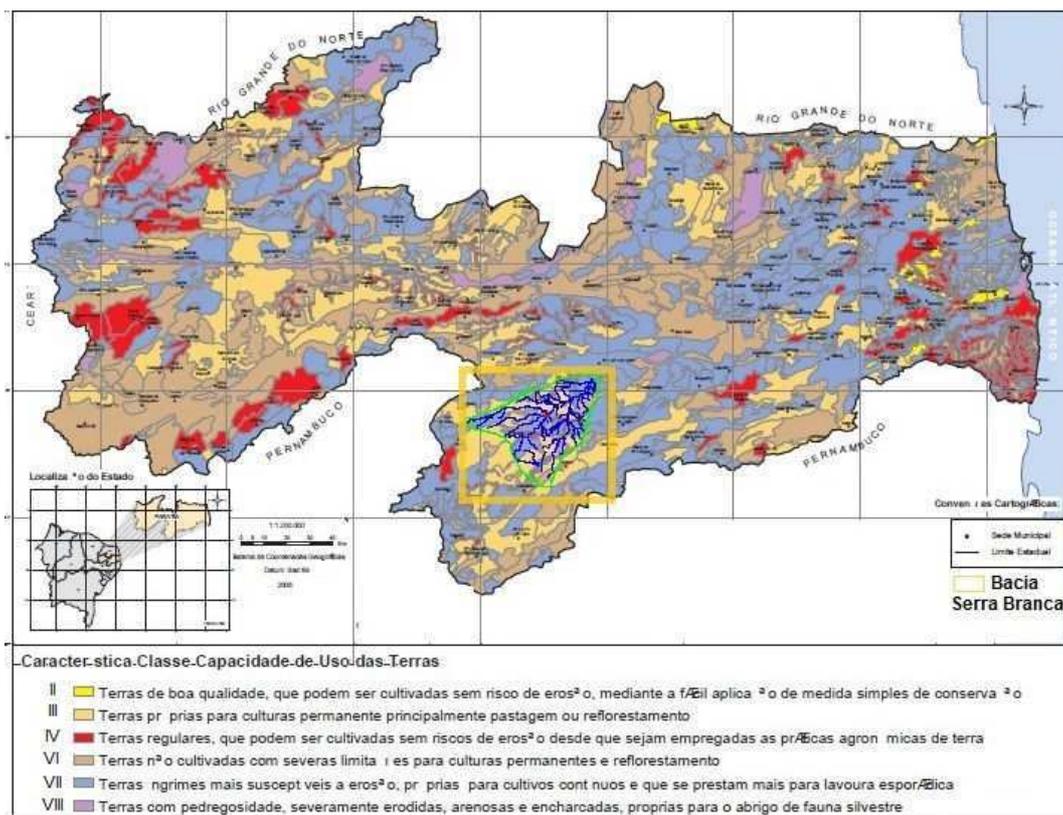


Figura 8 – Classes de uso da Terra na bacia do rio Serra Branca. Fonte: Adaptado de Paraíba (2006)

As classes II, III e IV são solos próprios para lavoura que apresentam boa profundidade. São isentas de pedras e distintas com base no conjunto de práticas e medidas necessárias para uma agricultura racional permanente. As classes, VI e VII são impróprias para lavoura. Por fim, a classe VII compreende terras impróprias para

vegetação produtiva e são ideais para abrigo de fauna silvestre e preservação da flora natural. A distribuição espacial das classificações pode ser vistas na Figura 6.

4.5.12 Estrutura agrária na área da bacia do rio Serra Branca

A distribuição da terra no Brasil e, especialmente, no Nordeste brasileiro sempre foi historicamente concentradora, fato cuja origem remonta ao período da colonização, pelo instrumento das capitânicas hereditárias e a doação das sesmarias. Reduzindo-se a escala para uma área como a da bacia do rio Serra Branca, a realidade não é diferente.

Em uma análise sobre a distribuição da posse das terras imóveis rurais, por categoria, a partir do senso agropecuário realizado pelo IBGE (2006), verifica-se que, na bacia do rio Serra Branca os minifúndios representam 75% do total de imóveis rurais, mas representam apenas 35 % da área cadastrada pelo INCRA local.

As pequenas e médias unidades representam 21% dos imóveis e ocupam 20% da área e, finalmente, as grandes unidades constituem apenas, 4.0% do total e ocupam quase 45,0% da área cadastrada.

Sobre este assunto, Andrade (1988) reconhece que a grande concentração de terras no Semiárido é a origem de uma série de problemas, que vão desde os impactos ao meio, ao agravamento das questões econômicas e sociais para uma parcela da população que não dispõe de terras para trabalhar.

Ab'Saber (2003) lembra que esta área seca do Nordeste, de ocupação antiga, comporta a estrutura agrária mais rígida do país, uma vez que a quantidade de pequenas propriedades tem número elevado, mas insignificante sobre o percentual da área total e que os problemas só não são de maior gravidade, devido a ecofisiologia da área.

Segundo o IBGE (2006), a estrutura agrária na área da bacia sempre esteve relacionada aos latifúndios agropastoris, devido ao fato de sua origem derivar de uma aristocracia rural iniciada no período colonial, cuja atividade econômica principal esteve ligada à pecuária. No entanto, com o decorrer do tempo e a inevitável divisão por hereditariedade, este aspecto concentrador de terras vem tendo como característica um elevado número de propriedades com área reduzida, mas ainda insuficiente.

Ainda de acordo com o mesmo instituto, o total de estabelecimentos está distribuído em 453 mil hectares. Desse total, mais de 250 mil hectares são destinados a áreas de pastagem, atividade reconhecidamente própria dos latifúndios.

Este aspecto concentrador pode ser observado no número de propriedades que trabalha de forma consorciada com parceria e representa apenas 1,35%, dos

estabelecimentos. Os rebanhos são outra evidência do predomínio da atividade pastoril e, entre bovinos, caprinos e ovinos a área dispõe de um efetivo de 37.700 animais.

No que diz respeito às áreas de preservação, observou-se, apenas 40 estabelecimentos dispostos numa área de 550 hectares, representando um percentual muito baixo, se for considerada a susceptibilidade da área a processos degradantes. Outra questão que passa despercebida é o fato de as várzeas dos rios serem ocupadas com a agricultura. Este aspecto configura um conflito ambiental, pois as aludidas áreas são de proteção permanente, mas de fato, servem à produção.

4.6 Materiais

Utilizou-se imagens orbitais geradas pelo sensor TM do LANDSAT-5, em composições multiespectrais referente à órbita/ponto 215/65 de data de passagem 09/05/1987 e 09/06/2010; foram ainda usados, dados SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), disponibilizados pelo *National Aeronautics and Space Administration (NASA)*, interpolados por Krigagem de ~90m para ~30m, de acordo com Valeriano (2008), para a determinação de Modelo Numérico de Terreno (MNT) e mapa de declividade. Fez-se uso, também, de documentação cartográfica para apoio à coleta de dados e registro de imagens, com segue: (i) mosaico de cartas topográficas em escala 1:100.000 elaboradas pela- DSG/SUDENE, (1972 a 1984); Juazeirinho (SB.24-Z-D-II) e Sumé (SB.24-Z-D-V); (ii) informações pré-existentes, contidas em mapas temáticos: geológico, geomorfológico, potencial de recursos hídricos, exploratório de solo, e de vegetação na escala de 1:1.000.000, elaboradas pelo Projeto Radambrasil (1983) e Paraíba (2006); (iii) sistema de posicionamento global por satélite (GPS) para a sistematização das Unidades Geoambientais; (iv) equipamentos para coleta e determinação de perfis, densidade de campo e infiltração de água no solo e (v) aplicação de questionário socioeconômico.

Buscou-se em livros, periódicos e mídia eletrônica, fundamentação teórica atualizada relativa ao assunto. Para a etapa de geoprocessamento foram utilizados os softwares Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD) Arcgis *desktop for use*, licença própria e Erdas 9.1, com licença do DCA/UFCG, ambos desenvolvidos pela da Esri; SPRING, versão 5.0.3, desenvolvido e disponibilizado pelo INPE.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Análise intertemporal de parâmetros espectrais da Bacia

O debate a respeito das questões ambientais, envolvendo cenários complexos é uma constante na atualidade, sobretudo quando abarca recursos, como água, solo e vegetação, tendo em vista seu caráter prioritário e estratégico. Nesse contexto, é valiosa a adoção da bacia hidrográfica como unidade de estudo e planejamento, por possibilitar analisar as consequências das ações sociais sobre o meio de forma integrada.

Os problemas ambientais em áreas semiáridas exigem cada vez mais ações de monitoramento dos seus recursos, frente à escassez e ao mau uso, logo não é uma problemática circunscrita ao Semiárido brasileiro.

Na porção sul ocidental da Espanha, por exemplo, encontra-se uma zona semiárida muito vulnerável a degradação do solo. A grande variação sazonal da temperatura e pluviosidade torna a área desfavorável à produção. O alto nível de irradiação solar resulta em perda de água por evaporação. Como é necessário irrigar as lavouras, as reservas de água tornam-se uma questão crucial, daí a necessidade de estudos que monitorem os parâmetros espectrais e mostrem saídas para tão relevante questão em locais com características análogas (MUÑOZ et al., 2007).

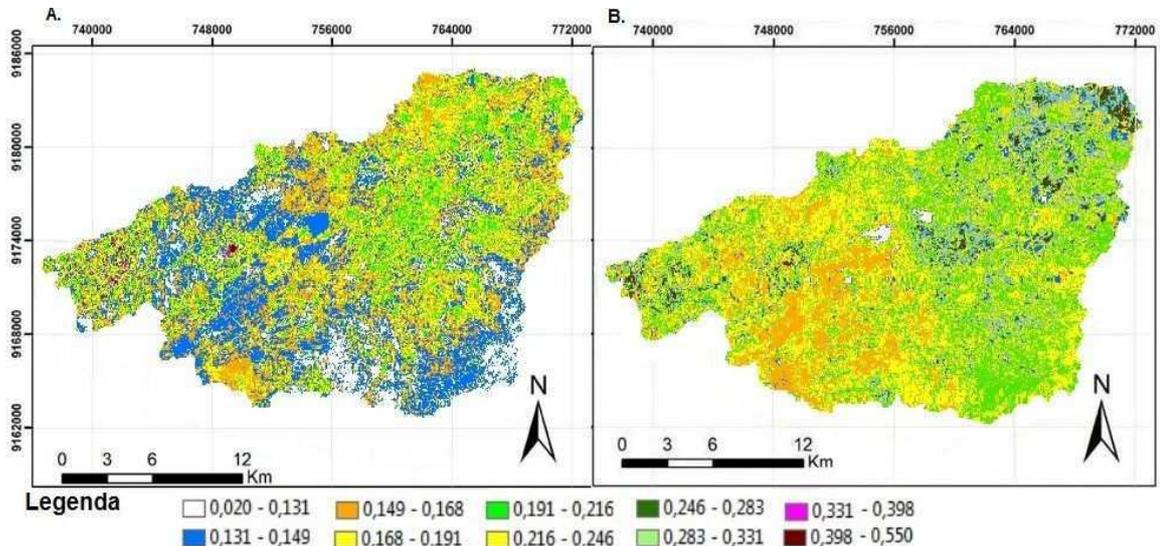
Neste contexto, como análise preliminar para a área de interesse desse trabalho, procedeu-se a um estudo comparativo, com imagens de 1987 e 2010, portanto com espaçamento de vinte e três anos, como forma de determinar o efeito da radiação solar sobre o meio, apontando caminhos que favoreçam o monitoramento e planejamento do uso dos recursos nesta área, por intermédio dos índices: Albedo, SAVI, IAF e EVI.

Cabe lembrar que o espaço-tempo do estudo não tem significado proeminente sobre os processos naturais, os quais são controlados pela escala geológica. Todavia, como a ação do homem é capaz de empreender modificações no ambiente na escala histórica (ROSS, 1996), torna-se válida a verificação do estado de conservação, partindo-se destes parâmetros (MATALLO Jr. 2001).

O cálculo do Albedo à superfície é o corrigido pelos valores do efeito atmosférico e refere-se à razão entre as radiações eletromagnética de ondas curtas, incidente e a refletida sobre um determinado alvo (BASTIAANSEN et al., 1998; SILVA et al. 2005). Varia em função do comprimento de onda conforme a resposta da refletância do local e é também dependente das condições de iluminação (ALLEN et al., 2002). É utilizado com frequência para demonstrar mudanças de cobertura da superfície

do solo, varia em função deste, de acordo com o tipo e o estado de umidade do solo e do ar e quantidade e tipo de cobertura de nuvens (MACHADO et al., 2009).

A Figura 9 exibe o albedo verificado na bacia do rio Serra Branca, para as datas de 09/05/1987 e 09/06/2010, cenas correspondentes ao período chuvoso.



Figuras 9 – (A) 1987 e (B) 2010 com imagens do TM – Landsat 5, apresentando as variações nos valores de albedo para a área da bacia do rio Serra Branca, um espaço-tempo de vinte e três anos.

Os valores estatísticos estimados para o albedo de superfície da área aludida demonstraram alterações pouco significativas para mais, nos valores médios do pixel de 5% entre as datas analisadas. Os valores mínimos e máximos encontram-se dentro da margem daqueles citados na literatura. Estes valores variam entre 0,01 e 0,55 dependendo da densidade da cobertura vegetal e das propriedades físico-químicas do solo, com destaque para a cor (LIU, 2006).

Note-se que o comportamento dos histogramas (Figura 10) mostram semelhanças, embora as imagens demonstrem majoração na faixa que vai de 0,13 – 0,15 para 0,16 – 0,19, principalmente do centro para o oeste, nas direções norte – sul.

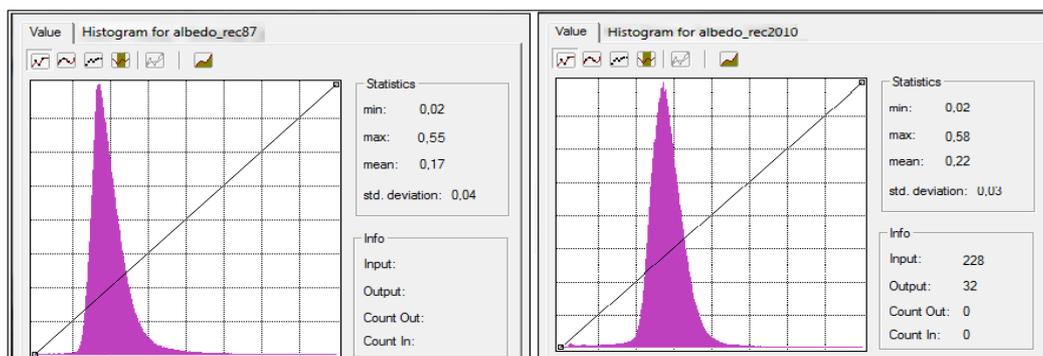


Figura 10 – Histogramas representando o comportamento do albedo nos anos de 1987 e 2010, bacia do rio Serra Branca

No caso específico, os valores máximos encontrados, acima de 0,55, dizem respeito a área estudada apresentar em sua porção oeste e sudoeste uma extensão de areia quartzosa branca, exposta, o que explica os elevados valores máximos, mostrados na Tabela 11.

Tabela 11 – Dados estatísticos de albedo determinado na bacia do rio Serra Branca – PB.

Valores de Albedo	Mínimo	Máximo	Médio	Mediana	Disv. Padrão
1987	0,02	0,55	0,17	0,139	0,04
2010	0,02	0,58	0,22	0,209	0,03

Analisando-se os dados da Tabela 11, constata-se que a média dos valores máximos apresentaram um acréscimo entre as datas examinadas, entretanto os valores médios aumentaram por volta de 10%, fato que mostra as alterações no âmbito da bacia, principalmente devido ao crescimento das áreas de pastagens. Observa-se também, discrepância no desvio padrão entre os dados, mas ainda assim, os mesmos encontram-se dentro da margem aceitável.

Com relação à distribuição espacial dos valores, se verifica a frequência considerável da faixa entre 0,16 e 0,19, para a cena do ano de 1987, irregularmente distribuídos em 30% da área da bacia, enquanto que houve um aumento dessa mesma faixa de valores na cena da data seguinte, para a faixa de valores que vai de 0,21 – 0,24 e 0,24 – 0,28 espacializados do centro para nordeste em todas as direções.

A explicação mais plausível para este aumento, diz respeito as mudança nas atividades produtivas. Na primeira cena, a área era predominantemente ocupada com atividade agrícola e atualmente registra-se um predomínio da pecuária extensiva. A alteração da atividade produtiva, a priori, pode não parecer relevante, mas a agricultura requer um número maior de áreas desflorestadas, geralmente nas manchas de solos à margem dos rios, fato que pouco reflete no balanço de ondas curtas incidentes, sobre os valores médios do albedo. A pecuária, por sua vez não carece desmatar para ser praticada, a não ser quando se costuma plantá-la, o que não é o caso. Mesmo assim, a sobrecarga de animais sobre o extrato vegetal responde positivamente para o aumento.

Outra explicação refere-se ao desflorestamento ocorrido para o plantio da algaroba no final da década de 1970. Como se sabe, devido ao quadro climático, a recomposição da vegetação nesta área pode levar mais de uma década. Quanto aos demais valores, estes ficaram quase inalterados, assim como as áreas de ocorrência.

O parâmetro determinado na sequência foi o índice de vegetação ajustado ao solo (*Soil Adjusted Vegetation Index – SAVI*). Nele é introduzido um fator a mais do que aqueles que compõem o NDVI, com o intuito incorporar o efeito do contraste do solo (*background*) mantendo-se a mesma faixa de valor do NDVI, dentro de -1 a +1.

A escolha do SAVI diz respeito a diversas limitações do NDVI. Jensen (2009), por exemplo, cita que o NDVI, entre outros problemas, sofre influência de radiação de trajetória atmosférica, apresenta saturação em relação a altos valores de Índice de Área Foliar (IAF) e tem sensibilidade às mudanças do substrato do dossel com o solo.

Sobre o assunto, Ponzoni e Shimabukuro (2009) afirmam que em áreas com vegetações mais espaçadas os dados podem ser superestimados devido à maior ação das sobras das plantas. Desta forma, no caso analisado, as diferenças nos valores podem ser maiores que as comumente encontradas, uma vez que, quanto menos vegetada a área maiores serão as influências das sombras.

A Figura 11 apresenta o SAVI estimado para a bacia hidrográfica do rio Serra Branca nas datas acima referidas. Pode-se observar que há um ganho de vegetação entre os anos do espaço-tempo analisado, sobretudo nos setores nordeste, sudeste e centro-leste da bacia.

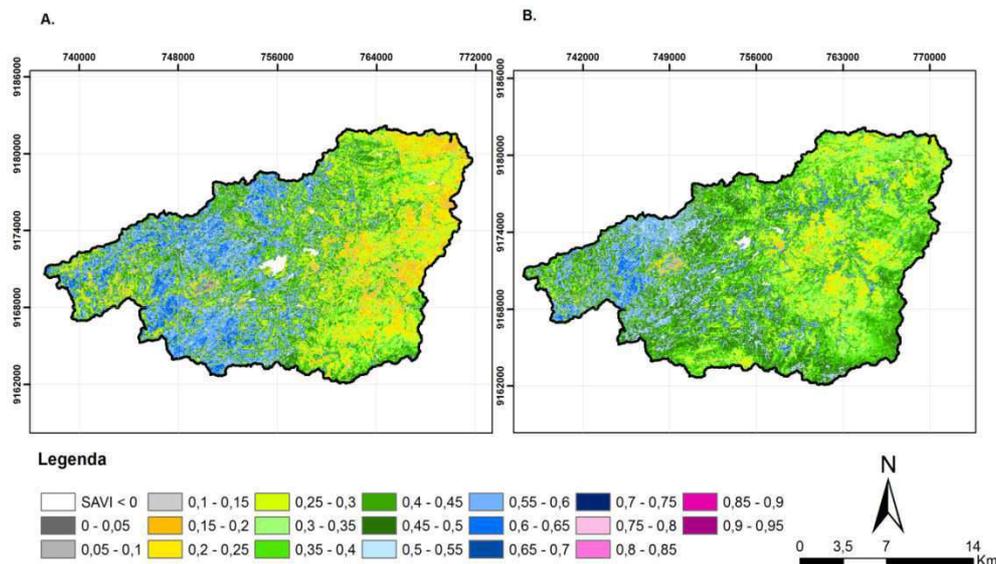


Figura 11 - *Soil Adjusted Vegetation Index – SAVI* para a bacia do Rio Serra Branca, para as 09/05/1987 (A) e 09/06/2010 (B).

Note-se que os valores se elevam na faixa de 0,15 até 0,30, para valores que se situam entre 0,45 e 0,50, bem distribuídos espacialmente. Cabe salientar que o aumento do albedo, anteriormente mencionado está em desconformidade com os dados apresentados pelo SAVI, haja vista ter havido um ganho e não perda de biomassa. Estas

variações fisiográficas naturais do bioma caatinga podem estar relacionadas ao fato de que, entre os anos 1981 e 1984 ocorreu uma estiagem prolongada e o fato pode ter relação com a elevação dos valores de albedo nos setores, leste, nordeste e sudeste da bacia, com maior intensidade na primeira data analisada.

Para a distribuição dos demais valores não houve alterações significativas, como podem ser conferidos na Tabela 12.

Tabela 12 – Valores estatísticos do *Soil Adjusted Vegetation Index* – SAVI para a bacia do rio Serra Branca nas datas a 09/05/1987 e B 09/06/2010.

SAVI	Mínimo	Máximo	Médio	Mediana	Disv. padrão
1987	-0,064	0,617	0,244	0,290	0,227
2010	-0,015	0,593	0,172	0,238	0,152

Ao proceder-se a análise dos valores comparativos às datas examinadas pode-se constatar que há uma diferença considerável entre os valores máximos e mínimos. Depreende-se daí, que o aumento da biomassa foi maior do que sugere as imagens e o fato se consolida à medida que se compara os outros valores. Dessa forma, parece não restar dúvidas de que as maiores quantidades de precipitação ocorridas no âmbito da bacia, entre os anos de 2000 e 2010 proporcionaram uma recuperação na densidade da cobertura vegetal, retratadas nos índices hora examinados e que podem ser corroborados pelo índice de área foliar (IAF) mostrado a seguir.

Para se observar as mudanças em uma determinada área, seja do ponto de vista natural ou antrópico, torna-se necessário a aplicação de métodos eficazes de acompanhamento, pois quando se trata da cobertura vegetal, uma das características mais marcantes é a sua dinâmica.

Nos estudos de vegetação, o principal objetivo é o monitoramento das condições fisionômicas, fisiológicas e das mudanças ocorridas numa área, as quais se expressam por alterações no processo de interação das formas de exploração.

Para se estimar o IAF, dois métodos são indicados: direto, que consiste na medida da área das folhas e relacioná-la a com a área de incidência e indireto, utilizando as propriedades da energia eletromagnética de ondas curtas na faixa do vermelho e infravermelho, tendo como base, alguns índices de vegetação. Assim, a disponibilidade de dados de Sensoriamento Remoto (SR), proporcionada pelos sensores colocados a bordo de satélites, permite o monitoramento destas mudanças naturais e/ou antrópicas ocorridas em uma dada área.

Devido à importância adquirida e a forma de aplicação, que favorece a pesquisa, segundo Ponzoni (1993) têm sido desenvolvidos modelos de reflectância da vegetação, que tentam estabelecer uma conexão lógica entre os parâmetros biofísicos dos dosséis, com suas reflectâncias espectrais.

Na análise da área é possível observar duas mudanças significativas na distribuição dos valores dos pixels (Figura 12). Em primeiro, na área que se situa a centro leste, nordeste e sudeste, da Figura 12B, nota-se que ocorreu um aumento na densidade da vegetação. É possível constatar a presença de uma cobertura vegetal marcando o traçado da rede de drenagem. Esta biomassa representa a proliferação da Algaroba nas manchas de Neossolo, ocupando os locais que antes abrigava a mata ciliar. Em segundo, houve redução drástica da vegetação (Figura 12A) entre as duas cenas, no que se refere aos índices da área foliar, do centro para o oeste da bacia. Um fato que chama a atenção é que neste compartimento, se registra a maior densidade demográfica de todo o setor rural analisado, com forte crescimento nos últimos vinte anos, talvez por isso os valores > 1 , tenham desaparecido na imagem mais recente.

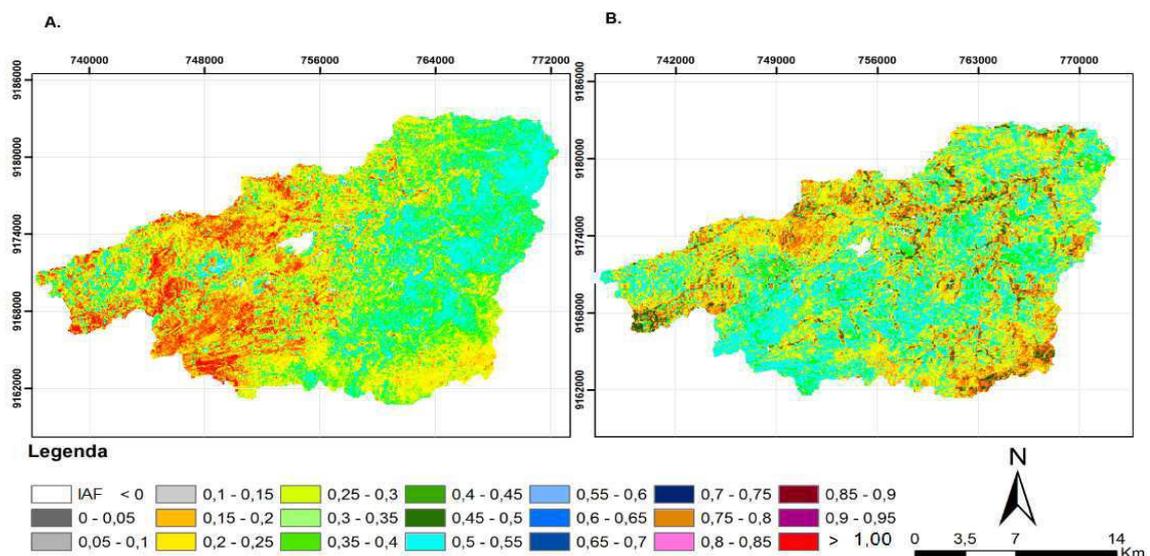


Figura 12 - Índice de Área Foliar (IAF), para a bacia do rio Serra Branca nas datas correspondentes a 09/05/1987 (A) e 09/06/2010 (B).

De modo geral, se pode concluir que as modificações ocorridas em nível de cobertura vegetal, relacionam-se a combinação, fatores climáticos e atividade antrópica, os quais contribuíram decisivamente para as alterações registradas. No entanto, devem-se considerar possíveis inconsistências nos dados, devido à quantidade de variáveis envolvidas no processo, sobretudo interferências atmosféricas nas imagens. Sobre este assunto, Huete (1989) comenta que, além da atmosfera, estas modificações decorrem da influência do solo, pois quanto mais esparsa é a vegetação, menos confiáveis são as

informações extraídas de imagens orbitais, sendo totalmente inibidas quando a cobertura é menor que 30%. Por isso, a modelagem de um dossel é muito difícil.

Em suma, a intensa ocupação humana nas áreas mais elevadas e as perturbações climáticas ocorridas na primeira metade da década concorreram, acredita-se, para as alterações, seja na distribuição espacial da vegetação seja na densidade da biomassa, como mostram os dados estatísticos da Tabela 13.

Tabela 13 – Valores estatísticos do Índice de Área Foliar (IAF) para a bacia do rio Serra Branca nas datas de 09/05/1987 e 09/06/2010.

IAF (m ² . m ⁻¹)	Mínimo	Máximo	Médio	Mediana	Disv. Padrão
1987	0,00	2,60	0,57	0,42	0,55
2010	0,00	1,98	0,23	0,27	0,22

O último parâmetro espectral a ser determinado foi o *Enhanced Vegetation Index* (EVI), desenvolvido com o intuito de promover a diminuição das influências atmosféricas e do *background* do solo no monitoramento do comportamento da vegetação. O EVI é comprovadamente mais sensível à variação da estrutura do dossel, sobretudo quando analisado em conjunto com o Índice de Área Foliar (IAF), pois retrata melhor a fisionomia da planta e o porte do dossel.

Examinando os valores estatísticos do EVI (Tabela 14), verifica-se a mesma tendência já observada, tanto no SAVI, quanto no IAF, mostrando um aumento nos valores médios de biomassa de 7,05% entre as cenas analisadas (Figura 13). Estes dados indicam alta heterogeneidade nos índices de vegetação, assim como no uso do solo.

Tabela 14 - Valores estatísticos do EVI para os dias 09/05/1987 e 09/06/2010.

EVI	Mínimo	Máximo	Médio	Mediana	Disv. padrão
1987	-0,01	0,12	0,15	0,18	0,13
2010	-0,03	0,20	0,22	0,22	0,20

As áreas mostradas nas cenas do EVI retratam uma grande concentração de pixels com valores por volta de 0,6 na imagem correspondente ao ano de 1987. Quando se observa a mesma área na cena correspondente ao ano de 2010, nota-se uma transformação nos índices, cujos valores não ultrapassam o valor de 0,5. A razão para tal fato foi à ocupação do solo com minifúndios no transcorrer do espaço tempo entre as imagens analisadas. Os valores de EVI entre 0,2 e 0,4 comportam as áreas de pastagem, que ocupam cerca de 45% da bacia. Valores entre 0,4 e 0,5, sobre a Figura 13B,

correspondem, essencialmente, às áreas agrícolas e as manchas de solos úmidos adjacentes aos rios. Note-se que esta última classe de valores de EVI cresceu enormemente se comparada às duas cenas das datas analisadas. Este fato está ligado à expansão da algaroba (*Prosopis juliflora* [DC]), cuja invasão consolidou-se nas manchas de solos mais férteis da bacia, a partir dos anos oitenta.

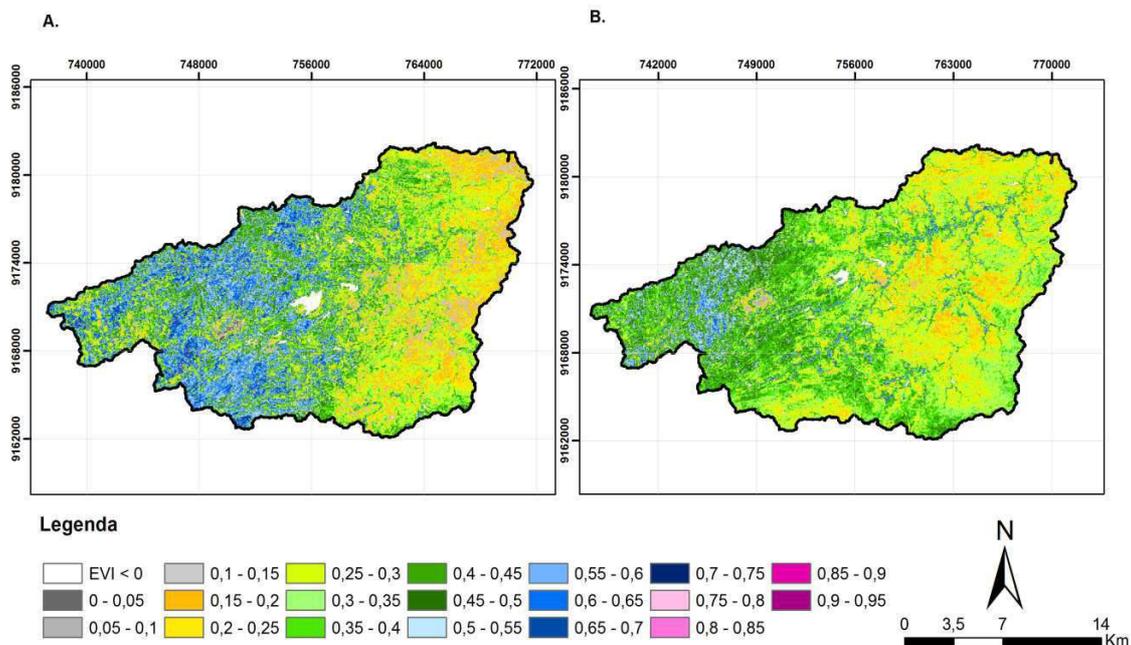


Figura 13 - *Enhanced Vegetation Index* (EVI), para a bacia do rio Serra Branca nas datas correspondentes a 09/05/1987 (A) e 09/06/2010 (B).

5.2 Propriedades do solo e suas relações com os níveis de propensão à perda por diferentes fatores

O produto do antagonismo de forças ao longo do tempo, conhecido como geomorfogênese, favorece o desenvolvimento de formas semelhantes em seus tipos de modelados. A similaridade dessas formas encontra-se subordinada à intensidade e frequência das ações dos processos endógenos e exógenos, capazes de imprimir suas marcas, as quais podem ser relativamente apagadas ou preservadas em função dos domínios subsequentes.

De acordo com Caseti (2005), as formas do relevo vistas na atualidade resultam, assim, da interpenetração de formas em contínuo processo de transformação. Essa mesma similitude de formas é que caracteriza os compartimentos morfológicos, os quais contêm toda uma história evolutiva, que pode ser parcialmente contada a partir das evidências dos depósitos correlativos.

Os depósitos a que se referem o autor são, na verdade, a deposição de material de origem, fragmentado pelos processos de meteorização e transportado pelas correntes ou mesmo pelo vento para as áreas de cotas mais baixas da crosta, denominados comumente de solo.

O solo pode ser definido como sendo a coletividade de indivíduos naturais, na superfície da terra, com corpo tridimensional, eventualmente modificado ou mesmo construído pelo homem, contendo material mineral, ar, água, matéria orgânica viva e servindo ou sendo capaz de servir à sustentação dos seres vivos. Em sua parte superior, limita-se com o ar atmosférico. Lateralmente, limita-se gradualmente com rocha consolidada ou parcialmente desintegrada, água profunda ou gelo. O limite inferior é talvez o mais difícil de definir. Mas, o que é reconhecido como solo deve excluir o material que mostre pouco efeito das interações de clima, organismos, material originário e relevo, através do tempo (IBGE, 2007).

A depender destes agentes de formação, o solo apresenta modificações em suas propriedades físicas e químicas que lhe facultarão maior ou menor propensão aos processos erosivos, frente a fatores naturais (material de origem, grau de declividade, plasticidade, absorção, etc.) e fatores antropogênicos, tais como: práticas agrícolas em desacordo com as características edáficas, topográficas; sobrepastoreio ou ainda as atividades de forma consorciadas, na ausência de ações de conservação e limite de capacidade de carga de cada empreendimento rural.

Para determinar o nível de resistência aos processos erosivos, se faz necessário conhecer algumas de suas propriedades físicas e químicas, procedimentos realizados em laboratório e campo. No que refere aos componentes químicos, estes são comumente determinados para fins agronômicos. No caso específico deste estudo as propriedades aqui determinadas (pH, matéria orgânica e oxigênio orgânico) são de reconhecida importância no favorecimento a incorporação de atributos que contribuem para maior resistência à perda de solo (FIGUEIREDO e GUERRA, 2001).

Nesse contexto, Prado (1995) encontrou ligação entre elevados teores de carbono orgânico, pH, matéria orgânica e estabilidade dos agregados levando-o a concluir que, ao lado de outras propriedades físicas como: densidade, grau de compactação entre outros há maior resistência do solo ao desgaste.

Dentre as propriedades físicas mais indicadas para o entendimento dos processos geomorfológicos da perda de solo estão: a granulometria, que representa o arcabouço do solo, as densidades, de campo e máxima de laboratório, densidade de partículas, grau de

compactação e infiltração de água no solo, havendo, inclusive uma estreita relação entre tais processos e esta última. Os resultados dos ensaios realizados foram apresentados em nível de Unidade Geoambiental (Ugs) subdivididas em áreas de amostragem (AA), previamente determinadas e as amostras estão em sequência ordinal (144 pontos amostrais), conforme a Figura 14.

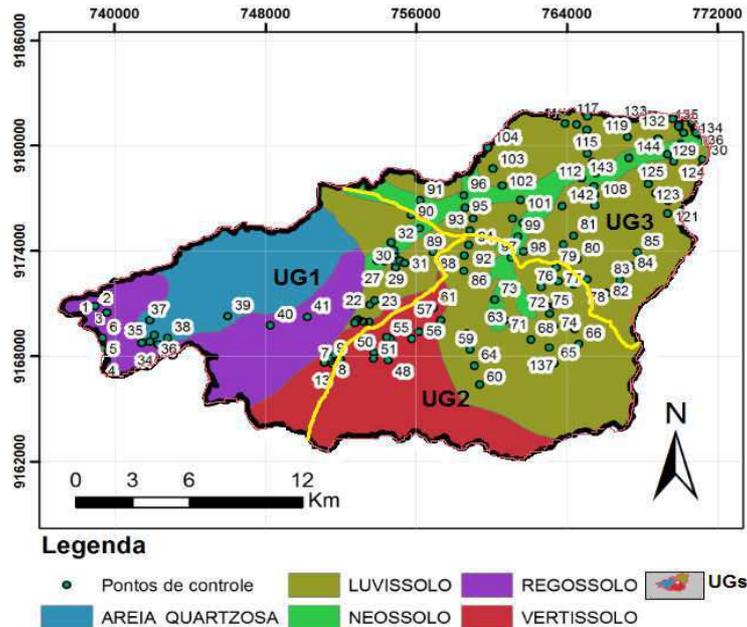


Figura 14 – Pontos de controle amostrais, delimitação das Unidades Geoambientais e manchas de solos da bacia do rio Serra Branca – PB,

5.4.1 Propriedades do solo da Unidade Geoambiental um (UG1)

A UG1 (Figura 15) se situa a oeste da bacia, na porção de cotas topográficas mais elevadas e, como se pode verificar pela enumeração dos pontos amostrais, o caminhamento do trabalho se iniciou por esta unidade. Nela, alguns aspectos chamam a atenção, a exemplo da predominância de solos regolíticos e afloramentos rochosos. Outro aspecto peculiar é a razoável densidade demográfica, organizada em minifúndios, numa área de recursos edáficos e vegetacionais escassos, o que explica o intenso uso das pequenas propriedades rurais.

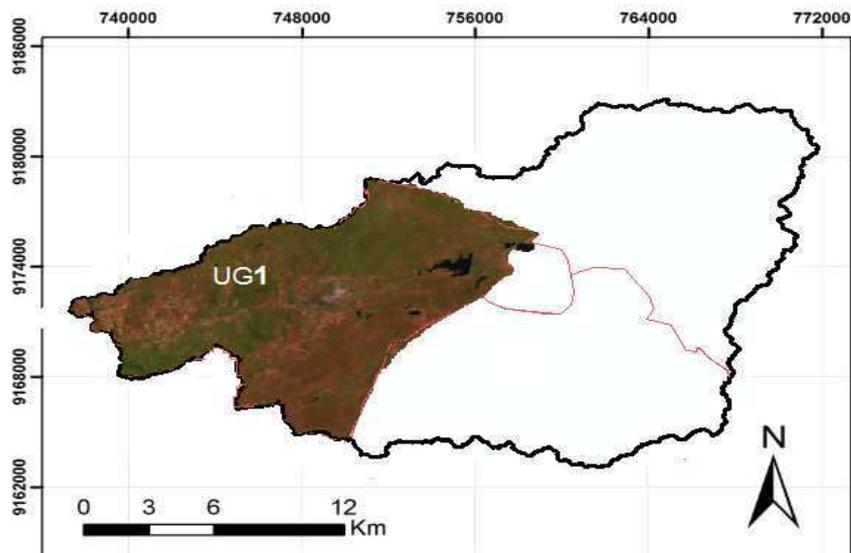


Figura 15 – Localização da Unidade Geoambiental 1, na bacia do rio Serra Branca - PB

Os procedimentos realizados na UG1 foram compostos por uma sequência de 41 ensaios de densidade de campo, seguidos de coleta de amostras para determinação de ensaios laboratoriais e 10 infiltrações, sendo cinco em área de uso agrícola e mesmo número em locais de uso para pastagem.

Os ensaios de densidade de campo apresentaram grande variação nos valores nas duas áreas comparadas. O mesmo comportamento se observou no grau de compactação, considerado elevado em comparação a estudos similares, como mostram os valores médios da Figura 16.

Marchezan et al. (2000) encontraram valores de densidade de campo, que se situaram entre 1,35 e 1,45 g/cm³, portanto bem abaixo dos valores encontrados no presente estudo. Cabe ressaltar que na pesquisa destes autores, o solo foi cultivado por processo mecanizado, portanto, recebendo uma carga muito mais intensa de energia mecânica.

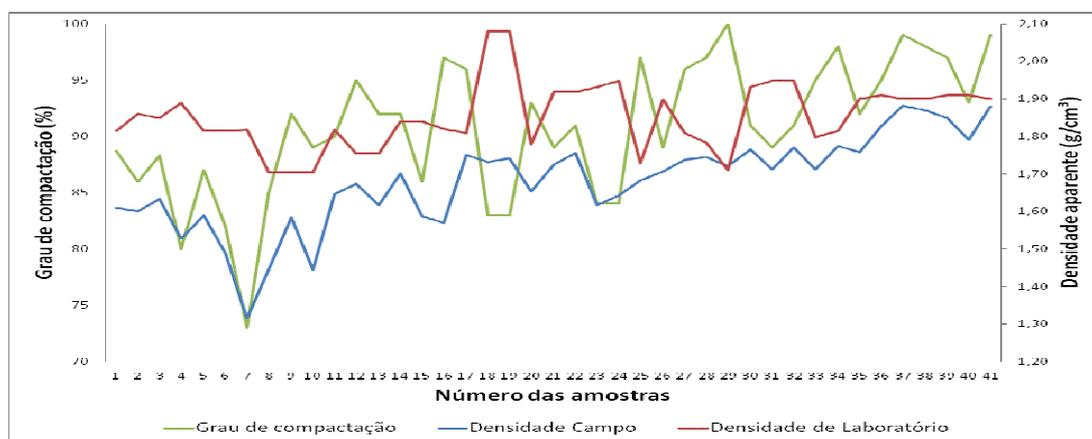


Figura 16 – Valores médios de densidades e grau de compactação da UG1, bacia do rio Serra Branca, através da realização procedimentos de campo e laboratório.

A determinação das densidades de campo foi realizada utilizando um cilindro bisselado ao qual foi aplicada uma carga para a extração da amostra indeformada (Figura 17). Este material foi posteriormente pesado, extraído o valor da umidade pelo aparelho *speedy* e determinada a densidade pela relação peso/volume.



Figura 17 – Operação para extração da amostra indeformada e determinação da densidade de campo.

Analisando os dados da Figura 16, no que se refere à variável grau de compactação, percebe-se que a mesma, além de variar espacialmente, somente os valores mais baixos apresentados nas amostras, 6, 7 e 8, se encontra dentro do limite comumente encontrado. Este fator se reveste de grande importância, do ponto de vista da estabilidade geomorfológica, porque se trata da relação entre a densidade de campo (DC) e densidade máxima determinada em laboratório (DM).

Valores elevados do grau de compactação encontrado indicam a presença de solo com deficiência na condutividade hidráulica, devido à redução de índices de vazios, característica que dificulta a infiltração de água no solo, mas também pode apontar para solo arenoso desprovido de propriedade coesiva, mas fortemente adensado. Em ambos os casos as características favorecem uma série processos erosivos. Outros dados relativos às variáveis apresentadas acima se encontram na Tabela 15.

Tabela 15 – Dados estatísticos referentes aos ensaios de densidade aparente campo (DC), densidade aparente máxima (DM) e grau de compactação (GC).

	DC (g/cm ³)	DM (g/cm ³)	DS (g/cm ³)	GC
Média	1,684	1,855	2,73	90.8
Desv. Padrão	0,117	0,086	0,09	6.005
CV.	6,99%	4,66%	4,90	6,61%

Examinando-se o conteúdo da Tabela 15, se constata a média elevada nos valores de DC. Uma explicação para tal fato pode advir do intenso uso dos minifúndios,

que são utilizados consorciadamente, para agricultura e, após a colheita os animais são soltos para pastejo. Outro motivo que pode justificar os altos valores se liga à própria densidade das partículas, cujos valores se aproximam de 2,73 para solos regolíticos (GUERRA e BOTELHO, 2001).

No que diz respeito aos desvios padrão, o valor expressivo do grau de compactação, mencionado anteriormente se justifica pela alta variabilidade dos dados obtidos.

A estrutura granulométrica das amostras ensaiadas apresentou pouca variação entre as faixas das peneiras usadas (2,0 mm, 0,42 mm e 0,074 mm), uma vez que se trata de Regossolo com partículas bem uniformes e concentradas nas faixas mais finas.

Apenas as amostras 18, 19 e 26 apresentaram percentuais elevados (acima de 40%), retido na (# 2,0 mm) e assim mesmo por se tratar de área anteriormente utilizada para irrigação, na qual se encontra traços de lixiviação e erosões marcantes. As demais amostras apresentaram maior porcentagem (40 e 50%) na faixa que se situa entre as peneiras 0,42 mm e 0,074 mm, denunciando tratar-se de solos de textura fina, composto por areia fina e silte.

Com base nos dados observados foi realizada uma média dos valores das faixas granulométricas, as quais são exibidas na Figura 18. Já os dados estatísticos constam na Tabela 16.

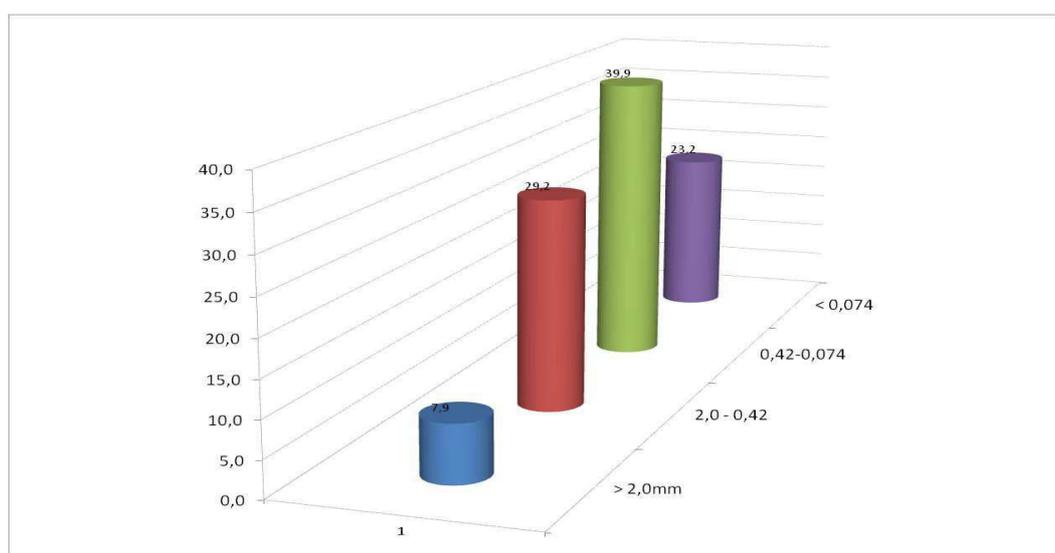


Figura 18 – Porcentagem média das faixas granulométrica para a UG1 da Bacia do rio Serra Branca

Tabela 16 – Dados estatísticos das análises granulométrica do solo da UG1

Faixa granulométrica	$\varnothing > 2 \text{ mm}$	2 - 0,42 mm	0,42 – 0,074 mm	$\varnothing < 0,074$
Média %	7,9	29,2	39,9	23,2
Desvio padrão	0,662	0,796	0,891	1,045

Analisando as médias da Tabela 16, chama à atenção a quantidade de material que passa na peneira 0,42 mm, reforçando a constatação anteriormente mencionada e confirmando o solo como sendo silte-arenoso. Quanto aos desvios padrão, estes se mostram dentro do limite aceitável.

O reflexo do perfil granulométrico apresentado pelo material da UG1 se concretiza nos dados obtidos com os experimentos de consistência física, liquidez e plasticidade, revelando a presença de um solo com pouca ou quase nenhuma coesão. Este fato é merecedor de atenção, uma vez que a ausência desta propriedade expõe o solo a processos erosivos de forma direta, principalmente se for levado em conta que a área aludida apresenta relevo movimentado e cobertura vegetal deficitária.

Das quarenta e uma amostras ensaiadas, apenas quatro (amostras: 9, 17, 23 e 27) apresentaram índice de liquidez e sete, amostras (18, 23, 25, 26, 28, 29 e 30) apresentaram índices de liquidez e plasticidade, conforme descrito na Tabela 17. Contudo, os índices de plasticidade (IP) revelaram valores que não ultrapassam a casa dos dez por cento (10%), concluindo-se que este solo padece da ausência de consistência suficiente para protegê-lo de processos deteriorantes.

Tabela 17 – Dados relativos aos ensaios de limites de liquidez (LL) e limites de plasticidade (LP) das amostras de solo da UG1, bacia do rio Serra Branca - PB.

Amostras	LL	LP	IP	NL	NP
9	23,4	-	-	-	-
17	17,8	-	-	-	-
23	19,6	-	-	-	-
27	19,3	-	-	-	-
18	25,9	15,1	10,8	-	-
24	26,0	24,0	2,0	-	-
25	26,1	24,1	2,0	-	-
26	36,0	26,7	10,7	-	-
28	28,4	16,1	8,7	-	-
29	27,0	19,0	8,0	-	-
30	26,2	21,2	5,0	-	-

Considerando a importância da ligação que há entre parâmetros físicos e químicos do solo, em se tratando dos aspectos inibidores da degradação, foi determinado em laboratório, algumas propriedades químicas, as quais são de reconhecida valor para aumentar o armazenamento de água no solo e,

conseqüentemente, a redução do escoamento superficial. Os valores de Carbono orgânico, Matéria orgânica e pH do solo da UG1 se encontram na Tabela 18.

Tabela 18 – Valores das propriedades químicas do solo para as AA1 - 5 da UG1 – Bacia do rio Serra Branca – PB.

UG1	Carbono Orgânico %		Matéria Orgânica	pH
AA1	Área agrícola.	1,04	0,36	6,50
	Área pasto	1,79	0,60	8,94
AA2	Área agrícola.	0,28	1,45	5,72
	Área pasto	0,48	2,50	6,92
AA3	Área agrícola.	0,72	1,24	6,60
	Área pasto	1,24	1,75	6,95
AA4	Área agrícola.	0,39	0,67	7,60
	Área pasto	0,67	1,15	6,76
AA5	Área agrícola.	0,50	0,86	5,70
	Área pasto	0,33	0,57	5,96

Observando-se os dados da Tabela 18, inferem-se os baixíssimos níveis de carbono e de matéria orgânica. Este fato, talvez se justifique pela ausência de solos coesos na área, uma vez que os parâmetros químicos citados, juntamente com a atividade das argilas tem forte correlação. Não é demais lembrar que foram poucas as amostras que apresentaram plasticidade e ainda assim em teores moderados. Também chama a atenção, o valor aumentado de pH, se comparadas as duas atividades, muito embora estejam dentro da faixa comumente encontrada.

Em relação a estes valores, os mesmos se situam muito aquém dos observados por Melo et al. (2010) em bacia hidrográfica com características similares, fazendo crer que o intenso uso nesta bacia tem reduzido substancialmente os componentes biológicos do solo, justificando os baixos valores encontrados.

O último parâmetro determinado para esta UG foi a infiltração de água no solo pelo método dos anéis concêntricos. Este é um dos ensaios que pode fornecer resultados sobre as condições de condutividade hidráulica e, neste caso específico buscou-se a provável relação entre os parâmetros encontrados, com o grau de compactação e as atividades produtivas, particularmente os efeitos da agricultura e pecuária.

A passagem da água pelos espaços entre as partículas do solo caracteriza a infiltração. Ela é maior quando o solo está seco, diminuindo à medida que começa ganhar umidade, chegando gradualmente a um valor mínimo e constante, sendo essa a

condição estável denominada Velocidade de Infiltração Básica (VIB) de água no solo, que é dada por valor infiltrado em milímetro por unidade de tempo.

Para a determinação dos experimentos, procurou-se padronizar as condições dos locais de realização do ensaio, para que houvesse o mínimo de discrepância entre fatores, tais como: tipos de solo, umidade e temperatura do solo. Para a padronização destes aspectos foram feitas observações cuidadosas sobre os tipos de solo (textura, cor, plasticidade e umidade). Quanto à temperatura, esta foi determinada no início, meio e fim do experimento, além de tomadas as precauções para que o começo e fim do experimento tivessem os mesmo horários, assegurando condições ambientais iguais.

Foram selecionadas dentro de cada área de amostragem (AA), locais de preferência contíguos, que abrigassem as atividades mencionadas. Realizaram-se dez (10) ensaios de infiltração, sendo cinco (5) em área agrícola (a) e cinco em área de pastagem (p). Em alguns locais, no entanto, devido ao tamanho dos imóveis, as duas atividades são praticadas consorciadamente, fornecendo resultados bem mais elevados, se comparado às áreas submetidas a uma só atividade, conforme Figuras 19, 21, 23, 24 e 25.

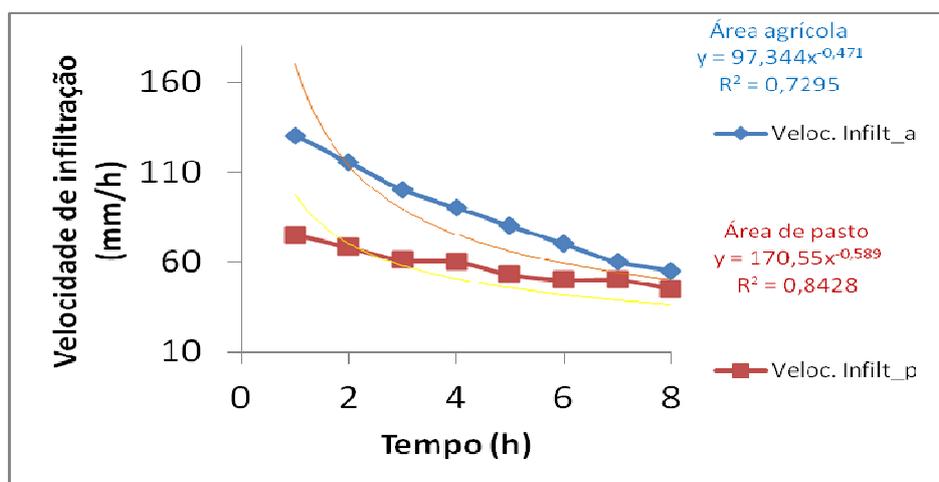


Figura 19 – Valores de velocidade de infiltração, usos, agrícola e pastagem para a AA1 (pontos amostrais 1 e 3) da UG1 – bacia do rio Serra Branca - PB.

Examinando-se os valores e o comportamento das linhas na Figura 19, pode-se afirmar que se trata de uma área de solo com boa percolação, característica própria do Regossolo, que se mostra pouco plástico e granulometria média.

Além disso, os resultados dos ensaios de caracterização apresentaram valores baixos para as áreas das duas atividades, sobretudo o grau de compactação (88 e 86%) para agricultura e pastagem, respectivamente, e densidade aparente de campo 1.61 para a primeira e 1.60 para a segunda área de atividade. Os dados revelam que não há

predominância na influência de nenhuma das atividades, frente às mudanças nas propriedades de solo.

Para agricultura, obteve-se uma taxa de infiltração de 822 mm/h^{-1} , ao passo que no local de pastagem a taxa foi ainda mais alta, 1586 mm/h^{-1} . No entanto, ao se verificar as curvas de velocidade, nota-se que a VIB, pouco difere entre ambas. Neste caso, confirma-se a tendência já observada, da não influência de qualquer das duas atividades praticadas sobre a propriedade da infiltração na área amostrada. Contudo, o que deve ser considerado é a estrutura do solo, cujo índice de vazios em função do formato das partículas é elevado, permitindo altas taxas de entrada de água para o interior do perfil.

O perfil² examinado neste local (Figura 20) mostrou também um horizonte A fraco e B, bem expressivo para os padrões do Semiárido. Outros aspectos da classificação do perfil são apresentados na Tabela 19.



Figura 20 – Perfil de solo (classe Regossolo distrófico) AA1 da UG1, bacia do rio Serra Branca – PB.

² Denomina-se perfil de um solo a seção vertical que, partindo da superfície aprofunda-se até onde chega o efeito da meteorização, mostrando, na maioria das vezes, uma série de camadas, dispostas horizontalmente, denominadas horizontes, cuja formação é consequência de transformações físicas, químicas e biológicas operadas no solo. Este processo traduz o histórico da evolução de um solo nos mais diversos aspectos. Na caracterização morfológica de um PERFIL é usada nomenclatura especial, na qual as letras maiúsculas servem para caracterizar os horizontes típicos. Assim as letras A, B, C representam os principais horizontes do solo. Enquanto os horizontes A e B caracterizam o verdadeiro solo, o horizonte C refere-se ao material originário pouco alterado pela ação do intemperismo, e finalmente R corresponde à rocha inalterada (OLIVEIRA, ARAÚJO e MAZUR, 2002).

Tabela 19 – Dados do perfil de solo da classe Regossolo – UG1, bacia do rio Serra Branca – PB.

Nº do Perfil: 01 - Neossolo regolítico (R)			Material de origem: rochas metamórficas, gnaisses migmatizados e quartzo.
Localização: -36.837317 e -7.517500			
Relevo: Moderado ondulado			Pedregosidade: presente pedregoso com parcela considerável acima da 2,0 mm.
Declividade: 8 – 10%			
Erosão: Normal			Vegetação: Caatinga arbustiva semidensa
Drenagem: bem drenado			
Descrição morfológica do perfil			Uso do solo: Pastagem
Nome:	A	B	C
Profundidade	0,15m	0,30m	0,10
Cor: amostra seca	C7/M30/Y70/K10	C5/M33/Y70/K15	C0/M0/Y0/K15
Classe textural	Silto-arenoso	Silto-arenoso	-----
Estrutura	Granular média	Granular grosseira	-----
Consistência	Friável (úmido)	Não plástico (molhado)	-----
Transição	Gradual	Clara	-----

Os resultados dos ensaios, presentes na Figura 21, dizem respeito a AA2, cujos valores e comportamento das curvas, ainda que moderadamente, são divergentes. Nesta área, composta por médias propriedades, as atividades, agrícola e pecuária têm as áreas bem demarcadas. Registra-se na localidade o predomínio da classe de solo Regossolo, para o qual foi analisado um perfil, onde pode-se destacar o horizonte B, razoavelmente desenvolvido (Figura 22). Outras informações relativas à classificação do mesmo encontram-se na Tabela 20.

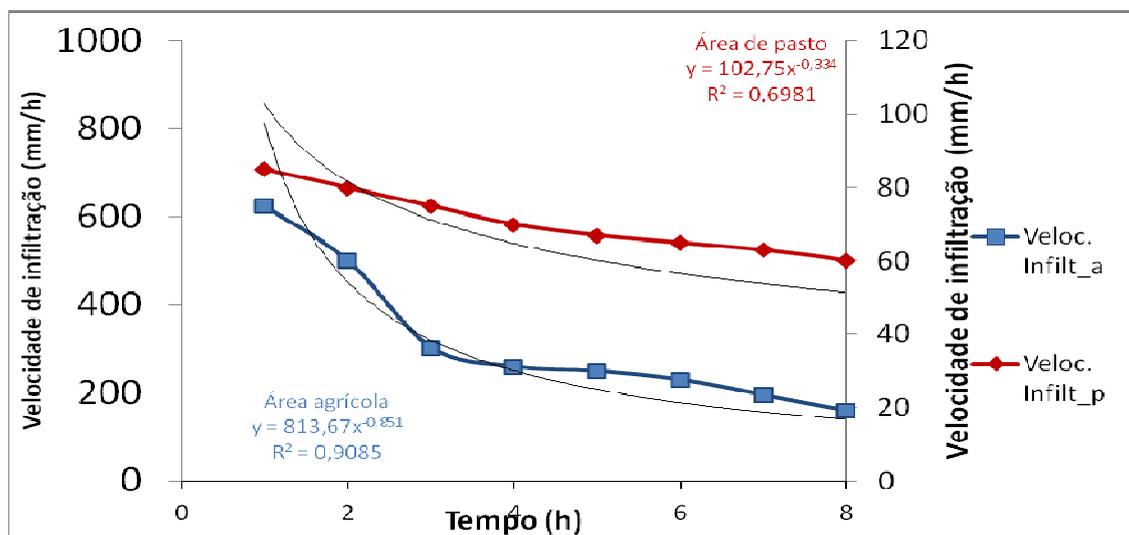


Figura 21 - Valores de velocidade de infiltração – AA2 (pontos amostrais 8 e 10), usos, agrícola e pastagem, para a UG1 – bacia do rio Serra Branca - PB.

Os resultados dos ensaios, na Figura 21, demonstram dois comportamentos diferentes para ambas as atividades. Note-se que os valores de velocidade de infiltração parecem ter sido realizados em áreas distintas. A razão para o fato pode estar no pisoteio intenso de animais na área de pasto que afeta a camada superficial do solo. Observe-se a curva referente à área agrícola tem comportamento compatível com a classe de solo, com fluxo regular para o interior do perfil, situação oposta a área de pasto.

Para a infiltração na área agrícola a taxa foi de 506 mm/h^{-1} , enquanto que na área de pastagem examinada, a taxa foi de 193 mm/h^{-1} , mostrando relativa sintonia com os valores apresentadas pelos outros parâmetros encontrados. Observe-se a coerência, por exemplo, com o grau de compactação que foi de 85 e 89%, respectivamente. Estes valores explicam a disparidade nos números da infiltração e apontam para uma carga significativa de energia, decorrente do pisoteio animal.



Figura 22 – Perfil de Regossolo eutrófico, presente na AA2 da UG1, bacia do rio Serra Branca – PB.

Tabela 20 - Dados do perfil de solos, Regossolo – UG1, bacia do rio Serra Branca – PB.

Nº do Perfil: 02 – Neossolo regolítico (R)			Material de origem: rochas metamórficas, gnaiss migmatidos.
Localização: - 36.721983 -7.522300			
Relevo: moderadamente ondulado			
Declividade: 4 – 8%			
Erosão: Assentada			Vegetação: Caatinga arbustiva densa
Drenagem: Mediamente			
Descrição morfológica do perfil			Uso do solo: Agrícola
Nome:	O	A	B
Profundidade	0,10m	0,20m	0,50m
Cor: amostra seca	Cinza claro C0/M3/Y18/K36	Cinza médio C0/M3/Y18/K40	Cinza escuro C0/M5/Y18/K45
Classe textural	Silte	Silte	Areno-siltoso
Estrutura	Granular fino	Granular médio	Granular médio
Consistência	Friável (úmido)	Não plástico (molhado)	Não plástico (molhado)
Transição	Gradual	Gradual	Clara

Os valores contidos nas Figuras 23 e 24 são oriundos da AA3 e AA4, respectivamente. Analisando-se o comportamento das linhas de velocidade para as duas áreas, constata-se o traçado similar às duas atividades (Figura 23). Este fato denuncia que na área destas grandes propriedades rurais, praticamente não há separação entre as duas atividades praticadas, desautorizando a uma comparação sobre um possível efeito das atividades realizadas, sobre alterações nos atributos do solo, que possa dificultar o percurso da água para o interior do perfil.

A Figura 24 mostra os dois ensaios realizados, nos quais, as curvas de velocidade apresentam o mesmo comportamento, inclusive ao se aproximarem da taxa de infiltração básica.

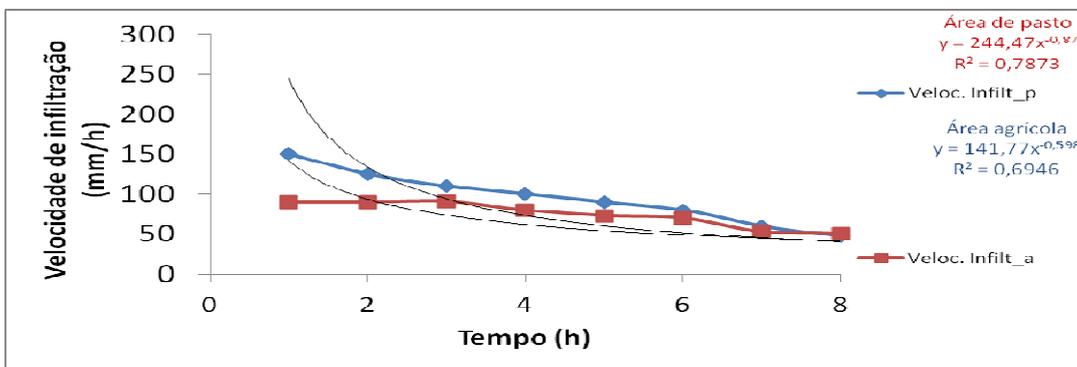


Figura 23 – Valores de velocidade de infiltração – AA3 (pontos amostrais 14 e 16), uso, agrícola e pastagem.

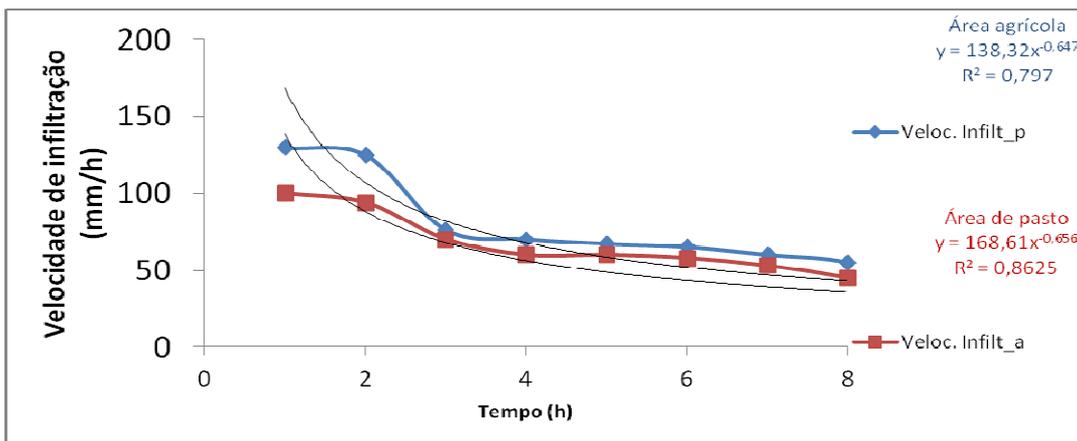


Figura 24 – Valores de velocidade de infiltração – AA4 (pontos 23 e 26) usos, agrícola e pastagem.

Por comparação, esta configuração revela certa homogeneidade no tipo de solo, na umidade, na estrutura granulométrica e também no grau de compactação nos dois locais ensaiados. Daí, os resultados obtidos mostrarem taxas de infiltração e comportamento similares em ambos os experimentos.

Em vista desta uniformidade as taxas de infiltração estiveram ao redor de 61 mm/h para a área agrícola e pastagem, ao passo que a VIB esteve por volta de 73 mm/h.

As infiltrações representadas na Figura 25 referem-se a AA5. Ali, trata-se de uma grande extensão de solos arenosos, circundada por afloramentos rochosos, que servem de divisor de água da bacia. Em decorrência, os dados mostram valores altos, tanto no que concerne a velocidade, quanto na acumulada, pois esse tipo de solo (ver Figura 26) permite um grande fluxo de água ao interior do perfil.

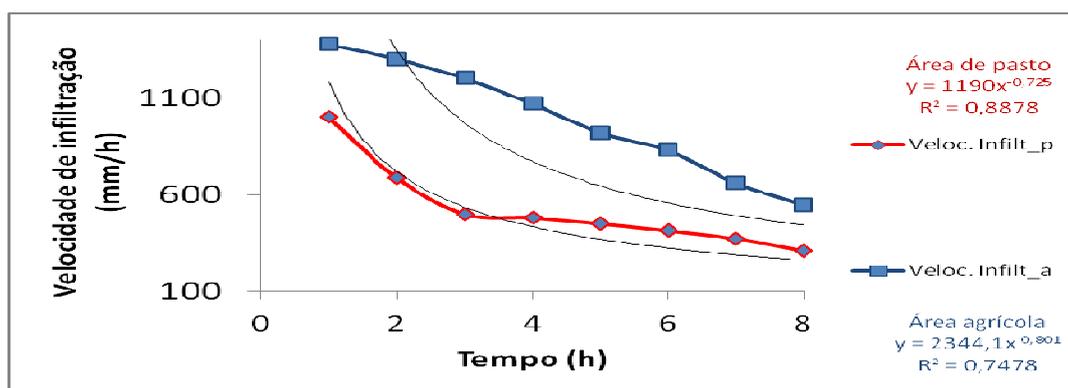


Figura 25 - Valores de velocidade de infiltração – AA5 (pontos 33 e 35), usos, agrícola e pastagem.

Os altos valores apontam para um aspecto que merece ser destacado. Embora tenham sido realizados os ensaios de densidade de campo (DC) e determinado o grau de compactação, estes parâmetros podem ser desconsiderados, haja vista tratar-se de areia que, por ser desprovida de qualquer coesão, suas partículas não se agregam, mas apenas adensam na presença de água, tornando nula a energia de compactação.

Este aspecto corrobora com os altos valores de infiltração. Contudo, devido à falta de coesividade, áreas com estas feições, assentada sobre relevo movimentado e pouca cobertura vegetal, como é o caso presente, se torna fortemente propensa à erosão. Para ilustrar este processo, detalhes podem ser vistos nas características particulares deste solo, mostradas no perfil da Figura 26 e os dados relativos à sua classificação estão presentes na Tabela 21.



Figura 26 – Perfil de solo (areia quartzosa), AA5 da UG1 – bacia do rio Serra Branca - PB

Tabela 21 - Dados do perfil de solo da classe Regossolo – UG1, bacia do rio Serra Branca – PB.

Nº do Perfil: 03			Material de origem: As rochas são metamórficas compostas por gnaiss e forte presença de quartzo.
Localização: -36.732583 -7.500783			
Relevo: Fortemente ondulado			Pedregosidade: Ausência de pedregosidade, porcentagem de areia fina < # 2,0 mm.
Declividade > 40%			
Erosão: Acentuada			Vegetação: Caatinga arbustiva densa
Drenagem: Bem drenado			
Descrição morfológica do perfil			Uso do solo: Agrícola/pastagem
Nome:	O	B	
Profundidade	0,10m	1,70m	
Cor:	C0/M1/Y1/k6	C0/M1/Y1/k6	
Classe textural	Arenosa	Arenosa	
Estrutura	Granular fino	Granular médio	
Consistência	Friável (úmido)	Não plástico (úmido/molhado)	
Transição	Gradual	Gradual	

Para sintetizar o desempenho dos ensaios de infiltração realizados na UG1, seus resultados são mostrados na Tabela 22.

Tabela 22 – Valores de VIB das áreas de amostragem da UG1

UG1	AA	1	2	3	4	5	Média
	VIB _A mm/h		50	250	61	77	645
VIB _p mm/h		75	60	73	56	370	126

Observa-se no conjunto dos dados um leve predomínio dos impactos da atividade pecuária sobre a compactação do solo. Chama a atenção os valores de VIB na área de amostragem AA5, devido ao tipo de solo (areia quartzosa), que absorve água em grande quantidade, pelas razões já mencionadas. Não é demais lembrar que esta é uma área de relevo movimentado, composta por minifúndios com uso intenso, fatores que aumentam significativamente os problemas com erosão.

5.2.2 Propriedades do solo da Unidade Geoambiental dois (UG2)

A UG2 (Figura 27) se situa na porção sudoeste e sul da bacia. Está assentada sobre cotas topográficas entre 500 e 600 m de altitude. Apresenta como aspecto marcante a predominância de solos Vertisolos cromados órticos, evidenciados em diversos locais, pela atividade das argilas, através da retração e expansão, presentes nas feições da camada superficial.

Solos com tais características apresentam baixos valores (DC), índices médios a alto de liquidez e plasticidade, textura fina, com porcentagem elevada abaixo da peneira 0,074 e, finalmente, valores de infiltração bastante modestos.

Os procedimentos realizados foram compostos por uma sequência de 41 ensaios e determinações de densidade de campo (DC), seguidos de coleta de amostras para determinação de ensaios em laboratório e oito infiltrações, seguindo os mesmos critérios anteriormente adotados.

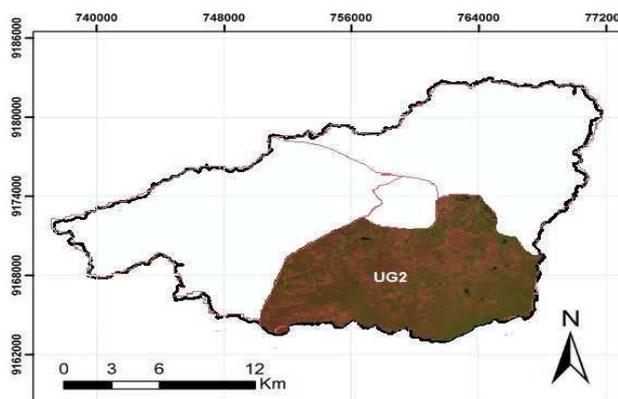


Figura 27 - Localização da Unidade Geoambiental (UG2), bacia do rio Serra Branca – PB

Este fato pode ser um indicador do efeito provocado pela pecuária ultra-extensiva, atividade principal dentro desta unidade, formada majoritariamente por grandes propriedades rurais. Como se sabe, o efeito do pisoteio sobre solo se comprova, no elevado grau de compactação obtido e ratificado pelos baixos valores da taxa de

infiltração. Note-se o comportamento das médias nas três variáveis analisadas, DC, DM e GC, apresentadas na Figura 28.

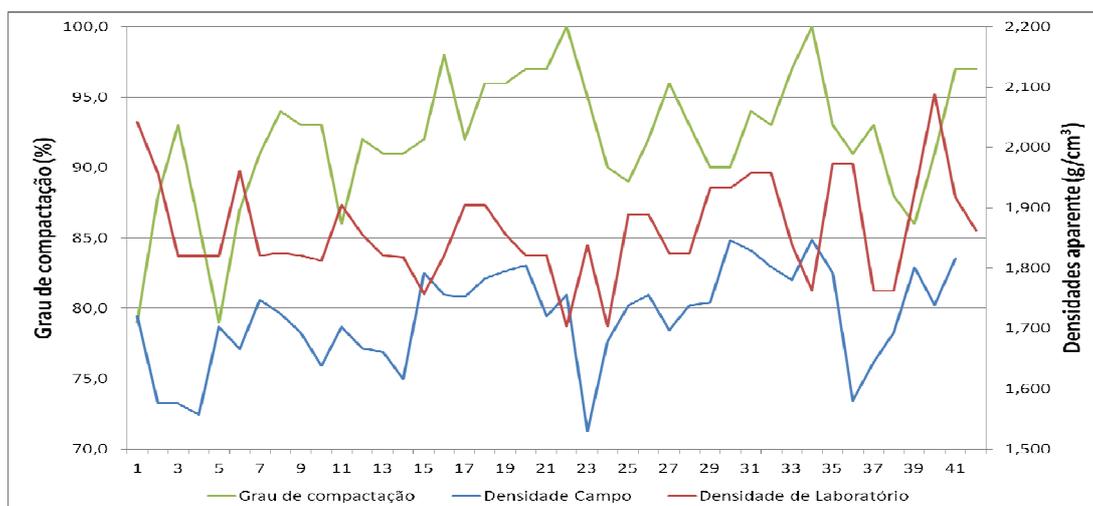


Figura 28 - Valores de densidade aparente de campo, laboratório e grau de compactação da UG2, bacia do rio Serra Branca, obtidos através da realização de procedimentos de campo e laboratório.

Analisando os dados da Figura 28, na linha que representa o grau de compactação, percebe-se que o mesmo apresentou valores elevados chegando a se igualar aos valores determinados em laboratório. Observe-se que são poucas as amostras que apresentaram valores na faixa entre 75 e 80%, que é o desejável. Estudos mostram que a compactação natural deve ser menor, entorno de 25%, dependendo do solo, em comparação a compactação determinada em laboratório, para o proctor normal.

Esta relação é um parâmetro que norteia o conceito de empolamento, muito utilizado em corte e aterro de obras de Engenharia civil, que pode ser definido como a diferença da massa específica aparente seca do material no estado natural (γ_n) e massa específica aparente seca do material compactado (γ_c) (SANTOS, 2007).

O atributo do grau de compactação em um solo ganha importância, sobretudo do ponto de vista geomorfológico, porque tem implicação direta no estado de conservação, especialmente, em áreas com deficiência de cobertura vegetal, que lhe sirva de anteparo em face dos efeitos da água e do vento, salvaguardando-o da desagregação das partículas.

Assim sendo, a partir dos resultados obtidos foi elaborado um resumo com os valores médios de densidade de campo, máxima de laboratório e grau de compactação da totalidade das amostras, os quais são mostrados na Tabela 23.

Tabela 23 – Dados estatísticos referentes aos ensaios de densidade campo (DC), densidade máxima (DM), densidade de partículas (DS) e grau de compactação (GC) da UG2.

DC (g/cm ³)		DM (g/cm ³)	DS (g/cm ³)	GC
Média	1,716	1,865	2,74	92,0
Desv. Padrão	0,0817	0,8340	0,95	0,4658

Os valores contidos na Tabela 23 ratificam o que já havia sido mencionado, com respeito aos números fornecidos pelas análises. Note-se que a média para as três variáveis estão relativamente elevadas, para uma área de ocorrência de solos argilosos (ainda que, de média plasticidade), mesmo para este tipo de solo, que tem a densidade de partícula, elevada (2,75g/cm³), devido a sua textura e ausência de vazios. Conclui-se, portanto, que existe uma carga sendo aplicada, para que se chegue a valores tão elevados. Quanto aos desvios-padrão, estes se situam dentro da margem indicada.

Seguiu-se a elaboração dos ensaios da granulometria, em laboratório utilizando-se as faixas mencionadas. Os dados revelaram uma concentração nos percentuais, em primeiro lugar no intervalo entre a peneira 0,42 e 0,072, mostrando a presença marcante da fração areia fina. Em segundo, elevados valores de material $\phi < 0,074$, faixa de tamanho dos siltes e das argilas, conforme se observa na Figura 29.

Frente aos dados que mostram a presença de material argiloso com indicação de atividades de contração e retração restam agora, os procedimentos para determinação dos ensaios de limites e infiltração, para, a partir dos dados fornecidos, se afirmar, ou não, se há interferência das atividades produtivas nas propriedades físicas do solo da UG2.

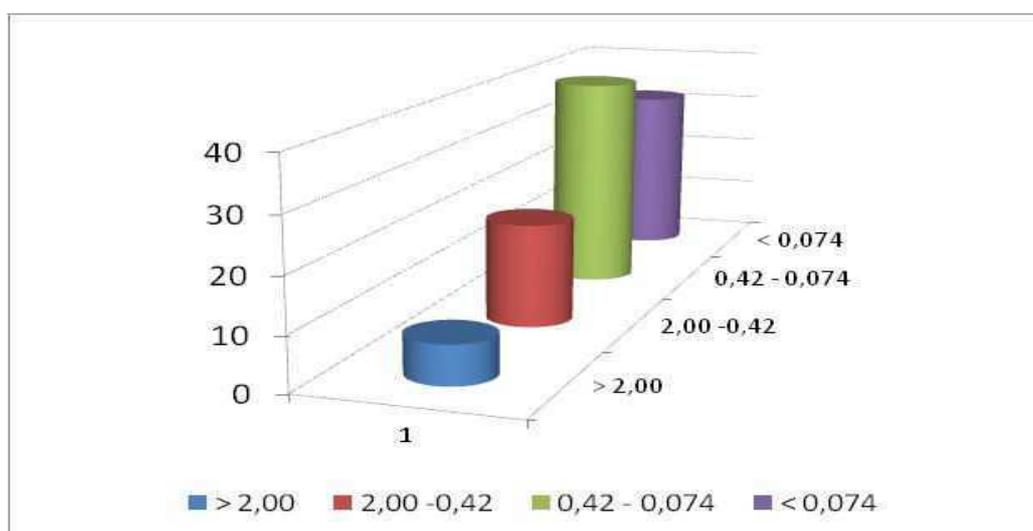


Figura 29 - Porcentagem média das faixas granulométrica para a UG2 da Bacia do rio Serra Branca.

Estudando-se a Figura 29, percebe-se que o material abaixo da peneira 0,42 representa mais de 70% de toda a amostra. Desse total, cerca de 30% se enquadra na faixa correspondente aos siltes e as argilas. Este aspecto evidencia o caráter plástico e coeso dos solos Vertissolo. Ressalte-se que, devido a grande quantidade de amostras, a ser representada em uma figura a tornaria pouco didática. Em vista disso, foram elaboradas as médias do intervalo entre as faixas de peneiras e mostradas juntamente com os dados estatísticos na Tabela 24.

Tabela 24 - Dados estatísticos das análises granulométrica do solo da UG2

Faixa granulométrica	$\varnothing > 2 \text{ mm}$	2 - 0,42 mm	0,42 – 0,074 mm	$\varnothing < 0,074$
Média %	7,29	19,3	41,0	32,0
Desvio padrão	0,508	0,546	0,472	1,008

Analisando as médias contidas na Tabela 24, merece destaque a porcentagem que passa na peneira 0,42 mm, ficando clara a estrutura textural do Vertissolo existente. Esse atributo fica ainda mais robusto quando se observa que a fração que passa na peneira 0,074 foi superior a 30%, confirmando a presença de argila de média plasticidade, atributo que favorece a área, quanto a processos erosivos, mormente se houver manejo adequado. A característica referente ao solo também fica evidente ao ser observada a Figura 30, que apresenta um mosaico com vários locais onde se pode presenciar o fato. Quanto ao desvio-padrão, este se mostrou dentro do limite aceitável.



Figura 30 – Atividade de expansão e contração das argilas encontradas na UG2 da Bacia do Rio Serra Branca – PB. Dados de localização: [A (-36,696583; -7,519250); B -36,684133 -7,507333; e C -36,671983 -7,496033].

Após, passou-se à formalização dos experimentos de consistência física, liquidez e plasticidade. O solo desta unidade revelou a presença marcante de coesão. Este aspecto é animador, quando se trata de área semiárida, que quase sempre registra a ausência deste atributo, devido ao predomínio de processos morfogenéticos em detrimento dos pedogenéticos. No entanto, dependendo das condições de condutividade hidráulica, da ausência de componentes orgânicos e declividade podem ocorrer processos erosivos tão marcantes, quanto em outros solos de granulometria mais aberta.

Os valores de (DC) e o grau de compactação, encontrados são um sinal que na área há problemas com a infiltração de água no solo, como se verificará mais adiante. Quanto aos limites, do total quarenta e uma (41) amostras, quatorze (amostras; 45, 49, 50, 55, 59, 60, 64, 65, 70, 75, 76, 78, 80 e 81) não apresentaram índices de liquidez e plasticidade, apesar do elevado percentual de finos. O resultado apresentado pelas demais estão apresentados na Tabela 25.

Tabela 25 - Valores relativos aos ensaios de limites de liquidez (LL) e plasticidade (LP) das amostras de solo da UG2, bacia do rio Serra Branca - PB.

Amostra	LL	LP	IP	Amostra	LL	LP	IP	Amostra	LL	LP	IP
42	24,0	16,9	7,1	62	21,1	11,0	9,9	53	29,0	20,5	8,5
43	27,3	16,1	11,2	63	20,8	16,6	4,2	54	25,0	22,5	2,5
44	29,0	20,5	8,5	68	27,8	18,5	9,3	56	25,0	-	-
46	25,0	-	-	69	34,2	23,0	11,2	57	25,8	15,3	10,5
47	25,8	15,3	10,5	70	22,0	-	-	58	20,0	12,0	8,0
51	24,0	16,9	7,1	71	19,0	-	-	61	22,0	20,5	8,5
52	27,3	16,1	11,2	72	20,2	-	-	73	27,0	16,0	11,0
74	32,8	20,7	8,5	79	24,0	-	-	83	25,3	12,5	12,8
77	24,2	-	2,5	80	16,0	-	-				

Note-se que os índices de plasticidade (IP) apresentaram valores que se situam entre 4,5 e 13%. Valores neste patamar podem ser considerados satisfatórios para solos formados, em condições semiáridas.

Conhecendo-se a importância que existe entre os parâmetros físicos e químicos do solo, que favorecem a aeração do solo e contribuindo para processos de conservação foram determinadas as quantidades de Carbono, Matéria orgânica e pH do solo das área de amostragem da UG2, os quais são mostrados na Tabela 26.

Tabela 26 – Valores das propriedades químicas do solo para as AA1 – 4 da UG2 – Bacia do rio Serra Branca – PB.

UG2	Carbono Orgânico %		Matéria Orgânica %	pH
AA1	Área agrícola	0,50	0,86	6,64
	Área pasto	0,33	0,57	6,67
AA2	Área agrícola	0,22	0,38	6,40
	Área pasto	0,43	0,74	7,13
AA3	Área agrícola	0,24	0,41	6,75
	Área pasto	0,29	0,50	6,06
AA4	Área agrícola	0,30	0,52	6,20
	Área pasto	1,70	2,93	6,18

Observando-se os dados da Tabela 26, se repetem os baixos valores encontrados na UG1, citados anteriormente. Os valores modestos de carbono orgânico incorporado e, conseqüentemente de matéria orgânica, atestam o grau de propensão aos processos erosivos a que esta área está exposta. Some-se a este aspecto, o elevado grau de compactação e cria-se o cenário propício ao aumento do escoamento superficial (*runoff*), a exposição do solo nu aos efeitos das gotas de chuva (*splash*) e o resultado é um volume considerável de solo carregado para o fundo das calhas dos cursos e corpos d'água. Este processo pode ser testemunhado por meio da espessura dos colchões de areia, presentes nos rios e riachos mais proeminentes das Unidades Geoambientais 1 e 2, como mostra a Figura 31.



Figura 31 – Parte da espessura do colchão de areia, medindo 1,5 m, aproximadamente, em um trecho do rio Serra Branca, nas imediações do sítio Veloso. Dados de localização: (-36,634800 e -7,469750).

A determinação das infiltrações nas áreas de amostragem (AA) da UG2 deu prosseguimento aos experimentos de campo e seguiu o método e critérios descritos na metodologia e os resultados são apresentados nas Figuras: 32, 33, 34 e 35.

A Figura 32 apresenta os dados obtidos com os experimentos realizados na área de amostragem (AA1). Este local está contido na mancha de Regossolo, anteriormente analisada, representada pelos pontos amostrais (42 e 44). As taxas de infiltração verificadas foram de 282 mm/h⁻¹ para área agrícola e 171 mm/h⁻¹ para área de pastagem. Como se percebe, na mesma figura, as curvas descreveram comportamento semelhante, mas a VIB girou em torno de 92 (agrícola) e 132 mm/h, para as áreas de pasto.

Nos locais de realização dos experimentos, o solo apresentou: umidade, textura densidade de campo e plasticidade semelhantes. Das propriedades estudadas, somente o grau de compactação se mostrou aumentado no local de pastagem, confirmando, assim a atividade pastoril como agente ativo no acréscimo da densidade nos locais aonde é praticada.

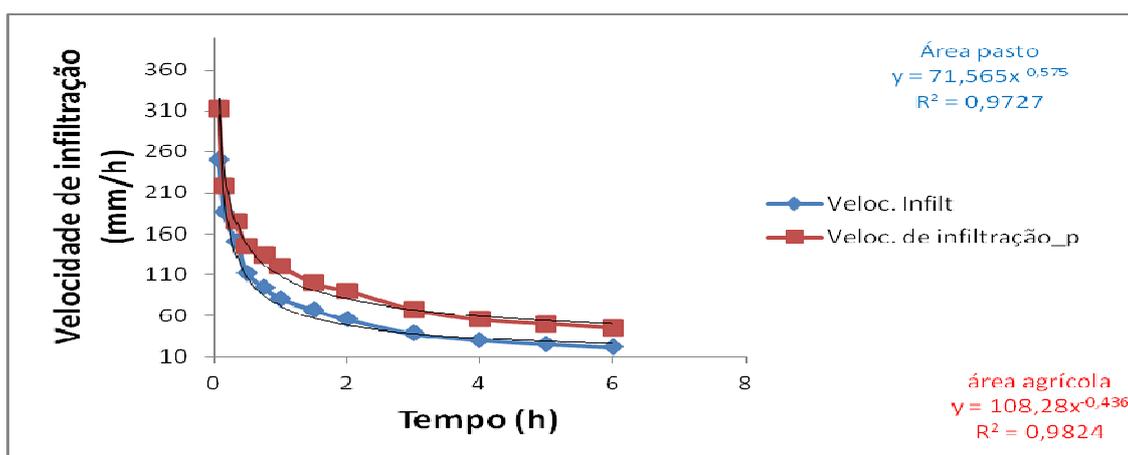


Figura 32 - Valores de velocidade de infiltração – para a AA1, usos agrícola e pastagem UG2, bacia do rio Serra Branca - PB.

Os resultados fornecidos pelas análises contidas na Figura 32 mostram que as duas áreas apresentam boas condições de percolação de água no solo, evidenciando que as atividades realizadas estão compatíveis com as condições de solo e de manejo.

O local a ser examinado na sequência foi a área de amostragem correspondente aos pontos (51 e 55). A área é recoberta por solos argilosos, de cor escura e plasticidade média. O uso do solo é bem dividido entre as atividades, agrícola e pastagem. A Figura 33 mostra os resultados dos ensaios, bem como o comportamento das curvas de velocidade de infiltração.

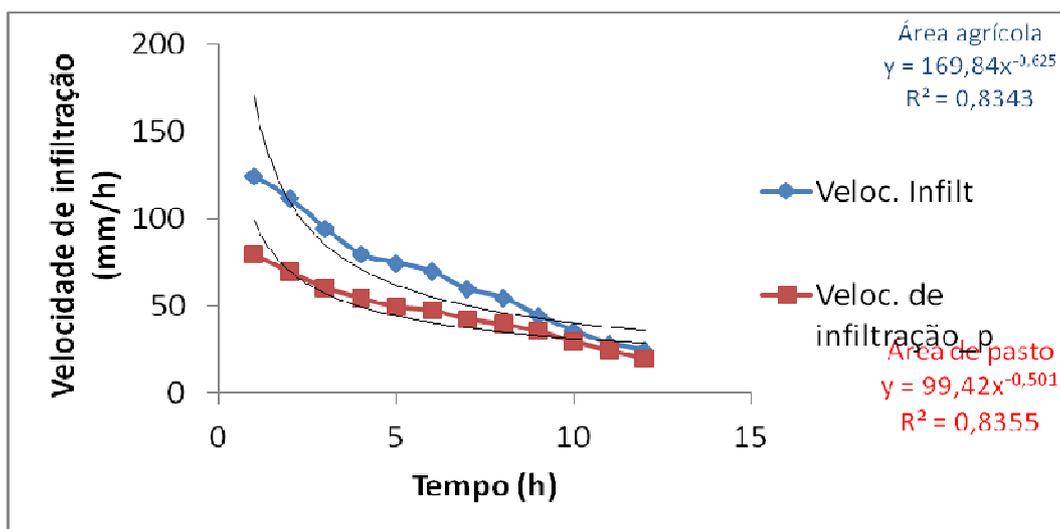


Figura 33 - Valores de velocidade de infiltração – para a AA2, usos agrícola e pastagem UG2, bacia do rio Serra Branca - PB.

Os valores encontrados nos dois experimentos foram 170 mm/h^{-1} para área de agricultura e 150 mm/h^{-1} em área de pastagem, ao passo que a VIB ficou entorno de 26 mm/h para a área agrícola e 7 mm/h , para área de pasto. Pode-se observar que houve certa discrepância entre as duas curvas de velocidade. Este fato está relacionado com a atividade das argilas, pois foi comprovado pela caracterização que os dois locais apresentam o mesmo tipo de solo e as mesmas condições de umidade e temperatura. Todavia as fissuras, decorrentes da expansão e retração e conduto de raízes, são muito mais evidentes nas áreas agrícolas, permitindo maior fluxo inicial, situação oposta às áreas de pasto, visto que o pisoteio dos animais elimina, ainda que superficialmente o fenômeno (AMARAL, 2011). Contudo, no decorrer do experimento, aos poucos, a água vai estabilizando o fluxo e encontra espaços no interior do perfil.

O próximo procedimento foi à execução dos ensaios na área de amostragem AA3 (pontos 63 e 67), cujos resultados são mostrados na Figura 34. Para o local de execução, as amostras correspondentes forneceram densidade aparente de campo (DAC) com valores de $1,72$ e $1,69 \text{ g/cm}^3$, LL de 21 e 28% , LP de 16 e 18% e grau de compactação de 92 e 100% respectivamente, para áreas agrícolas e pasto.

Estes resultados mostram certa uniformidade entre as duas áreas e esta tendência praticamente se confirma nos números dos ensaios, exceto pelo discreto aumento dos valores referentes a área de pasto. Note-se que o grau de compactação se equivale ao de laboratório, atestando o efeito da carga dos animais sobre as propriedades físicas do solo, aqui estudadas.

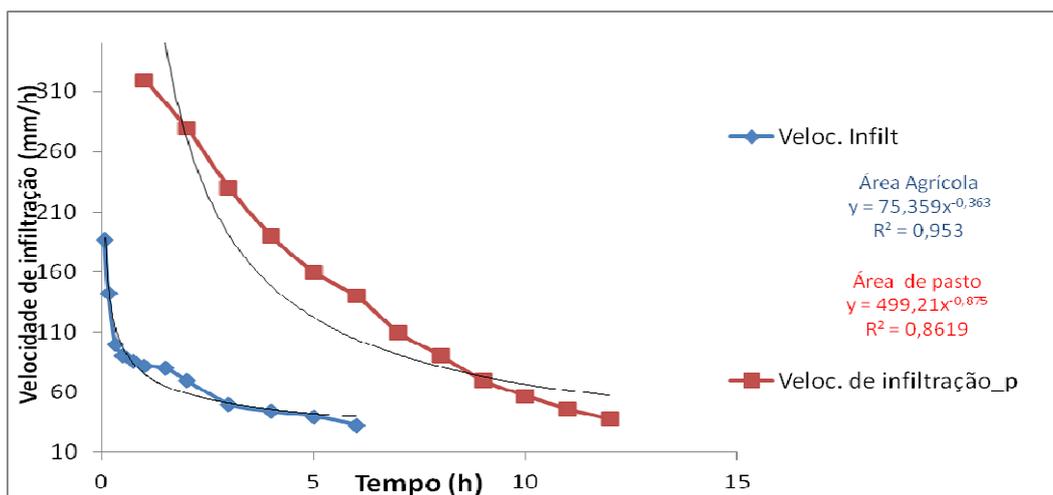


Figura 34 - Valores de velocidade de infiltração – para a AA3, usos agrícola e pastagem na bacia do rio Serra Branca - PB.

As taxas de infiltração estiveram em patamares não muito diferentes, sendo: 208 mm/h^{-1} e 300 mm/h^{-1} , respectivamente e a VIB, por volta de 13 e 16 mm/h para as áreas, agrícola e pasto nessa sequencia. Os experimentos a seguir foram as infiltrações para a área de amostragem AA4. Pode-se constatar que no âmbito da unidade geoambiental (UG2) foi a que apresentou menores taxas, como pode ser visto na Figura 35.

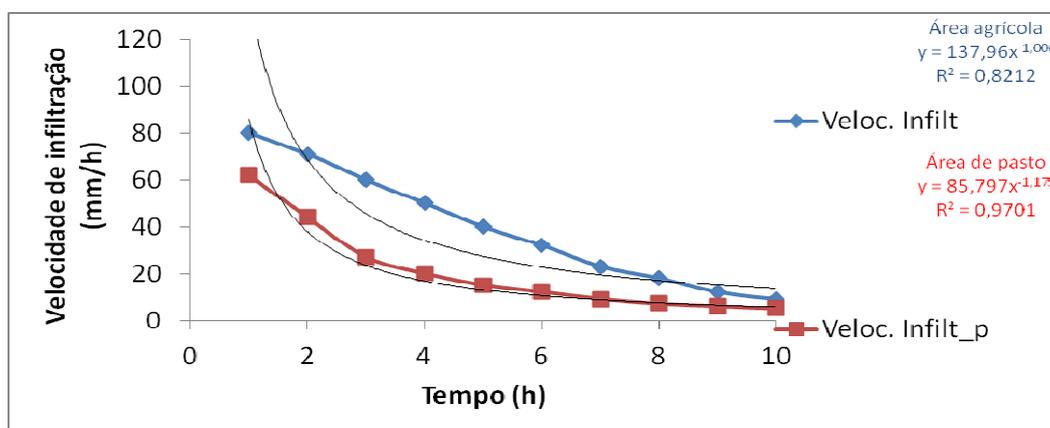


Figura 35 - Valores de velocidade de infiltração – para a AA4, usos agrícola e pastagem UG2, bacia do rio Serra Branca - PB.

Os resultados na Figura 35 podem ser creditados aos seguintes fatores: o grau de compactação nos dois locais de efetivação dos ensaios foi de 91% para área agrícola e 93% para área de pasto, considerado elevados para solos argilosos. O índice de plasticidade (razão entre o LL e o LP) apresentou valor 12 e 11% para as respectivas áreas, denotando que há uma forte coesão deste solo, com prejuízo à absorção. Os dados mostram valores expressivos em todas as variáveis, sinalizando para a interferência destas propriedades, (densidade e coesão) nas taxas de entrada de água no solo.

Estudos realizados por Teixeira (2008) em diferentes tipos de solos e usos constatou que entre outros atributos a capacidade de infiltração de água no solo e a mais afetada pelo pastoreio. Por este estudo, ao serem comparadas as diferentes atividades exercidas nos pontos amostrais observou-se que os maiores valores de capacidade de infiltração localizam-se nas áreas nativas e os menores nos locais onde a atividade é a pastagem.

Os valores contidos na Figura 35 foram: 29 mm/h⁻¹, no local correspondente a atividade de pastagem e 62 mm/h⁻¹, em áreas agrícolas. As Velocidades de Infiltração Básicas foram de 17 e 14 mm/h para áreas, agrícola e pasto. Um olhar mais acurado sobre os baixos valores chama a atenção para o grau de dificuldade de penetração da água no solo, que se mostra compactado e intensamente coeso. Os valores estatísticos de todos os ensaios de infiltração da UG2 são mostrados na Tabela 27. Corroborando com Rawls et al. (1996), em que o processo de infiltração depende, em maior ou menor grau, de diversos fatores, que incluem a textura, o teor de matéria orgânica, os tipo de argila e a condutividade hidráulica.

Tabela 27 - Valores de VIB das áreas de amostragem da UG2

UG2	AA	1	2	3	4	Média
	VIB _A (mm/h)	92	26	13	17	38
	VIB _P (mm/h)	132	7	16	14	42

Como se pode observar nos dados da tabela acima para esta unidade composta predominantemente por Vertissolo, há um equilíbrio entre os valores, independente da atividade exercida. Esta característica em muito favorece o aumento do escoamento superficial (*runoff*), embora possa ser atenuado pelo relevo suave presente na área.

Mesmo assim, as modificações na propriedade compactação contribuem decisivamente para a ocorrência de processos erosivos, não apenas pelas razões já citadas, mas também pela ausência de matéria orgânica e carbono orgânico incorporado, haja vista a dificuldade das raízes se desenvolverem, fato confirmado pelo raleamento da vegetação que recobre a unidade. Abaixo, a Figura 36 exhibe os aspectos do solo, através do perfil e os dados correspondentes à classificação encontram-se na Tabela 28.



Figura 36 – Perfil Vertissolo cromado órtico localizado na UG2, bacia do rio Serra Branca - PB.

Tabela 28 – Classificação do perfil do solo, classe Vertissolo – UG2.

Nº do Perfil: 04			Material de origem: As rochas que dão origem ao solo nesta área são metamórficas compostas por gnaiss migmatizados.
Localização: -36,696583 -7,519250			
Relevo: moderadamente ondulado			Pedregosidade: Ausência de pedregosidade, porcentagem fina < # 0,074 mm.
Declividade: 4 – 8%			
Erosão: Laminar			Vegetação: Caatinga subarbórea semidensa
Drenagem: Fracamente			
Descrição morfológica do perfil			Uso do solo: Agrícola
Nome:	O	AB	B
Profundidade	0,00 – 0,05m	0,05 – 0,35m	0,35 – 0,95m
Cor:	C5/M10/Y40/K27	C10/M15/Y40/K35	C10/M15/Y40/K40
Classe textural	Arenosa	Areno-argilosa	Argilosa
Estrutura	Laminar	Blocos pequenos	Blocos (torrões)
Consistência	Plástica/molhado	Plástica	Plástica
Transição	Gradual	Gradual	Clara

5.2.3 Propriedades do solo da Unidade Geoambiental três (UG3)

A Unidade Geoambiental três (UG3) (Figura 37) está posicionada nas porções, leste, nordeste e sudoeste da bacia. Apresenta cotas topográficas entre 500 e 460m de altitude. De todas as unidades individualizadas é a mais plana, com declividades entre 2

e 8%. Também é nesta unidade que a cobertura vegetal apresentou menor densidade e porte mais rasteiro, pontuada por algumas espécies arbóreas nativas, a exemplo da Baraúna (*Schinopsis brasiliensis*), da Aroeira (*Astronium urundeuva*) e Craibeira (*Tabebuia caraiba* Bur). O aspecto marcante da unidade é a predominância da classe de solos Luvissole crômico, abrigando ainda, em seus limites uma mancha de Neossolo Flúvico, margeando os rios e riachos mais expressivos da área.

Os procedimentos realizados na UG3 seguiram o que está determinado na metodologia. Os ensaios de densidade de campo (DC) e o grau de compactação (Gc) apresentaram, em alguns locais, valores elevados para uma área com predominância de Luvissole. Contudo, como nesta unidade a produção se dá majoritariamente pela pecuária extensiva, pode estar aí a resposta para os valores elevados destas propriedades físicas e redução nos componentes orgânicos do solo.

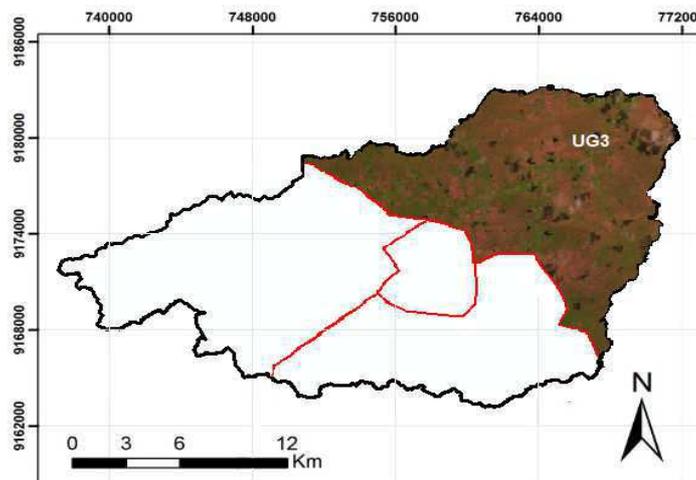


Figura 37 - Localização da Unidade Geoambiental – UG3 na bacia do rio Serra Branca – PB

Ainda segundo critérios metodológicos, a unidade foi dividida em cinco áreas de amostragem (AA) e nelas realizados os experimentos anteriormente mencionados. A Figura 38 mostra os resultados obtidos com as determinações das médias de densidades (campo e laboratório) e grau de compactação para as amostras coletadas.

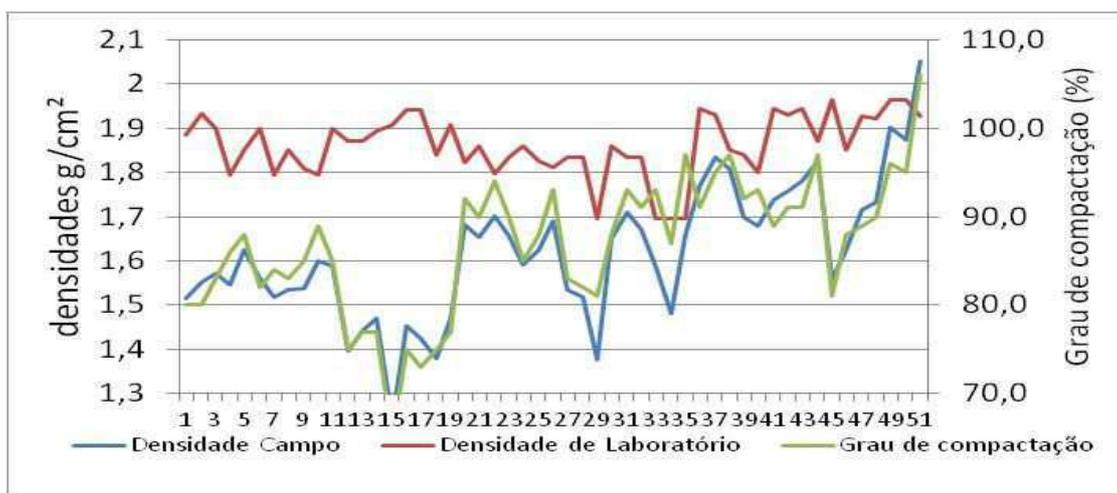


Figura 38 - Valores de densidades e grau de compactação da UG3, bacia do rio Serra Branca, obtidos através da realização de procedimentos de campo e laboratório.

Os resultados contidos no gráfico acima revelam uma grande variabilidade espacial nos dados de densidade de campo (DAC) e grau de compactação. O fato pode ter relação com aspectos tais como: mudanças na estrutura granulométrica do solo, presença ou ausência de plasticidade, ou ainda na intensidade do uso das atividades produtivas. Em diversas áreas, no âmbito da unidade, após o período de colheita, é comum se utilizarem estas várzeas para o pastoreio animal, aproveitando-se os restos das culturas como forragem.

Dessa forma, o solo com certa umidade recebe a carga dos animais, sobretudo o bovino. O resultado é a alteração na densidade, através da compactação. Em algumas áreas de amostragem a densidade de campo chega a ser superior a de laboratório, ou seja, acima dos 100%. No outro extremo, foram encontrados valores bem inferiores, cerca de 70% de compactação, devido ao fato de não haver nenhum uso nas chamadas capoeiras. Em síntese, na Tabela 29 são mostradas as médias das variáveis analisadas, assim como os dados estatísticos a elas relacionados.

Tabela 29 – Dados estatísticos referentes aos ensaios de densidade de campo (DC), densidade máxima (DM) e Grau de compactação (GC) da UG3.

DC (g/cm³)	DM (g/cm³)	DS (g/cm³)	GC	
Média	1,641	1,857	2,72	98,0
Desv. Padrão	0,153	0,069	0,055	0,8125

Como é possível observar nos dados da Tabela 29, a média das densidades de campo se situa em um nível relativamente baixo, para uma área de ocorrência de Luvisolo. Sabe-se que esta é uma classe de solo, na qual a estrutura granulométrica

apresenta grande porcentagem acima da peneira 2,00 mm, considerada areia grossa. E mais ainda, entre 2,00 mm e a 0,42 mm, a porcentagem também é expressiva. Estes são aspectos que contribuem para elevar a densidade de campo e laboratório. Isto pode ser constatado ao se analisarem as densidades de laboratório, as quais estiveram superiores a $1,85\text{g/m}^3$, considerada elevada para proctor normal.

Todavia, a média que chama a atenção é mesmo a do grau de compactação, mostrando que a área pode apresentar problemas na condutividade hidráulica, tornando-se suscetível a processos erosivos, sem mencionar que sob tais condições, o crescimento da vegetação fica prejudicado, agravando ainda mais, a já comprometida cobertura do solo. Corroborando com os dados acima mencionados, cabe lembrar que nesta área ocorre a vegetação mais rala de toda a bacia, conforme a classificação realizada.

Quanto às análises granulométricas das cinquenta e uma amostras, estas apresentaram uma grande variabilidade nos valores, notadamente na faixa que se situa entre as peneiras 2,00 – 0,42 mm. Ressalta-se que os valores mais expressivos que compõem a média da faixa $> 2,00$ mm foram encontrados no âmbito AA3. Também a faixa que se situa entre as peneiras 2,00 mm e 0,42, classificada como areia média apresentou números expressivos, denunciando um solo aberto e pedregulhoso, conforme os dados da Figura 39.

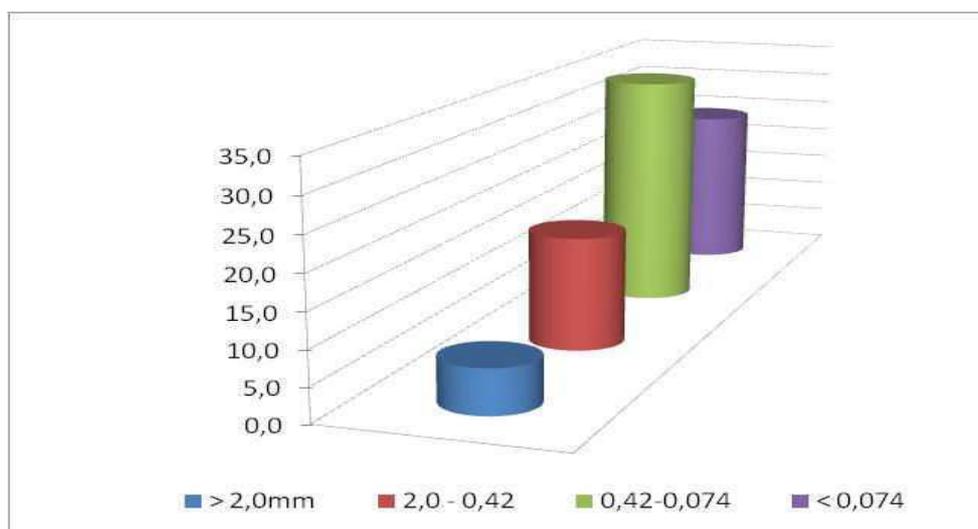


Figura 39 - Porcentagem média das faixas granulométrica para a UG1 da Bacia do rio Serra Branca.

Afim de melhor demonstrar o comportamento da estrutura textural do solo foi elaborada a média correspondente a todas faixas de peneiras, bem como os dados estatísticos que são mostrados na Tabela 30.

Tabela 30 – Dados estatísticos das análises granulométrica do solo da UG1

Faixa granulométrica	$\varnothing > 2$ mm	2 – 0,42 mm	0,42 – 0,074 mm	$\varnothing < 0,074$
Média %	6,50	21,3	34,7	24,3
Desvio padrão	0,587	0,976	1,676	1,392

Na sequência dos experimentos foram determinados os limites de liquidez e plasticidade das amostras correspondentes à mesma unidade. Os resultados mostraram que grande parte destas não apresentam índices, nem de liquidez, muito menos de plasticidade. Este é um aspecto frequente em áreas de predomínio de classe de solo Luvissole, principalmente quando são formados em áreas de clima seco (EMBRAPA, 2009).

Das amostras ensaiadas, as de número 86, 88, 90, 91, 93, 94, 98, 100, 102, 103, 104, 105, 106, 110, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 120, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131 e 132, perfazendo um total de 32, se revelaram não líquida e não plástica. Em outras palavras, representam um material mineralizado, com ausência de argila e desprovido de coesão. O resultado dos ensaios com os índices de liquidez e plasticidade das demais amostras são mostrados na Tabela 31.

Tabela 31 – Valores relativos aos ensaios de limites de liquidez (LL) e Limites de plasticidade (LP) das amostras de solo da UG3, bacia do rio Serra Branca - PB.

Amostra	LL	LP	IP	Amostra	LL	LP	IP	Amostra	LL	LP	IP
84	22,6	14,6	12,8	97	22,1	16,5	6,0	111	22,0	-	-
85	23,0	-	-	99	22,7	15,5	7,2	119	23,8	-	-
87	28,0	17,3	11,5	101	19,0	-	-	121	22,7	17,9	5,2
89	25,8	19,4	6,4	105	26,0	16,9	9,1	133	25,4	-	-
92	22,0	-	-	107	24,8	17,9	6,9	134	19,5	-	-
95	28,4	-	-	108	25,3	15,9	9,4	-	-	-	-
96	22,2	-	-	109	24,1	15,5	8,5	-	-	-	-

Analisando-se os dados da tabela 31, se infere que os solos desta unidade apresentam índices de liquidez e plasticidade em poucas áreas e mesmo assim em níveis modestos. Note-se que o maior IP registrado em uma única amostra destoa dos demais. Logo é possível concluir que a propriedade da consistência é um atributo escasso neste tipo de solo, particularmente nos limites desta mancha de Luvissole. Esta ausência merece atenção, uma vez que a falta desta propriedade expõe o solo aos efeitos diretos da energia das gotas da chuva, pois embora se trate de uma área com relevo plano, apresenta a cobertura vegetal de menor porte e a menos densa de todas as unidades estudadas. Esta propriedade é tão importante que pode causar interferência em várias

outras, como a massa específica, a resistência mecânica do solo à penetração, a retenção de água e a disponibilidade de nutrientes, entre outras (MARCOLIN, 2006).

Talvez por isso os dados da Tabela 32 apresentem valores tão inconsistentes em relação à contribuição da vegetação na incorporação de carbono e matéria orgânica ao solo desta unidade da bacia. Embora se deva ressaltar que as amostras, não apenas nestas, mas em todas as unidades foram coletadas no período seco e este fato também contribui para diminuir drasticamente a matéria orgânica do solo em condições de semiaridez e de intenso uso pastoril.

Tabela 32 - Valores das propriedades químicas do solo para a UG3 – Bacia do rio Serra Branca – PB.

UG1	Carbono Orgânico %		Matéria Orgânica %		pH	
AA1	Área agrícola.	0,9	Área agrícola.	0,15	Área agrícola.	4,92
	Área pasto	0,4	Área pasto	0,69	Área pasto	5,35
AA2	Área agrícola.	0,33	Área agrícola.	0,57	Área agrícola.	6,00
	Área pasto	0,22	Área pasto	0,38	Área pasto	6,75
AA3	Área agrícola.	0,59	Área agrícola.	1,02	Área agrícola.	7,33
	Área pasto	0,51	Área pasto	0,88	Área pasto	6,71
AA4	Área agrícola.	0,73	Área agrícola.	1,26	Área agrícola.	6,03
	Área pasto	0,63	Área pasto	1,09	Área pasto	7,40
AA5	Área agrícola.	0,32	Área agrícola.	0,55	Área agrícola.	5,48
	Área pasto	0,32	Área pasto	0,55	Área pasto	6,11

Pelos os baixos valores de carbono orgânico incorporado e matéria orgânica da Tabela 32, fica patente o nível de propensão à deterioração a que esta área está exposta. Este aspecto é agravado pela estrutura do solo mal formado, pouco espesso e com ausência de coesão. Apenas os valores de pH, salvo exceções, se encontram dentro da normalidade, porém parece insuficiente, diante do cenário existente na área. Não é demais lembrar que esta unidade apresentou altos níveis de compactação, granulometria com valores elevados de areia grossa, média e silte. Todas estas variáveis contribuem para elevar os níveis de propensão à perda de solo.

Os experimentos da área de amostragem (AA1), desta unidade foram realizados sob as seguintes condições: limites de liquidez do local, com valores de 28 e 23%, grau de compactação de 83 e 86% para as áreas de agrícola e pasto nesta ordem. Frente a tais condições os valores obtidos foram de 93 mm/h⁻¹ e 112 mm/h⁻¹, seguindo a mesma

sequência, agrícola e pasto. Já a velocidade de infiltração básica (VIB) foi de 35 mm/h para área agrícola e 55 mm/h para área de pasto, conforme mostrado na Figura 40.

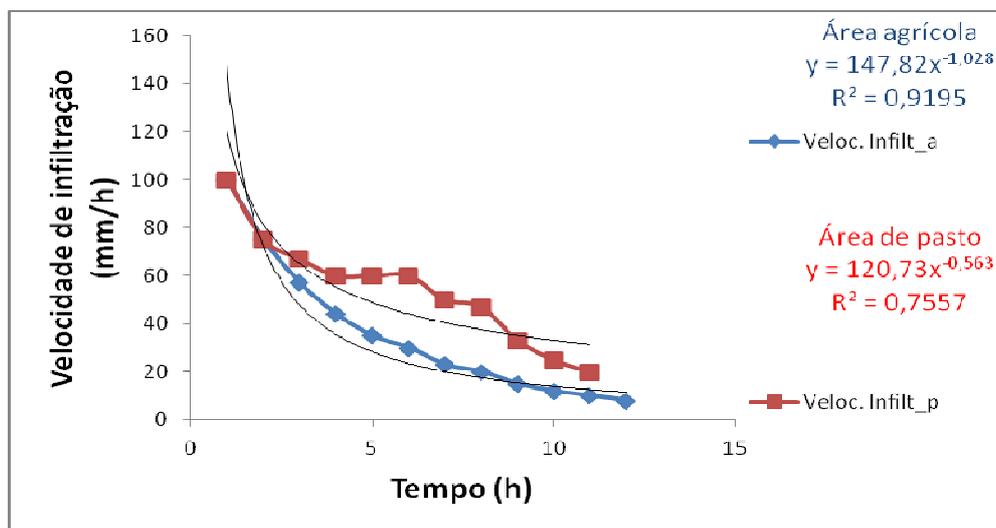


Figura 40 - Valores de velocidade de infiltração – para a AA1 (pontos 86 e 87), usos agrícola e pastagem UG1, bacia do rio Serra Branca - PB.

As curvas obtidas com os ensaios mostram menos constância na velocidade, em decorrência da menor das condições de condutividade das duas áreas. Note-se que a curva de tendência está em desacordo com o traçado daquela que representa o ensaio, refletindo-se no fator R^2 , que se afastou bastante do valor um (1). O fato se deve a maior compactação do solo, mesmo este sendo menos argiloso. Com isso se mostra a influência que exerce a compactação sobre o fluxo de água para o interior do perfil, sobrepondo-se a outras propriedades.

As infiltrações realizadas na área de amostragem (AA2) efetivaram-se sob as seguintes condições do terreno: as densidades foram concomitantemente, 1,39 para área agrícola e 1,47 g/cm³, para pastagem; na mesma sequência, grau de compactação 75% e liquidez de 28% para área agrícola e 77% de grau de compactação com liquidez de 22,1, plasticidade de 16,1 para o uso pasto.

Considerando estas condições, os resultados obtidos surpreenderam pelos baixos valores apresentados.

Verificando-se as curvas com os totais acumulados, percebe-se que os mesmos poderiam ser mais expressivos, uma vez que o solo apresentou baixa densidade, apenas índice de liquidez no local aonde se pratica a agricultura e, mesmo no terreno de pasto os baixos valores se repetiram, ainda que a amostra correspondente ao local ensaiado tenha apresentado índice de liquidez e plasticidade. A explicação para os baixos valores

pode está sob a camada examinada (20 cm), na forma de uma crosta (Duripan) ou algo similar, entretanto não detectado.

Neste contexto, os dados correspondentes à infiltração foram: taxa de infiltração 64 mm/h^{-1} e 107 mm/h^{-1} para agrícola e pasto, nesta sequência. Já a Velocidade de Infiltração Básica foi atingida para ambas as áreas com 35 e 55 mm/h, para área agrícola e pasto, nesta ordem, conforme mostra a Figura 41.

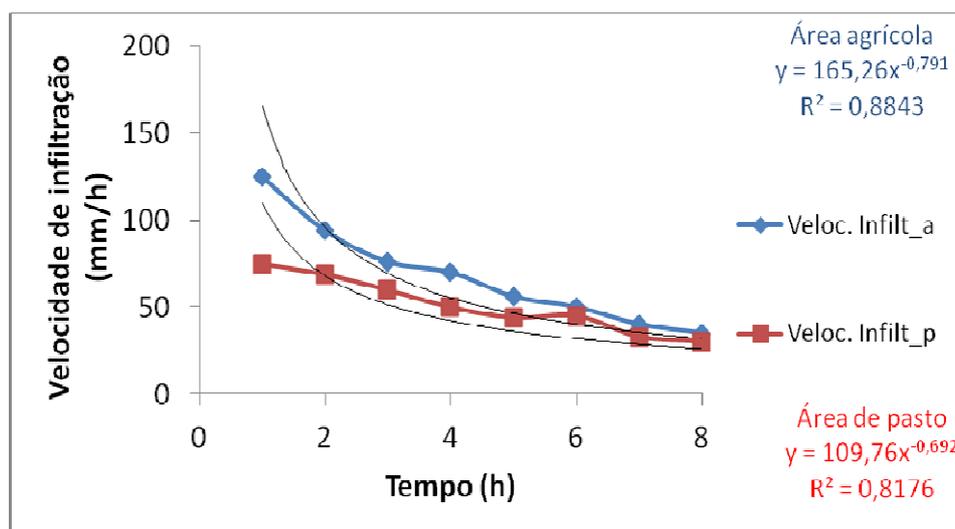


Figura 41 - Valores de velocidade de infiltração – para a AA2 (pontos 95 e 97), usos agrícola e pastagem, bacia do rio Serra Branca - PB.

Foi observado no experimento da Figura 41, que as linhas de infiltração descreveram praticamente o mesmo comportamento nas duas áreas, embora na área agrícola (ponto 97) tenha havido maior volume acumulado e, menos constância na velocidade. Esse comportamento decorre das condições de condutividade, e maior compactação do solo, apesar de os mesmos apresentarem teores iguais de argila.

Os ensaios da área de amostragem (AA3) desta unidade, mostrados na Figura 42, foram realizados sob as seguintes condições: grau de compactação, com valores foram 92 e 90% para área agrícola e de pastagem respectivamente; densidade aparente de campo (DAC) de $1,65$ e $1,68 \text{ g/cm}^3$ e NL e NP para as áreas, agrícola e pasto respectivamente. Sob tais condições, obtiveram-se as taxas de 206 mm/h^{-1} e 184 mm/h^{-1} e VIB de 110 e 99 mm/h para as respectivas áreas.

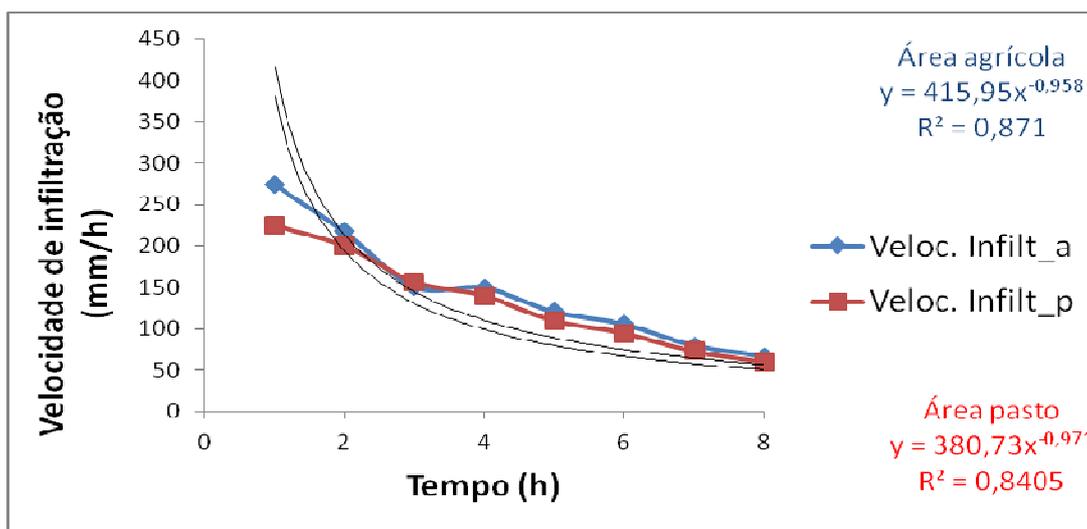


Figura 42 - Valores de velocidade de infiltração – para a AA3 (pontos 103 e 104), usos agrícola e pastagem UG1, bacia do rio Serra Branca - PB.

Os testes da Figura 42 apresentaram taxas dentro da normalidade, para este tipo de classe de solo, sobretudo porque no local analisado, constatou-se a ausência de plasticidade no solo. Este aspecto facilita a penetração da água e oferece taxas de absorção mais expressivas. Contudo, a face negativa deste aspecto é que torna o terreno muito mais suscetível à perda de solo por diferentes tipos de erosão, ainda mais numa área de comprovada carência de cobertura vegetal e os benefícios por ela ocasionados.

Na área de amostragem (AA4), os ensaios de infiltração foram realizados sob as seguintes condições de solo: densidade de campo (DC) 1,78 e 1,70. Os valores, considerados elevados, são devido à estrutura granulométrica do Luvisolo, que apresentou percentuais consideráveis de areia. As amostras coletadas nos locais da realização das infiltrações mostraram apenas índices de liquidez, portanto não plásticas e o grau de compactação para duas áreas foram 91 e 92%, para agrícola e pasto nesta sequência. Frente a tais parâmetros os resultados alcançados foram: 279 mm/h^{-1} e 205 mm/h^{-1} para as áreas agrícolas e pasto e VIB por volta de 25 mm/h , para ambas as áreas como mostra a Figura 43.

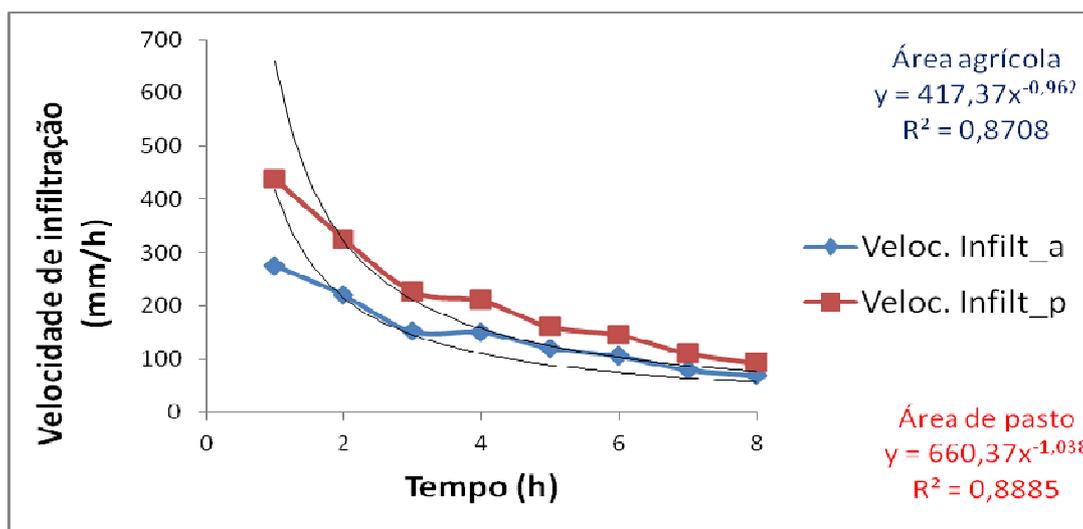


Figura 43 - Valores de velocidade de infiltração – para a AA4 (119 e 122), usos pastagem e agrícola, bacia do rio Serra Branca - PB.

Analisando-se a Figura 43, se observa que a linha correspondente a velocidade na área de pasto se destaca pelos valores mais proeminentes, destoando da tendência dos demais resultados anteriores mostrados, para esta atividade. Como anteriormente citado, em algumas áreas de amostragem, tem-se por costume, utilizarem-se consorciadamente os dois espaços de produção. O resultado é uma área com sobrecarga de atividades, derivando daí, alterações nas propriedades do solo, podendo acarretar problemas para a área dos quais a erosão é apenas um deles.

Por fim, realizaram-se os experimentos de infiltração na área de amostragem (AA5). Esta área está situada próxima à foz do rio Serra Branca, cujo local apresenta solo da classe Luvisolo com pouca ou nenhuma plasticidade e grau de compactação elevado, de vez que é usada intensamente como área de pastagem e, mesmo aqueles espaços destinados a agricultura, também ficam disponíveis para o pastejo dos animais. Por ser uma área de várzeas é frequentemente locada para receber rebanhos de outras localidades, pois sua extensão de aproximadamente 1000 ha, pertencente a diversos proprietários, porém utilizada coletivamente.

As condições para efetivação dos ensaios nos locais correspondentes foram os seguintes: densidade de campo (DC) 1,62 e 1,71; para as duas áreas o solo se mostrou NL e NP, portanto solos de granulometria predominantemente composta por areia e silte. E o grau de compactação apresentou os valores de 88 e 89% para as respectivas áreas.

Perante tais condições, os resultados alcançados foram: 69 mm/h^{-1} para o espaço agrícola e 281 mm/h^{-1} para áreas de pasto, ficando a velocidade de infiltração básica em 10 mm/h para pasto e 28 mm/h para áreas agrícolas, como mostrado na Figura 44.

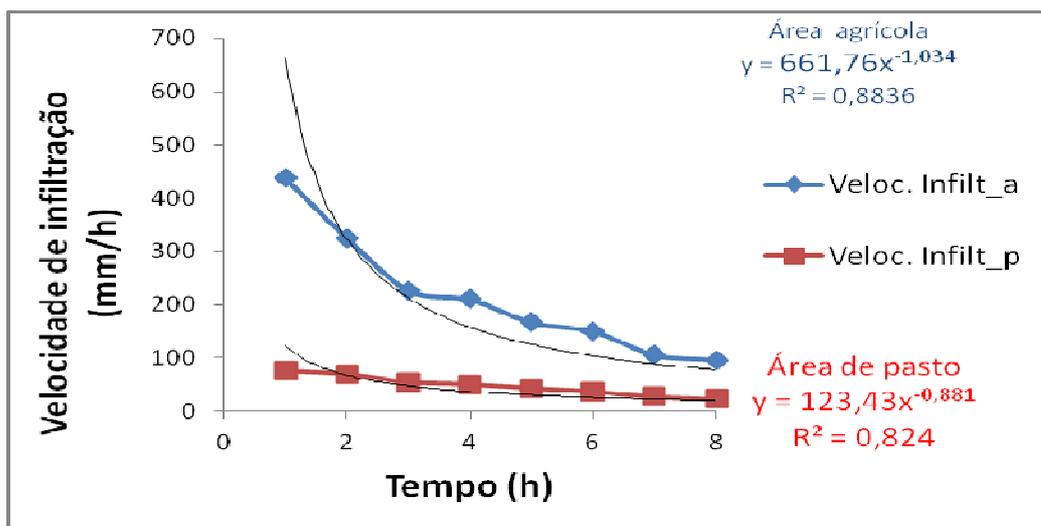


Figura 44 - Valores de velocidade de infiltração – para a AA5 (129 e 130), usos agrícola e pastagem, bacia do rio Serra Branca - PB.

A despeito dos dados acima observados, se podem constatar diferentes comportamentos de infiltração para solos de mesma classe e parâmetros similares. A justificativa para tamanha discrepância pode ter relações com locais de maior concentração de animais, mormente junto a locais que servem de bebedouro ou mesmo ocorrência de salinidade no solo. Estes aspectos servem de atrativo, sobretudo para o bovino que faz destes locais, malhadas (pousadas). Se a justificativa atende ao caso em análise, talvez não haja maior relevância, por se tratar de um fato pontual e, portanto, restrito a uma área específica.

Na Tabela 33, mostra um resumo dos dados referentes ao total dos experimentos de infiltração na UG3. Mais uma vez se verifica um equilíbrio expressivo entre os valores de infiltração, cimentando de vez a ideia de que, a partir dos dados coletados, não se pode eleger esta ou aquela atividade, como preponderante, sobre alterações na absorção de água no solo, no âmbito desta unidade.

Tabela 33 – Valores de VIB das áreas de amostragem da UG3

UG1	AA	1	2	3	4	5	Média
	VIB _A (mm/h)	35	55	110	156	157	102
VIB _P (mm/h)	55	24	99	109	36	64	

De modo geral, os resultados encontrados nos experimentos de infiltração se enquadram nos níveis encontrados por outros estudos, notadamente observando-se os diversos tipos de solos envolvidos.

Valores de infiltração por anéis concêntricos em Regossolo eutrófico, com propriedades físicas análogas foram encontrados por Silva et al. (1999) no Agreste pernambucano. Teixeira (2008), em estudo de caso da bacia do Rio Concórdia, analisando diferentes tipos de solos e multiusos, também encontrou resultados similares.

Assim sendo, os valores encontrados autorizam afirmar que há problemas de infiltração na unidade geoambiental - UG2 da bacia, em decorrência de fatores, tais como: uso excessivo por pastoreio, ausência ou baixos teores de matéria orgânica e carbono orgânico, entre outros. Na unidade geoambiental UG3, o problema diz respeito a má condutividade hidráulica, decorrente dos altos índices de compactação, sobretudo. Na Unidade Geoambiental três, há problemas com a estrutura textural e rebaixamento da cobertura vegetal, fato que se reflete nos níveis de componentes orgânicos no solo. Todavia, em virtude da similitude dos dados nas demais áreas amostradas, aonde há poucas diferenças entre os valores por uso, fica difícil determinar se uma atividade tem prevalência sobre as alterações nas propriedades do solo, afetando a passagem de água para o interior do perfil, aumentando o escoamento superficial e, conseqüentemente, a erosão.

Nesta unidade, as características do Luvisolo, são mostradas no perfil da Figura 45 e os dados de classificação na Tabela 34. Nota-se que os aspectos do solo só corroboram com o que já foi dito aqui, ou seja, favorece o aumento a suscetibilidade da área, independente da atividade exercida.

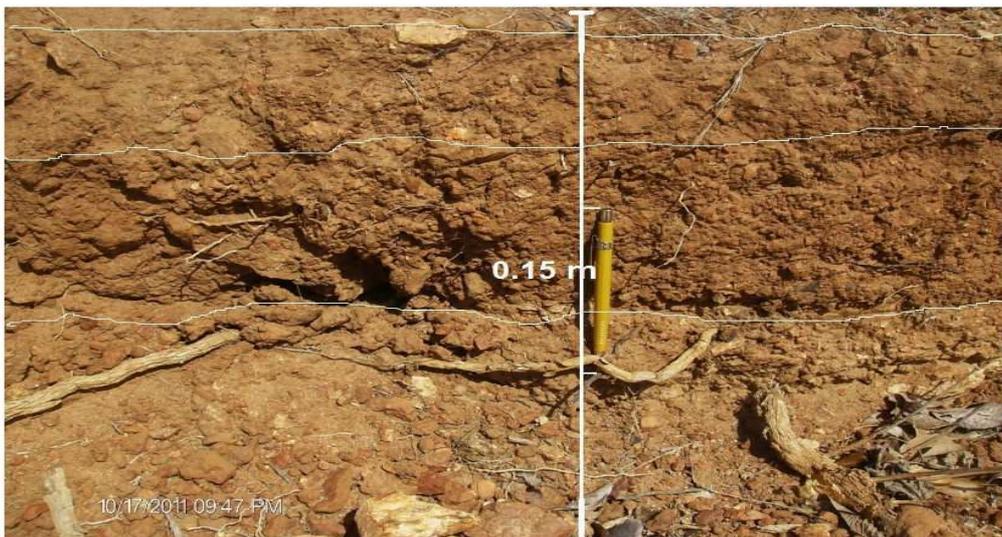


Figura 45 – Perfil da classe de solo Luvisolo crômico – UG, bacia do rio Serra Branca – PB

Tabela 34 – Classificação do perfil Luvissole UG1.

Nº do Perfil: 05 - Luvissole		Material de origem: rochas metamórficas gnaiss migmatizados e quartzo.		
Localização: -36.603683 -7.400900				
Relevo: moderadamente ondulado		Pedregosidade: presente, mais de 30% retido # 2,0.		
Declividade: 4 – 8%				
Erosão: Presente		Vegetação: Caatinga subarbórea rala		
Drenagem: Solo bem drenado				
Descrição morfológica do perfil		Uso do solo: Pasto		
Nome:	O	AB	B	C
Profundidade	0,05 m	0,15 m	0,35 m	0,65 m
Cor:	Amarelo (C10/M56/Y100/K10)	Amarelo C10/M59/Y100/K10	Amarelo escuro C7/M60/Y100/K15	Marrom C8/M60/Y100/15
Classe textural	Arenosa média	Arenosa grossa	Argilo-arenosa grossa	Arenosa grossa
Estrutura	Granular	Granular (cascalho)	Granular (cascalho)	Granular (cascalho)
Consistência	Não plástico/molhado	Não plástico/molhado	Não plástico/molhado	Não plástico/molhado
Transição	Gradual	Gradual	Gradual	Gradual

5.2 Perfil socioeconômico da população e suas relações com o uso e as práticas de conservação do solo

Entender o atual estágio dos processos de modelado deve levar em conta a evolução histórico-geomorfológica do relevo. Para se compreender o sentido das abordagens precedentes precisa-se admitir que a conformação atual decorre das relações processuais ao longo do tempo, considerando uma determinada situação topomorfológica e seus aspectos estruturais.

Estas características, além de oferecerem subsídios cronológicos à reconstituição da evolução do relevo, se constituem em importantes elementos das formações superficiais e das relações morfopedogênicas vigentes. Assim sendo, o estudo da fisiologia da paisagem reveste-se de grande importância por incorporar conhecimentos envolvendo fatos de interesses diversos e atuais e por inserir o homem nesta análise, adquirindo relevância enquanto temática de interesse geográfico (CASSETI, 2005).

A esta inserção dos aspectos antropogênicos é creditada a responsabilidade por alterações substanciais no seu estado natural, como o incremento de cultivos que

ocasionam desmatamento, modificações radicais nas relações processuais: da prevalência do escoamento superficial sobre a infiltração; do desenvolvimento da morfogênese em detrimento da pedogênese; das atividades erosivas em vez do uso racional; das perdas de recursos para adoção de medidas corretivas em detrimento de investimentos que poderiam ser destinados a prevenção danos ao meio.

Assim, quando o problema diz respeito a uma bacia hidrográfica, o efeito das ações antrópicas se torna muito mais relevante, dado a importância desta unidade para a gestão de recursos. Em geral, o manejo de bacias hidrográficas consiste em melhorar as condições da mesma, promovendo o correto manejo dos recursos naturais a partir do uso adequado do solo, da manutenção de cobertura vegetal adequada, do controle da poluição, da regulamentação do uso da água, e até mesmo da construção de obras hidráulicas necessárias, gerando assim, repercussões positivas.

No caso deste estudo, a bacia em questão apresenta área de 453, 77 Km², abrigando uma população estimada em 4.000 habitantes, distribuídos em 900 imóveis rurais, que importa em uma densidade demográfica de 4,45hab./km² (INCRA, 2012 – representação local).

A estrutura de distribuição da posse destas propriedades mostra que 75% delas se situam numa faixa entre 1 e 50 ha. No entanto ocupam menos de 35% da área total da bacia. Ao passo que as propriedades acima de 200 há representam 6.3%, mas ocupam uma área de 45% aproximadamente, ficando o restante para ser ocupado pelas as que medem entre 50 e 200 ha. Frente a tal distribuição, de pronto é possível constatar que um dos problemas existente na área diz respeito à posse da terra, segmentando duas classes de produtores rurais (ricos e pobres) bem definidas.

O levantamento dos dados dessa população consistiu da aplicação de um questionário fechado, no qual são inquiridas as seguintes Unidades Crítica de Deterioração: (i) social é composta pelas variáveis, demográfica, habitacional, alimentar, organizacional, salubridade e cumprimento das leis; (ii) Econômica – composta das variáveis, da produção, de animais de trabalho, de animais de produção, de comercialização e de créditos e rendimentos; (iii) Tecnológica –tecnológico e maquinário e verticalização da produção; (iv) socioeconômica; e (v) ambiental.

Foi aplicado um total de 290 questionários em nível de produtor rural, mas que cobre indiretamente cerca de 900 habitantes, uma vez que a média de pessoas por domicílio rural foi de três ocupantes por propriedade. Como critério de amostragem, escolheu-se o percentual de 20% dos produtores das diversas faixas de tamanho dos

imóveis, ficando assim distribuídos: aos pequenos proprietários, de até 50 ha, aplicou-se um total de 186 questionários. Aos médios proprietários, imóveis entre 50 e 200 ha, 95 questionários e, finalmente, aos grandes produtores um número de 9 questionário.

Para a operacionalização da pesquisa de campo, buscou-se o apoio da estrutura pré-existente dos Agentes Comunitários de Saúde (ACS) da Prefeitura Municipal de Serra Branca, para que se aplicassem questionários junto aos proprietários rurais, nos limites da bacia, correspondente ao município. Os dados correspondentes aos limites da bacia no município de São João do Cariri foram levantados pelo autor.

A justificativa para utilização da equipe de ACS refere-se à fidelidade das respostas, uma vez que este pessoal, lida diretamente com a população e construiu ao longo do tempo uma relação de confiança com ela, situação oposta ao que ocorre com o pesquisador, considerado um estranho.

Desta forma, buscou-se levantar o perfil socioeconômico e ambiental, bem como as práticas que possam se traduzir em degradação ambiental, no âmbito da propriedade e o período de aplicação ocorreu entre os meses de outubro de 2011 e janeiro de 2012.

Os resultados encontrados mostram que os níveis de deterioração das variáveis se encontram em estágio avançado. Os valores de 28% para demografia e de 16,7 para a salubridade humana revelam que há problemas, tanto na faixa etária da população, devido à idade avançada dos chefes de família, cujo montante acima de 66 anos é expressivo, no que concerne às condições de moradia, existe problemas, uma vez que foi relatado por muitos a falta de esgotamento sanitário e a potabilidade da água consumida.

Outro valor que chamou a atenção foi os 38,6% relativos a qualidade das moradias. Neste quesito, houve uma grande frequência de respostas, contemplando a precariedade das instalações, notadamente a falta de piso adequado, de janelas, de pé direito baixo, etc.

Sobre a alimentação da população, existe uma grande defasagem entre o que deve ser consumido e o que as pessoas têm acesso. As respostas fornecidas mostram alta ingestão de café, de carboidratos, açúcar e baixo consumo de frutas, verduras e tubérculos, contribuindo assim para o agravamento da qualidade nutricional desta população.

Todavia, o mais preocupante foram os índices que tratam da organização em associações de classe e a questão da observância da legislação trabalhista. No primeiro caso, os números mostram que mais de 55% dos produtores não participa de qualquer

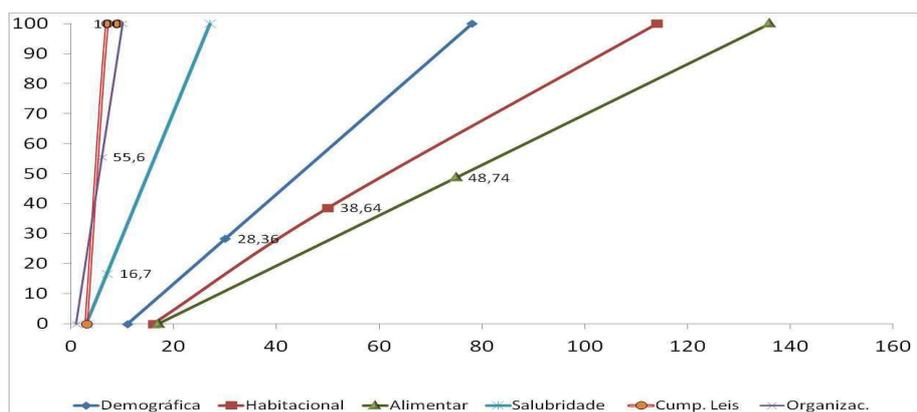
forma associativa. Ora, como se sabe nos dias atuais, para se fortalecer e conseguir benefícios uma classe ou entidade tem muito mais poder de barganha do que um indivíduo. Além disso, a um associado surge muito mais oportunidade de desenvolver-se, aprender novas técnicas e tantos outros benefícios. O pior é que este fato acaba por comprometer a qualidade de vida, a produção e os meios de produção, impactando o ambiente, com consequências futuras para o próprio indivíduo.

O caso da não observância das leis decorre do mesmo engano acima mencionado. O mais grave é que no futuro, o trabalhador sem carteira assinada não poderá usufruir dos benefícios previdenciários e acabará se tornando um problema para a mesma sociedade que lhe negou o contrato de trabalho. O quadro da Figura 46 fornece os parâmetros para a elaboração dos percentuais obtidos em cada Unidade de deterioração.

DIAGNOSTICOS	Soma dos Valores			Equação da reta			Deterioração encontrada Y (%) Diagnósticos diversos	
	Mínimo	Máximo	Valores encontrados na área de estudo - São João do Carri - PB	Valores de a	Valores de b			
DIAGNOSTICO DEMOGRAFICO	11	78	30	1,408	X	-16,901	=	42,61
DIAGNOSTICO HABITACIONAL	17	114	50	1,031	X	-17,526	=	38,64
DIAGNOSTICO ALIMENTAR	17	136	75	0,840	X	-14,286	=	48,74
DIAGNOSTICO ORGANIZACIONAL	1	10	6	11,111	X	-11,111	=	55,56
DIAGNOSTICO DE SALUBRIDADE	3	27	7	4,167	X	-12,500	=	16,67
DIAGNOSTICO DE CUMPRIMENTO AS LEIS	3	9	7	16,667	X	-50,000	=	100,00

Figura 46 – Parâmetros para elaboração dos percentuais de deterioração da unidade social na bacia do rio Serra Branca – PB

O problema gerado com este tipo de posicionamento não pode e nem deve ser creditado apenas a quem fornece mão de obra informal. É preciso lembrar que o custo social de um trabalhador é oneroso e, muitos produtores não o podem arcar. Entra aí a questão institucional para oferecer benefícios fiscais a quem contrata formalmente um empregado. No entanto, o Estado gasta vultosas somas com programas que não trazem nenhum benefício efetivo e duradouro à população e ainda dificulta a aquisição de mão de obra. É esse o contexto dos moradores da bacia, cujos dados se traduzem nos elevados valores percentuais de deterioração social mostrados no gráfico da Figura 47.



Figuras 47 – Percentuais de deterioração das variáveis da unidade de deterioração social, bacia do rio Serra Branca – PB.

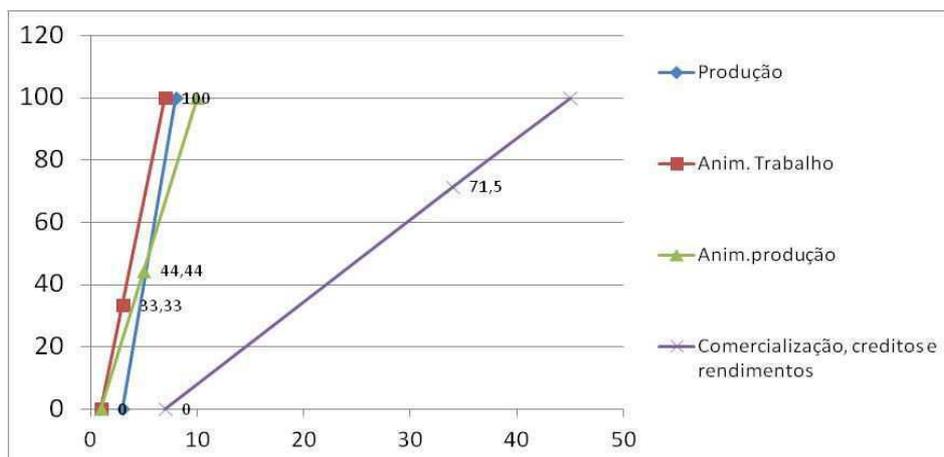
A unidade de deterioração a ser analisada em seguida foi a econômica. As variáveis que a compõem e os parâmetros para a determinação dos respectivos percentuais (quadro da Figura 48) são de extrema importância em uma área social e economicamente deficitária, aonde produzir e comercializar a produção sempre se constituiu em um desafio, em virtude de todos os aspectos que cercam o contexto da área.

DIAGNOSTICOS	Soma dos Valores			Equação da reta			Deterioração encontrada Y (%) Diagnósticos diversos	
	Mínimo	Máximo	Valores encontrados na área de estudo - São João do Cariri - PB	Valores de a	Valores de b			
DIAGNOSTICO DA PRODUÇÃO	3	10	8	20,000	X	-60,000	=	100,00
DIAGNOSTICO DE ANIMAIS DE TRABALHO	1	7	3	16,667	X	-16,667	=	33,33
DIAGNOSTICO DE ANIMAIS DE PRODUÇÃO	1	10	5	11,111	X	-11,111	=	44,44
DIAGNOSTICO DE COMERCIALIZAÇÃO, CRÉDITO E RENDIMENTOS	7	45	34	2,632	X	-18,421	=	71,05

Figura 48 – Parâmetros para elaboração dos percentuais de deterioração da unidade econômica na bacia do rio Serra Branca – PB

Os dados mostrados na Figura 48 revelam valores elevados nas diversas variáveis estudadas, atestando que o gargalo, no que diz respeito à produção rural, reside justamente na venda do produto, nem sempre ao comprador ideal ou a preço justo, conforme a grande frequência das respostas aqui levantadas.

Desta forma, mais da metade daqueles que produzem em seus sítios, comercializam sua produção junto a atravessadores, nunca pelo valor de mercado, mas pelo que os atravessadores se dispõem a pagar. Com isso, muitos veem o esforço de meses de labuta ser trocado por quantias irrisórias e em contrapartida, deixando ao comerciante altos lucros sem o mesmo ter despendido o menor esforço para obtê-los. Este fato é, pois, o mais significativo para justificar os percentuais do gráfico da Figura 49. Dessa questão, resulta o índice de 100% de deterioração.



Figuras 49 - Percentuais de deterioração das variáveis da unidade econômica, bacia do rio Serra Branca – PB.

Este índice, cem por cento, remete ao percentual de organizacional, anteriormente analisado, evidenciando o enfraquecimento dos produtores pela ausência de cooperativas ou outra forma associativa que zele pelos interesses da classe.

No que diz respeito à posse de animais para o trabalho, outra variável analisada, o valor de 33,3% retrata a dificuldade financeira enfrentada por muitos dos pequenos produtores, mostrando que a mecanização vivida pelo agronegócio ainda é, ao menos para muitos produtores uma realidade ainda distante.

Ainda sobre esta questão, as mudanças tecnológicas ocorridas durante as últimas duas décadas, promoveu a troca de transporte e até mesmo de hábito da população rural, que substituiu o meio de transporte, antes realizados através de animais – burro e cavalo –, aproveitados também no trato da terra, pela motocicleta, pouco útil à tarefa de produzir. Todavia, a despeito deste suposto avanço, no que concerne a produção os instrumentos utilizados ainda são os mesmos de séculos passados.

Sobre a criação de animais de produção, o valor encontrado (44,4%), evidencia a baixa produção neste setor, em virtude da instabilidade climática existente na área, onde muitas vezes se perde parcela significativa do rebanho por falta de condições de mantê-los alimentados e dessedentados. Contudo, é difícil encontrar qualquer núcleo familiar que não disponha de criação de galinhas, porcos e vacas ou cabras para o consumo interno da família. O excedente desse tipo de produção é considerado verdadeira poupança para os pequenos produtores, principalmente.

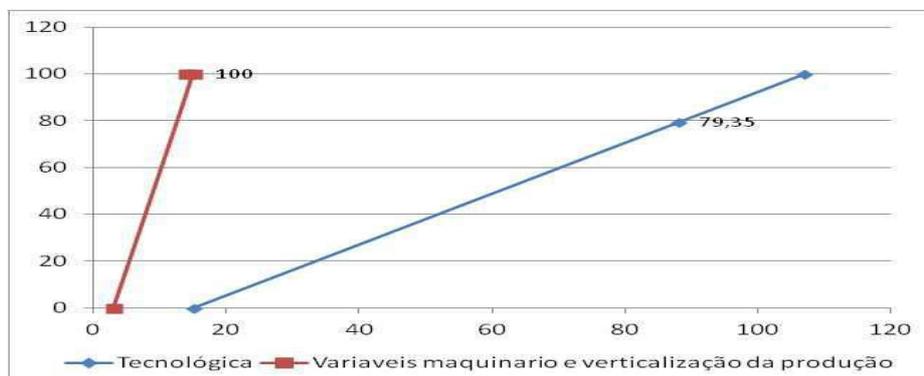
A unidade de deterioração tecnológica, cujos parâmetros são mostrados no quadro da Figura 50, também é reflexo das variáveis até aqui examinadas. Não é demais

lembrar que este contingente populacional é, segundo suas próprias respostas, em sua grande maioria, velhos, apenas alfabetizados ou analfabetos.

DIAGNOSTICOS	Soma dos Valores			Equação da reta		Deterioração encontrada Y (%) Diagnósticos diversos
	Mínimo	Máximo	Valores encontrados na área de estudo - São João do Cariri - Pb	Valores de a	Valores de b	
DIAGNOSTICO TECNOLÓGICO	15	108	88	1,087 .X	-16,304 =	79,35
DIAGNOSTICO MAQUINÁRIO E VERTICALIZAÇÃO DA PRODUÇÃO	3	14	15	9,091 .X	-27,273 =	100,00

Figura 50- Parâmetros para elaboração dos percentuais de deterioração da unidade tecnológica na bacia do rio Serra Branca - PB

A realidade é que mais de 50% não participa de qualquer forma associativa, estão descapitalizados e sem assistência técnica. O resultado só poderia ser um percentual de 100% de deterioração no que concerne a qualquer iniciativa de inovação. E mais, sem informação, sem estrutura logística, sem agregação de valor ao produto e, principalmente, sem mercado, o percentual de cerca de 80% de comprometimento da verticalização da produção se justifica, ver o gráfico da Figura 51.



Figuras 51 – Percentuais de deterioração das variáveis da unidade tecnológica, bacia do rio Serra Branca – PB.

Ainda de acordo a Figura 51, existe outro fator de destaque, que em muito contribui para o quadro de estagnação da tecnológica da área. Trata-se da estrutura agrária (citada anteriormente), que concentra grandes propriedades nas mãos de poucos, ao passo que muitos os que têm pouca terra e ainda necessitam dividir com seus familiares. Dessa partilha, resulta um contingente considerável de pessoas vivendo em minúsculos minifúndios, sem que a terra possa atender às necessidades de todos. Daí surgirem problemas de diversas ordens, dentre os quais se destacam a pobreza o êxodo e a exaustão dos recursos naturais da área.

Dessa forma, descapitalizado e sem assistência técnica e informacional, fica inacessível ao produtor rural modernizar seus meios de produção e, com isso, lograr melhores resultados, justificando, assim, os altos índices encontrados.

Como resultado desse processo tem-se uma série de desdobramento que vão desde o social até os aspectos político administrativo e ambiental. Como exemplo cita-se aqui as ações que inibem a produção e que se refletem na comercialização, contribuindo para a deterioração da atividade rural. O resultado das políticas públicas, do assistencialismo das Bolsas, que, se por um lado, diminuiu a pressão sobre a retirada da vegetação, por exemplo –, por outro, dificulta sensivelmente a oferta de mão de obra, fazendo com que muitos proprietários abandonem a zona rural, devido à falta de operários para realizar as tarefas diárias.

Ainda com relação a posse da terra e que merece uma reflexão é a distribuição. Note-se que mais de 70% deles medem menos de 50 ha, mas ocupam menos de 40% de toda a extensão da bacia. A densidade demográfica e o intenso uso acabam por esgotar o solo, fazendo com que se busquem mais terras para produzir. Ressalte-se que as roças deixadas para traz, ficam expostas aos processos erosivos, uma vez que esgotada, a mesma não é capaz de recompor a cobertura vegetal.

Em muitos casos, estas áreas de produção são espaços de conflito ambiental, pois no semiárido (isso é uma regra), as várzeas dos rios que legalmente é área de proteção permanente, tradicionalmente são utilizadas para produção.

Para resolver questões dessa magnitude, essa seria uma boa oportunidade, aproveitando-se o advento das discussões do novo Código Florestal Brasileiro. Poder-se-ia incluir um dispositivo que incentivasse a recomposição da mata ciliar nativa e o proprietário que assim a fizesse, seria recompensado financeiramente. Cabe lembrar que o governo federal despende infinitamente mais recursos financeiros com Seguro Safra, por conta das estiagens, do que gastaria para manter estas áreas florestadas, sem mencionar a quantidade de benefício trazidos, na preservação do solo, na quantidade e qualidade da água e outros. Todos estes aspectos somados fazem com que o índice de deterioração das variáveis socioeconômicas analisadas, atinja o percentual médio de 52,3%, (Figura 52), mostrando que mais da metade do potencial socioprodutivo no âmbito da bacia se encontra comprometido.

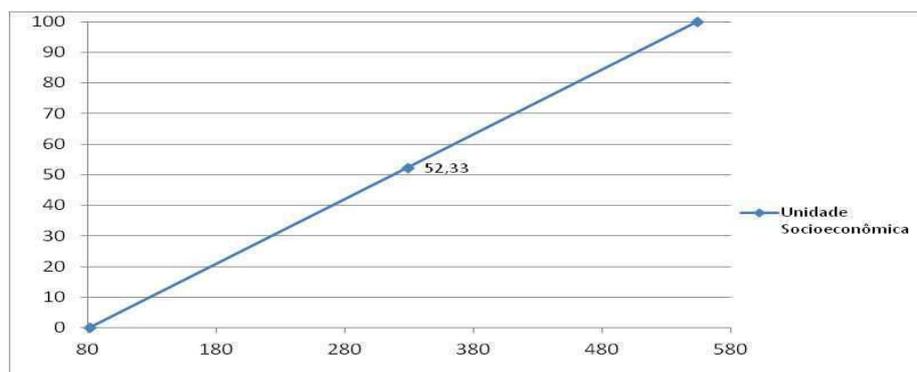


Figura 52 – Médias das porcentagens das unidades de deterioração: social, econômica e tecnológica, para a bacia do rio Serra Branca – PB.

Outro aspecto que se julga relevante, quando se trata da relação sociedade/natureza é o diagnóstico da unidade de deterioração ambiental, considerado por Rocha (1997), a radiografia das práticas realizadas em um dado espaço, através dos hábitos, costumes e ações, que tanto podem se traduzir em impactos positivos, como em repercussões negativas, desencadeando uma série de processos, cujos efeitos são imprevisíveis. Os dados relativos ao diagnóstico ambiental, realizado paralelamente ao socioeconômico, levantaram aspectos acerca dos elementos que poluem diretamente o meio ambiente, em nível de produtor rural, cujos parâmetros para determinação constam no quadro da Figura 53.

DIAGNOSTICOS	Soma dos Valores			Equação da reta			Deterioração encontrada
	Mínimo	Máximo	valores encontrados na área de estudo - São João do Cariri - PB	Valores de a	Valores de b		Y (%) Diagnósticos diversos
UNIDADE CRÍTICA DE DETERIORAÇÃO AMBIENTAL	30	90	36	1,786	-51,786	=	12,50

Figura 53 - Parâmetros para elaboração dos percentuais de deterioração da unidade econômica na bacia do rio Serra Branca - PB

O percentual de deterioração encontrado 12,5% (Figura 53) revela uma grata surpresa. Índice de deterioração neste nível está próximo do ideal, recomendada pela metodologia aplicada, que é da ordem de 10%. Diante do fato é inevitável não o relacionar com alarde que é feito ao atual estágio da degradação ambiental no Cariri paraibano, no que concerne a desertificação.

Os dados revelam que este percentual de deterioração está bem abaixo se comparados aos demais índices aqui estudados. No entanto, quando confrontados a outros estudos realizados em áreas limítrofes (PEREIRA, 2008; MELO et al., 2010; BARACHUY, 2001), encontra-se bem abaixo, demonstrado que do ponto de vista ambiental a bacia se acha em situação satisfatória.

A explicação para o baixo índice (gráfico da Figura 54) pode advir da ausência de indústrias, garimpos ou queimadas na área estudada. Por outro lado, também pode apontar para o fato de a metodologia utilizada não tenha contemplado elementos suficientes para avaliar a deterioração da bacia, embora tenha utilizado os mesmos critérios adotados pelos estudos ora mencionados.

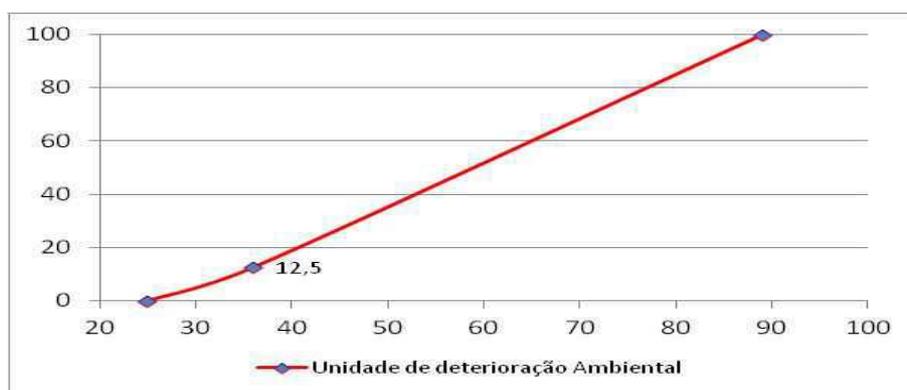


Figura 54 - Percentual de deterioração da variável da unidade ambiental, bacia do rio Serra Branca – PB.

Ainda sobre o percentual de degradação ambiental da bacia do rio Serra Branca, não obstante o mesmo está próximo ao aceitável (10%), algumas ações foram relatadas e que carecem de uma reflexão. Dentre estas ações poluentes, pode-se citar: descarte de esgoto livre ou a céu aberto; soro de leite e pocilgas sem controle técnico apropriado, usados largamente por muitas famílias. Estes fatos foram abordados quando da análise da insalubridade humana e é expressivo nas respostas do questionário ambiental. Por outro lado, apenas duas áreas produzem hortifrutigranjeiro por irrigação, fato que reduz a inserção de defensivos na bacia. Finalmente, a questão do contato de uma considerável parcela dos produtores com o *gás toxin* na aplicação para conservação do grão de feijão, pode ser considerada um fator preocupante, devido aos efeitos da substância no organismo humano em primeiro lugar e em segundo, seu posterior descarte no ambiente.

Em suma, a partir do exame das variáveis de cada segmento investigado pode-se afirmar que os problemas relativos à deterioração residem, principalmente, nas variáveis produção, observância das leis, questão tecnológica e verticalização da produção. Como se pode observar, elas estão inevitavelmente ligadas e interdependentes, de modo que o déficit de uma certamente se refletirá na outra. Os demais percentuais médios de cada unidade, assim como a ordem de prioridade são mostrados na Tabela 35.

Quanto à solução para a resolução desta problemática, ela pode ser institucional, enfrentada por meio de políticas públicas de eficácia comprovada e realizada com o conhecimento das especificidades locais. Não é rara a imposição de ações governamentais, tomadas em gabinetes sem o menor conhecimento dos aspectos endógenos, no âmbito do Semiárido Brasileiro, cujo histórico de insucessos é relativamente vasto, como se pode constatar na sequência deste trabalho.

Tabela 35 – Deterioração média das Unidades em nível de propriedade, para a bacia do rio Serra Branca.

Área de estudo	Deterioração média do meio ambiente			Ambiental
	Socioeconômica			
	Social	Econômica	Tecnológica	
Deterioração média	39,8%	62,3%	89,6%	12,5%
Prioridades	3	2	1	4
Deterioração média geral = 51%				

Observando-se os percentuais médios do diagnóstico socioeconômico encontrado, os mesmos apresentaram valores bem acima daquele aceitável, segundo o que dita a metodologia aplicada. Entretanto, se comparados a resultados encontrados (AZEVEDO et al., 2005) na bacia hidráulica do açude Epitácio Pessoa, o valor pode ser considerado baixo. No entanto, devem-se considerar as condições de espaço e de tempo no momento da aplicação da pesquisa. Também o universo pesquisado pode ter influência no resultado final.

5.4 Ações institucionais de fomento e aspectos ambientais da bacia em estudo.

O espaço aqui em estudo se insere no imenso território do Semiárido brasileiro e particulariza-se por ser castigado periodicamente por secas, as quais podem ocorrer sob a forma drástica de diminuição ou de concentração espacial e/ou temporal da precipitação pluviométrica anual. Em decorrência, a produção agrícola se perde, a pecuária é debilitada ou dizimada e as reservas de água de superfície se esgotam. Este fato está relacionado ao clima da área que exerce papel preponderante e é caracterizado por uma baixa e irregular pluviosidade concentrada nos primeiros três meses do ano.

Institucionalmente, este problema tem sido enfrentado desde a vigência do II Império brasileiro, embora de forma pouco ortodoxa, buscando as saídas mais

inusitadas possíveis. De comissões para entender a seca composta por artistas e intelectuais à criação de camelos. Tudo já foi pensado, menos o que realmente resolve o problema, sem que se precisem importar ideias baseadas em aspectos alheios a área de interesse (VILA, 2000).

No Século XX, no limiar do regime republicano, foram impulsionadas algumas políticas visando à atenuação do fenômeno, as quais consistiram na institucionalização da questão da seca, mediante a criação de órgãos de planejamento regional. A ideia era construir imensos reservatórios artificiais de água, embora as obras não entusiasmassem os oligarcas locais, temerosos da modernização da zona semiárida e da erradicação da miséria, que constituía seu principal capital político (POMPONET, 2009).

Dessa concentração de poder, autores ligados ao tema levantam algumas reflexões acerca da condução da política para fomentar o desenvolvimento da zona rural no Semiárido. Bezerra e Rodriguez (2000) apontam que todas as decisões partem de políticos/latifundiários, os quais sempre submeteram a maior parcela da população aos seus interesses, controlando o aparelho político-administrativo local.

Neste contexto, e, sobre uma estrutura carcomida pelo coronelismo, a União encontrou como saída a construção de grandes reservatório, mas circunscrito as grandes propriedades, sob o controle dos mandatários locais, ou seja, inacessível às populações. Ademais, faltou conhecimento acerca das condições de clima, sobretudo das elevadas taxas de evaporação que consome a lâmina d'água, frente à alta insolação à razão de 2m/ano (REBOUCAS, 2003).

Anos mais tarde, por ocasião da invenção da SUDENE, criou-se a falsa expectativa de se absorver a mão de obra desqualificada das áreas interioranas, atraindo para a periferia das grandes e médias cidades um contingente populacional, originário das áreas rurais, ávidos por trabalho e renda (ANDRADE, 1993).

No setor agrícola, propriamente dito, as diretrizes consistiam em medidas de reorganização do semiárido, mas tal pretensão deparou-se com diversos obstáculos. O principal deles foi o arquivamento das propostas de mudança na estrutura fundiária.

Nesse contexto, quem dispunha de terras para trabalhar se valia dela, fosse suficiente ou não. A irregularidade das precipitações deixava como opção uma cultura permanente, que não fosse totalmente dependente das quantidades das chuvas. Nesse caso o algodão se moldou à situação e era a principal fonte de renda monetária dos trabalhadores rurais do Semiárido. Mas essa realidade mudaria. Na ausência do produto, por conta da crise do Bicudo, os produtores eram obrigados a levar ao

mercado o pequeno excedente da agricultura alimentar tradicional de sequeiro (feijão, milho e mandioca), reduzindo drasticamente sua reserva alimentar (ARAÚJO, 1997).

Em relação à atividade pecuária, a participação da SUDENE foi ainda pior. A atividade recebeu os créditos para consolidar (ao invés de reformar) a velha estrutura fundiária, ou seja, os incentivos à pecuária fortaleceu tal atividade, em detrimento da agricultura familiar.

A hegemonia crescente da pecuária nos moldes em que foi realizada agravou a questão fundiária, além de provocar outros efeitos importantes, como a redução da produção de alimentos e a intensificação da emigração rural (ANDRADE, 1993).

Outros programas foram institucionalizados, em sua totalidade visando atenuar e contribuir para a convivência com as secas, melhorar a produtividade e, a reboque a resolução de problemas como; flagelo, fome, êxodo, entre outro.

Assim, a partir de 1968, foi realizado vasto estudo de possibilidade de irrigação do Nordeste Semiárido, a fim de aproveitar o potencial hídrico. Em 1970, ano de intensa seca, criou-se o Programa de Integração Nacional (PIN), que visava em caráter de urgência, executar programas de irrigação. Depois, na mesma década veio o Programa de Redistribuição de Terras e o Programa Plurianual de Irrigação. A ideia era complementar as ações realizadas durante a fase hídrica, aproveitando a água acumulada para a agricultura irrigada (KHAN et al., 2005).

Ainda na década de 1970, veio o Primeiro Plano Nacional de Desenvolvimento (I PND), o PIN e seus objetivos específicos foram incorporados, mas a ênfase dada é para a desapropriação de terras e concessão de créditos fundiários de longo prazo para compra de terras.

Em 1974, abandonou-se a estratégia anterior e criou-se o Programa de Desenvolvimento de Áreas Integradas do Nordeste (Polonordeste) e o Projeto Sertanejo. Tentou-se assim, dá início a outro ciclo: o do desenvolvimento rural integrado (KHAN et al., 2005).

O governo federal buscou também soluções para a problemática da cobertura vegetal, através do primeiro plano de reflorestamento com algaroba (*Prosopis juliflora* [DC]), realizado no final dos anos sessenta, cujos impactos, social e ambiental são merecedores de profunda análise. Este projeto fez parte da política de modernização realizada no Semiárido, causando prejuízos tão sérios, que podem ser considerados casos de improbidade.

O mesmo projeto foi reeditado em meados da década de 1980, utilizando

recursos do FINSOCIAL e do BNDES, e teve a coordenação da Secretaria Nacional de Produção Agropecuária (SNAP), do Ministério da Agricultura, com a participação das Secretarias de Agricultura dos Estados do Nordeste (BACHA, 1992).

O resultado dessa tentativa de melhorar as condições socioambientais na área se revela hoje em um problema de grande espectro, onde a espécie se desenvolve sem qualquer controle, em ritmo espantoso, prejudicando diversos aspectos, tanto nas atividades produtivas, quanto na diversidade biológica da Caatinga, aumentando assim, as vulnerabilidades da região semiárida (ANDRADE et al., 2006).

O problema da invasão da algaroba já está tão disseminado entre os produtores locais que na pesquisa de campo aqui realizada, foi perguntado se a espécie era solução ou problema, em sua propriedade. O resultado é que, dos 290 produtores a resposta foi unânime. Solução! Diante da desinformação, os proprietários veem na espécie uma fonte de renda, ao final de cada ano ou a cada dois anos, complementando a renda com a venda da madeira do corte. Além disso, a forragem propiciada pelas vargens complementa a dieta dos animais, devido à escassez de ração em épocas secas.

No entanto, estudos têm comprovado que a espécie coloniza os ambientes aonde se faz presente e reduz drasticamente a diversidade biológica ao seu redor, fato que não parece preocupar a população envolvida, notadamente em função da falta de informação. A área recoberta com algaroba, na pior das estimativas já atinge aproximadamente quinze por cento, com um agravante: antes essa cobertura dizia respeito apenas, as áreas marginais aos rios, hoje está disseminada em toda parte, como mostra a Figura 55.



Figura 55 – Expansão da Algarobeira na bacia do rio Serra Branca – PB. Localização: -36.695583 -7.472183

O Estado utilizou-se de outras sistemáticas para assistir as populações da zona semiárida e, por conseguinte da área de estudo. Trata-se, em primeiro lugar, das frentes de emergência, que embora improdutivas perduraram por muito tempo. Em seguida foi substituída pelas aposentadorias rurais, que podem ser consideradas a única fonte de renda para uma faixa considerável da população rural.

Mais recentemente, a partir do final da década de 1990, foi posta em prática uma nova modalidade de assistencialismo, sem prejuízo do benefício anterior, baseada no incentivo a população em manter seus filhos em idade escolar com frequência regular em sala de aula. Em contrapartida recebem uma bolsa, mensalmente que, embora não tenha sido exclusiva para amparar as vítimas das secas tem aliviado a pressão sobre o meio ambiente nas zonas de ocorrência da estiagem. Pode parecer inusitado, mas esta renda desobriga os mais carentes a buscarem no extrativismo vegetal (extração predatória da madeira para lenha e carvão), uma fonte de renda alternativa, com reflexo direto na preservação dos recursos vegetais (PEREIRA et al., 2010).

Como se pode avaliar, a despeito da gama de ações empreendidas pelo Estado brasileiro, visando resolver as questões do semiárido, a meta de convivência com as secas ainda não foi atingida, basta ver o que ocorre na atualidade, em plena vigência do fenômeno. E isso se deve a uma razão muito simples: a generalização. Como se sabe a zona semiárida do Brasil tem mais de 900mil km² e concentra uma grande diversidade de ambientes. Cada um deles com suas especificidades, seja climática, seja edáfica, econômica, etc. Logo, um programa de melhoria destinado à região de IRECÊ-BA, por exemplo, talvez não sirva para ser aplicado nos Cariris da Paraíba, devido as diferentes características fisiográficas entre as localidades, mesmo estando as duas no semiárido.

Por tais razões, as instituições e os programas criados para fomentar as políticas de melhorias para a área precisam conhecer a fundo cada aspecto aonde a ação será implantada, sob pena de lograrem resultados pífios, como ocorre rotineiramente.

Outro aspecto que a ser enfatizado é a participação das instituições, na execução destas políticas, as quais nunca atuam de forma articulada, além da falta conhecimento dos aspectos peculiares de cada local, que permeiam a maioria das ações.

Como exemplo pode ser citado aqui o posicionamento das empresas de extensão rural, em particular as do estado da Paraíba. Na área de efetivação deste estudo, não há um só sinal da presença destes órgãos. E não é por falta de problemas a resolver. Nos questionários aplicados por este estudo, existe quase um clamor por orientação técnica, por parte dos produtores, em face dos problemas existentes. Pode-se constatar, através

das análises de solo, que existe uma carência enorme de macronutrientes e de matéria orgânica nas áreas de produção e que carecem de adubação e incorporação de restos de cultura para melhorar os níveis destes elementos no solo. Quando perguntados por que não tomam providência. A resposta foi sempre a mesma: falta orientação técnica.

Outra questão de extrema gravidade é o plantio morro abaixo, que desperdiça volumes consideráveis de solos anualmente e que poderia ser equacionado com medidas educativas, mas por falta de orientação em nível de produtor, continua sem resolução, pois nenhum deles se dispõe a fazê-lo. Os exemplos mencionados dão uma ideia de como o Estado se preocupa com as questões ambientais, apesar do discurso preservacionista.

Também merece destaque o desempenho do Instituto Nacional do Semiárido – INSA. Não há um só proprietário de terras no âmbito da bacia que conheça alguma ação do citado órgão na área, com exceção do projeto Água Doce, na localidade limítrofe, Uruçú, município de São João do Cariri – PB.

Para uma área carente por recursos e ações de desenvolvimento, a participação do INSA está muito aquém. E a lista de ausência é muito maior. Sabe-se que a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, mantém um centro voltado para as pesquisas com o Semiárido, em Sobral – CE e outro para estudo de solos no estado de Pernambuco. A questão é: os estudos destes dois centros tem prestigiado a diversidade de ambientes do Semiárido ou apenas se resumem às áreas onde estão sediadas? Na área da bacia do Serra Branca inexistente a sua presença.

Seguramente, nem os dois centros da EMBRAPA mencionados e nem o INSA, atuam de forma articulada visando equacionar os problemas dessa região Semiárida.

Ainda sobre o desempenho da citada empresa, no diz respeito ao centro de pesquisa do algodão, o caso é mais grave. Como é do conhecimento geral, este centro está instalado em Campina Grande, cidade diretamente beneficiada com a saúde ambiental da bacia em análise, haja vista a mesma ser parte integrante da sub-bacia do Taperoá e, por conseguinte do Rio Paraíba, provedor do açude Epitácio Pessoa. Só por este aspecto já merecia ter mais atenção. No entanto, nem pela questão ambiental nem econômica, existe qualquer projeto relacionado ao segmento pesquisado pela citada empresa no Cariri da Paraíba, muito menos na Bacia do rio Serra Branca. Este fato é de certa forma inexplicável, pois esta área sempre foi produtora destacada de algodão e, desde o evento do bicudo (*Anthonomus grandis*), se encontra estagnada. São grandes extensões abandonadas que poderiam ser aproveitadas com as variedades resistentes as

pragas, desenvolvidas pela EMBRAPA, financiadas com recursos públicos e que serviria para aquecer a economia, não apenas da localidade, mas também de toda a região e do Estado.

Outro fato proeminente é a contaminação da palma forrageira, pela cochonilha carmim (*Dactylopius sp.*), que dizimou a plantação em toda a área e, não há por parte de nenhuma destas instituições, o esboço de qualquer reação para conter o problema. E justamente no meio de um período de forte estiagem, onde a palma se transforma na salvação dos rebanhos.

A partir dos fatos elencados depreende-se que a falta de articulação entre os órgãos que tem como atribuição, desenvolver ações para minorar os problemas enfrentados pelas comunidades do Semiárido, constitui-se no maior entrave desta questão. E este parece ser um momento ímpar para a unificação das ações, para a área em estudo. Ressalte-se a implantação do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido – CDSA, da Universidade Federal de Campina Grande, que pode servir de centro difusor das políticas com tal finalidade.

Por tais razões, se torna premente a necessidade de o Estado unificar o discurso e redirecionar as políticas públicas de modo a acionar suas instituições de forma articulada, a fim de atender as necessidades e demandas de cada recorte geográfico que compõe o Semiárido. Cabe lembrar que a generalização da grande maioria dos projetos até então efetivados não surtiram o efeito esperado. Não seria a especificação a saída?

Dessa forma, a união de esforços dos órgãos supracitados, com foco no desenvolvimento do Semiárido proporcionará o conhecimento das aptidões e limitações de cada unidade, seja ela administrativa ou natural. Para tanto, hoje se pode contar com inúmeras ferramentas de análise ambiental, por meio das quais se podem realizar estudos integrados de todos os fatores que compõem o espaço a ser estudado, comparando situações multitemporais na mesma escala de abordagem.

O uso de geoprocessamento, por exemplo, possibilita todos estes benefícios, pois é capaz de fornecer um exame integrado: do solo, da vegetação, da hidrologia; permitindo o monitoramento, o manejo e o uso adequado dos recursos disponíveis e encontra-se ao alcance das instituições e dos profissionais interessados em um estudo sistêmico em qualquer escala, que dá suporte à tomada de decisões.

6 Análise integrada dos fatores morfopedogenéticos da área da bacia do rio Serra Branca – PB

Com o decorrer do tempo, a área da bacia do rio Serra Branca tem sentido o efeito da exploração predatória e má utilização do solo, sobretudo em decorrência das práticas inadequadas e à falta de planejamento do uso da terra, acarretando a degradação do solo e o assoreamento dos rios e reservatórios existentes em sua área de influência.

Esta deterioração ocorre com maior intensidade no solo, que vem crescendo intensamente e tem atingido níveis preocupantes. Prova disso é o assoreamento observado nos cursos e corpos d'água da área em estudo. Em função disso, têm-se testemunhado grande prejuízo ao equilíbrio do meio físico, riscos de enchentes, escassez de água para irrigação e abastecimento, redução da produtividade agrícola, diminuição da renda líquida e, conseqüentemente, empobrecimento do meio rural com reflexos na economia local.

Diante do desafio para se analisar a unidade espacial é imprescindível conhecer sua gênese, constituição física do substrato, estágio de evolução, configuração do relevo e clima, assim como o tipo da cobertura vegetal existente. As informações pertinentes são fornecidas pela Geologia, Geomorfologia, Pedologia climatologia e Fitogeografia e precisam ser analisadas de forma integrada para que se tenha uma radiografia fiel do comportamento de cada unidade frente à função de sua ocupação.

A análise destas características permite apontar o uso racional e adequado de um determinado espaço geográfico, determinam-se áreas com maior ou menor propensão a processos erosivos, monitoramento de áreas agrícolas, aspectos da vegetação e áreas de pastagens, para que o uso do solo obedeça às características naturais da bacia, e o planejamento considere o desenvolvimento sustentado. Neste caso, a análise morfodinâmica da bacia foi realizada, tendo como base os princípios da Ecodinâmica (TRICART, 1977), que estabelece diferentes categorias morfodinâmicas, resultantes dos processos de morfogênese ou pedogênese.

De acordo com estes parâmetros, quando há o predomínio da morfogênese prevalecem os processos erosivos, modificadores das formas de relevo, e quando predomina a pedogênese prevalecem os processos formadores de solos.

A ferramenta usada para a construção da análise integrada do ambiente foi o geoprocessamento, através de imagens orbitais obtidas por sensor remoto e dados preexistentes em mapas digitais, a fim de permitir o processamento no SIG. As técnicas e recursos oferecidos pelos softwares SIG, são fundamentais para a manutenção de registros do uso da terra ao longo do tempo. Já as imagens por sensor remoto são muito importantes e úteis, pois permitem avaliar as mudanças ocorridas na paisagem de uma

determinada área em um dado período, registrando a sua dinâmica em cada ocasião, através de diferentes fatores analisados.

6.1 Fatores da estrutura geológica da área da bacia do Rio Serra Branca (G)

Um breve resumo da Geologia da área da bacia pode ser mostrado assim: há cerca de 1,0 Ga, o foco da extensão colisional deslocou-se para a área a sul do Lineamento Patos, dando origem a bacias vulcano-sedimentares continentais ou a arcos magmáticos Cariris Velhos, presentes, sobretudo, na Faixa Piancó-Alto Brígida (FPB) e no TAP (Terreno Alto Piranha). Há indícios de abertura e de subducção oceânicas durante este ciclo, mas o principal registro tectônico dessa época é o evento colisional entre 1,1 e 0,95 Ga, provavelmente envolvendo diversas miniplacas. Este evento está particularmente bem caracterizado no TAP, que é também chamado de Faixa Cariri Velho (DANTAS E CAULA, 1982).

A área encontra-se bem representada por uma considerável amostragem, caracterizada por gnaisse, gnaisse migmatitos, magmatitos homogêneos, magmatitos heterogêneos e granitoides, quartzitos e rochas cataclásticas, que constituem seus tipos litológicos mais comuns, sendo produto de diversos eventos metamórficos (RADAMBRASIL, 1983).

As rochas encontradas na área de estudo e que dão suporte ao substrato geológico constituem-se em aglomerados de minerais de dureza considerável e, portanto estável do ponto de vista do grau de coesão e do desgaste a meteorização.

Por grau de coesão das rochas entende-se a intensidade da ligação entre os minerais ou partículas que as constituem. Este parâmetro é a informação básica da Geologia a ser integrada a partir do princípio da Ecodinâmica, pois é por meio dele que se determina a predominância das modificações do relevo ou o processo de formação do solo.

Dessa maneira, foi elaborado com base em dados preexistentes, contidos nos mapas do (RADAMBRASIL, 1983 e DANTAS e CAULA, 1982) o mapa temático da distribuição da estrutura geológica onde se assenta a bacia do rio Serra Branca, conforme a Figura 56.

Observando-se a conformação da estrutura da área é possível notar que a bacia se encontra fixada em um terreno sólido, que compreende noventa por cento (90%) aproximadamente de toda sua extensão. Só se registra uma mudança na parte nordeste,

em duas pequenas faixas diagonais próximas à embocadura, junção com o rio Taperoá. Nesta área se encontram os depósitos aluvionares mais proeminentes de toda a unidade, motivo pelo qual foi avaliado como um terreno relativamente instável.

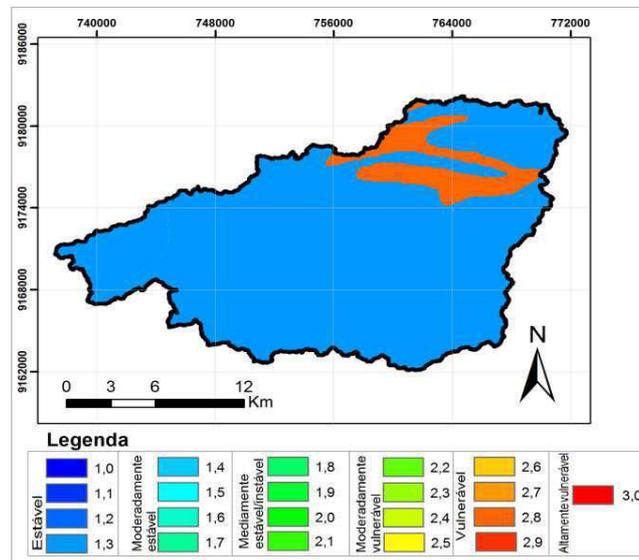


Figura 56 – Mapa da estrutura geológica da bacia do rio Serra Branca – PB.

6.2 Fatores geomorfológicos da área da bacia do rio Serra Branca (Ge)

Os aspectos geomorfológicos, em uma dada área, pela importância que tem, determinam a distribuição de massa e energia, permitindo no meio físico, diferentes processos de formação do solo, sejam superfícies de erosão/denudação, seja de deposição ou um misto dos dois processos. Esta é a razão da existência da relação entre diferentes tipos de solo e o local onde se localizam na paisagem, caracterizando tipos de processos comumente denominados de toposequências.

De acordo com o posicionamento do relevo aonde o solo se desenvolve, resultam aspectos que predominam sobre este. Destas condições ocorre a preponderância de maior ou menor estágio de acumulação, de transporte ou, até mesmo de umidade, pois dependendo da inclinação do relevo permanecerá mais ou menos exposto a incidência da energia eletromagnética da luz solar.

A radiação solar incidente pode ser classificada como direta, difusa e radiação global. Esta última pode ser medida para intervalo de um dia, um mês ou um ano. Quando quantificada por meio de sensor remoto, cada célula apresenta valor em MWatt hora, por metro quadrado, ano (MW/h/m²/ano). Por este método as quantidades de radiação nessa unidade apresentam valores altos para serem interpretados numa visualização rápida.

Assim, sugere-se que no decorrer do processamento deve-se realizar a divisão dos valores por 10^6 , através da seguinte equação:

$$\text{"rad_solar_mw} = [\text{rad_solar_rd}] / 1000000\text{"} \quad \text{eq. (9)}$$

A configuração dos parâmetros do relevo da bacia hidrográfica do rio Serra Branca, expostos a radiação solar anual é mostrada na Figura 57 e torna claro que existe muito mais área que recebem maior taxa de insolação, em virtude da grande extensão de cotas topográficas planas. Este aspecto é decisivo para as condições ambientais em microescala, pois rege a conservação dos recursos naturais, principalmente água, vegetação, solo, além de exercer papel decisivo no balanço de radiação.

Sobre a relevância do conhecimento deste assunto, Guerra e Botelho (1996) afirmam que fatores como a inclinação de rampa, comprimento e orientação das encostas e níveis de cotas topográficas são as características geomorfológicas que mais influenciam a formação do perfil de um solo. Em decorrência, solos originados em áreas planas, são mais profundos e tendem a ser mais resistentes aos processos erosivos. Por outro lado, em áreas de relevo com inclinação acentuada, a erosão se manifesta de forma mais intensa, principalmente se o solo apresenta deficiência em determinadas propriedades, a exemplo da coesão.

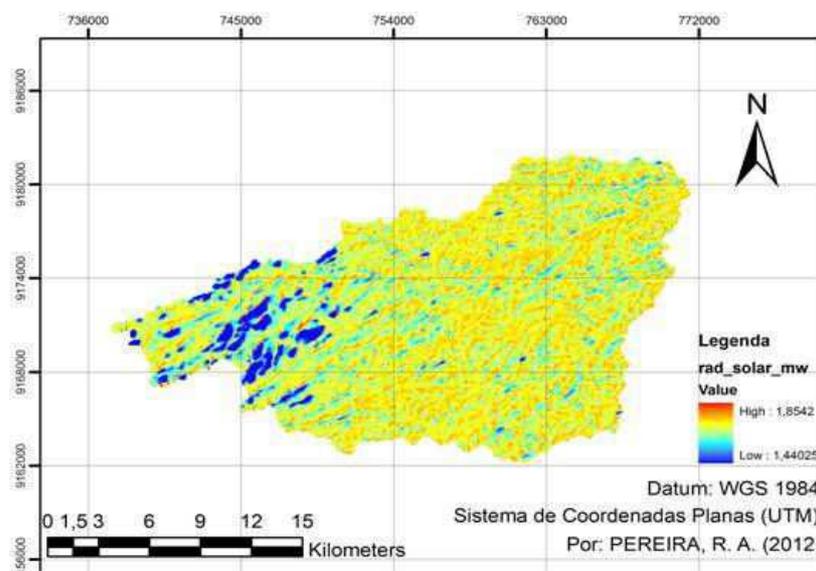


Figura 57 – Mapa de radiação solar global anual ($W/m^2/h/ano$) para a área da Bacia do rio Serra Branca – PB

Sobre a maior quantidade de energia incidente em sessenta por cento da bacia, aproximadamente, isso representa um fator a adicionar às condições pouco propícias à

formação dos solos, em virtude da ausência de umidade, além de contribuir sensivelmente para as altas taxas de evaporação registradas da área. E não é só isso. A área de ocorrências de maior declividade tem apresentado condições propensas à erosão, devido ao tipo de vegetação, sobretudo de porte arbustivo e esparso.

Em virtude do quadro descrito, acredita-se que perdas anuais do solo superficial estão associadas à diminuição dos teores de matéria orgânica e ao empobrecimento do banco de sementes, o que acaba por tornar estas áreas muito mais susceptíveis à erosão.

Neste sentido, cresce a importância da análise morfométrica de uma bacia hidrográfica, a qual se torna uma respeitável ferramenta de diagnóstico para apontar a suscetibilidade à degradação em qualquer nível de abordagem (RODRIGUES, 2003).

Neste contexto, a Tabela 36 apresenta os parâmetros morfométricos que podem auxiliar em um melhor entendimento da bacia em apreço, uma vez que tais parâmetros têm forte ligação com os processos morfométricos e pedogenético de uma área.

Tabela 36 – Parâmetros morfométricos da bacia do rio Serra Branca – PB, sendo A área, P o perímetro, C = maior comprimento; L = maior largura; Cre = comprimento da rede de drenagem; D = declividade; Dd = densidade de drenagem; H = amplitude altimétrica; Ff = fator de forma; Cr = coeficiente de rugosidade.

A (Km ²)	P (Km)	C (Km)	L (Km)	Cre (Km)	D (%)	Dd Km/Km ²	H (m)	Ff	Cr
453,777	1019,671	36,238	22,129	229,66	1,71	0,55	393	0,32	9,40

A Tabela 36 apresenta a determinação da área, do perímetro, maior comprimento, maior largura e o comprimento da rede de drenagem. Apresenta também, a declividade média da bacia que, de acordo com o valor apresentado foi classificada como baixa. A variável declividade tem uma relação relevante com os parâmetros hidrológicos, refletindo-se na: regulação do tempo do escoamento superficial, na infiltração da água, na umidade do solo e concentração das águas pluviais.

O valor do fator de forma (0.32) considerado médio indica que a bacia, morfologicamente, demonstra poucas chances de inundações, mas elevada probabilidade de assoreamento de canais (HORTON, 1945). O coeficiente de rugosidade, de 9.40, representa o produto da densidade de drenagem pela declividade média, sendo que quanto menor, melhor a conservação da microbacia (ROCHA, 1997).

Assim sendo, todas estas características morfológicas da bacia hidrográfica, altitude e declividades, mostradas na Figura 58 são os reflexos de fatores internos (estrutura geológica e tipos de solos) e externos (clima, vegetação e uso), que

caracterizam cada feição, os quais desempenham papel de destaque para o diagnóstico sobre a suscetibilidade da degradação ambiental.

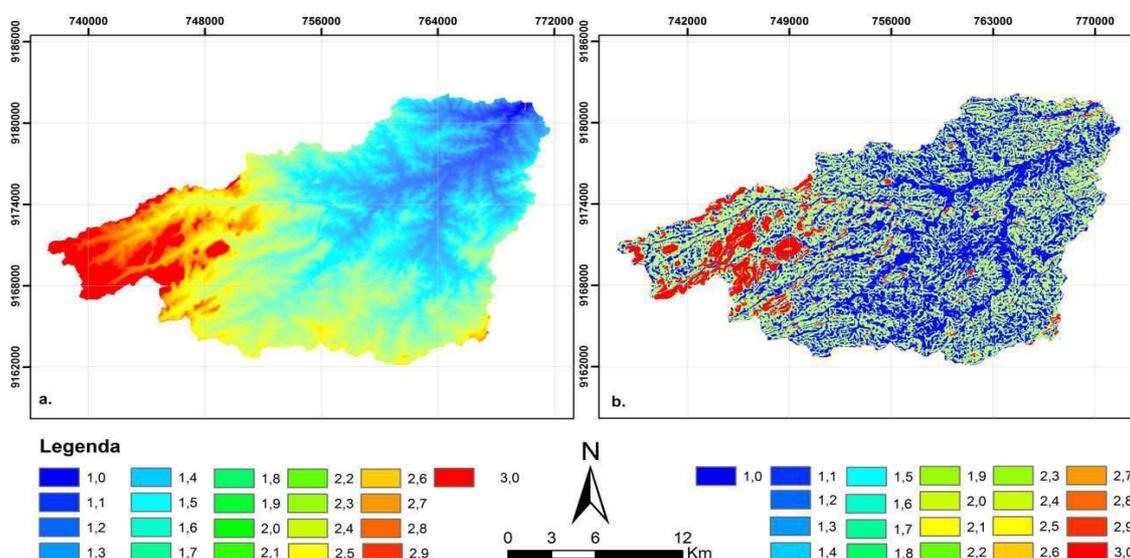


Figura 58 – (a) Valores ponderados de propensão a perda de solos, derivados do modelo de elevação e (b) mapa de declividade da bacia do rio Serra Branca, ambos com base na imagem SRTM (2000).

Analisando os dados dos mapas acima se observa na Figura 58a uma configuração bastante individualizada das unidades da bacia, aspecto que em muito favoreceu a proposta metodológica de divisão em unidades geoambientais, de vez que há uma segmentação nítida entre a compartimentação de cotas mais elevadas, representadas pelas cores mais quentes, uma faixa intermediária e, seguido o fluxo da drenagem, cores frias, representando as cotas topográficas mais baixas (Figura 58b).

Note-se que a bacia mostra similitudes nas feições dos dois mapas e apresenta como destaque a grande quantidade de área com declives suaves a moderadamente ondulado, além de grandes extensões de áreas planas, ou com declividade entre 2 e 4%.

Cabe ressaltar que a legenda contida nos mapas supracitados não mostra valores correspondentes às grandezas analisadas, mas representa as cores com os níveis de propensão descritos na metodologia. Desta forma, cada cor na legenda, denuncia um ambiente estável (azul) ou instável (vermelha), em relação aos níveis de propensão aos processos erosivos. Um exemplo é a situação da UG1, localizada na porção oeste e noroeste da bacia, onde impera a maior incidência de encostas íngremes, mostrando que o relevo ali, se faz fortemente movimentado e, portanto, muito mais propenso aos movimentos de massas de solo.

6.3 Fatores climatológicos da área da bacia do rio Serra Branca (C)

O clima de uma dada área é o fator que controla o intemperismo das rochas diretamente, através da precipitação pluviométrica e da temperatura, mas também indiretamente por meio dos tipos de vegetação que recobrem a paisagem. Assim, agindo inicialmente sobre as rochas provocando o intemperismo, e mais tarde sobre o solo removendo-o pela erosão hídrica a água da chuva tem papel preponderante neste processo. O impacto direto das gotas sobre o solo e o escoamento superficial do excesso de água da chuva são os agentes ativos da erosão hídrica e o solo é o agente passivo.

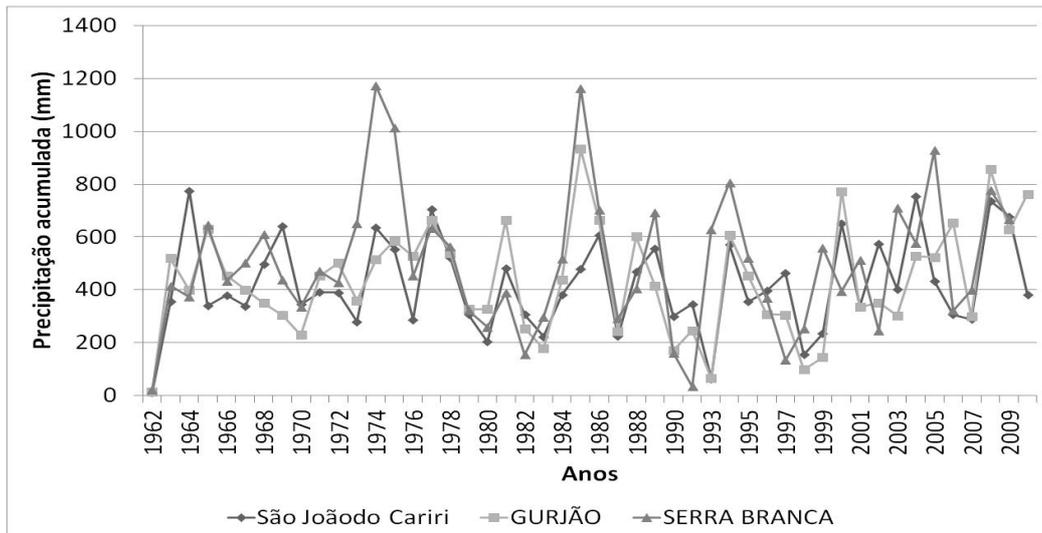
Assim sendo, a erosão torna-se o produto final da interação precipitação/solo é, portanto, uma resultante do poder da energia potencial da água em causar erosão e da capacidade do solo em resistir. O poder da chuva em causar erosão é chamado erosividade e é função das características físicas da chuva. Já a capacidade de resistência do solo à erosão, denomina-se erodibilidade e depende das propriedades físicas e químicas já mencionadas.

A intensidade pluviométrica dita a erosividade das chuvas que, ao encontrar o solo mais exposto na época seca, devido à ausência de vegetação é capaz de erodir de forma intensa desagregando as partículas, as quais são transportadas pelas enxurradas, concretizando a perda de solo, por erosão laminar.

Os principais predicados físicos das chuvas ligados aos processos erosivos são: a quantidade, a intensidade e a distribuição temporal. Contudo a maior importância é destinada a intensidade, pois se observa que uma elevada pluviosidade anual, se bem distribuída no decorrer de longo período tem um poder erosivo muito menor do que uma precipitação anual mais reduzida em um curto período determinado do ano, situação responsável pela extensiva denudação das regiões semiáridas.

O valor da intensidade pluviométrica para uma determinada área pode ser obtido dividindo-se o valor da pluviosidade média anual (em mm) pela duração do período chuvoso (em meses), com dados coletados em estações pluviométricas. Estes dados são lançados em um software gerenciador de banco de dados e, através da álgebra de mapas são espacializados, fornecendo a intensidade pluviométrica para cada localidade.

As médias pluviométricas da área da bacia do rio Serra Branca foram derivadas do mapa da Superintendência do Meio Ambiente do Estado da Paraíba (SUDEMA, 2010), atualizados com dados de médias das estações de São João do Cariri, Gurjão e Cabaceiras, com uma série dados de 1962 a 2010, conforme a Figura 59.



Figuras 59 – Médias das precipitações anuais para a microrregião onde se localiza a bacia do rio Serra Branca – PB.

Os polígonos com as médias foram vetorizados, com auxílio do AutoCAD e transformados em shapefile, sendo posteriormente rasterizados no Arcgis, dando origem ao mapa com os valores de propensão à perda de solos correspondente a cada compartimento da bacia (Figura 60).

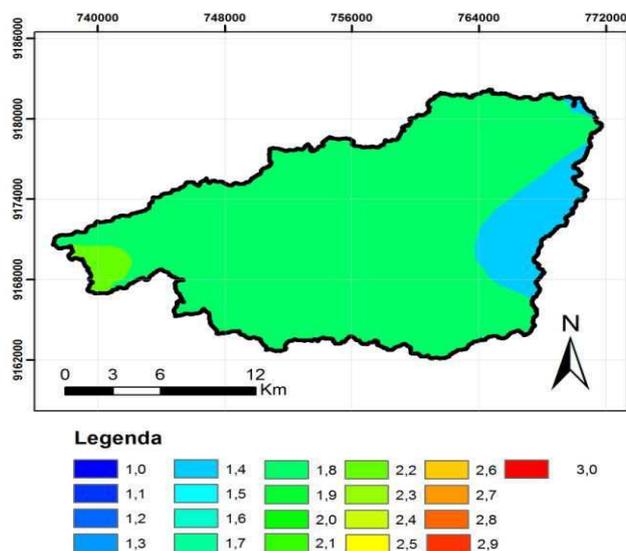


Figura 60 – Mapa dos valores de propensão à perda de solo representado por polígonos correspondente a intensidade pluviométrica, para cada setor da Bacia do rio Serra Branca. Fonte: mapa base adaptado da SUDEMA (2006).

Como se pode verificar no mapa da Figura 60 existem no âmbito da bacia três níveis de intensidade pluviométrica. As unidades geoambientais localizadas em áreas que apresentam menores índices pluviométricos anuais são avaliadas com valores mais próximos à estabilidade (1.0). É caso do leste e norte da bacia, representados na cor azul. Já os valores intermediários associam-se os valores de ao redor de 2.0,

representados pela cor próxima ao verde, encontrados no extremo oeste. Os valores absolutos de média anual de precipitação (MAP), duração do período chuvoso (DPC), intensidade pluviométrica (IP) e valores de estabilidade/propensão (E/P), que deram origem aos pesos ponderados do mapa acima são mostrados na Tabela 37.

Tabela 37 – Dados de precipitação, período chuvoso e intensidade pluviométrica para a área da bacia do rio Serra Branca – PB.

MAP	DPC	IP	E/P
750	5,3	141	1,5
620	4,2	155	1,3
600	4,0	178	1,4

Observe-se que o maior valor encontrado no extremo oeste da bacia, também recebe maior valor ponderado, pois o período de duração é relativamente curto para absorver o aumento do volume de chuvas.

Com estes níveis de intensidade pluviométrica existe um valor elevado de energia potencial a ser transformado em energia cinética, seja pelo efeito dos pingos, seja pelo atrito do escoamento superficial, gerando consideráveis perdas de solo, que se intensificam se à medida que a área apresente mais superfícies de solos expostos e maior declividade.

Estudos realizados por Silva e Santos (2009), na bacia dos Namorados em São João do Cariri, em parcelas com solos Luvisolo, sem cobertura vegetal (parcela 1) e com cobertura vegetal (parcela 2) encontraram os seguintes dados: a erosão média na Parcela 1 foi 3,4 t/ha, enquanto que na Parcela 2, foi de 0,4 t/ha, para um evento de 30min de duração, mostrando a importância que desempenha a cobertura vegetal sobre o processo erosivo no semiárido.

Ainda sobre o mesmo estudo, quando a comparação entre as parcelas refere-se ao valor médio anual de erosão, mantendo-se as parcelas sob as mesmas condições (Parcela 1 desmatada e Parcela 2 com vegetação rasteira), o resultado foi aproximadamente oito vezes maior, apresentando valores médios de erosão de 4,2 e 1,0 t/há/ano, respectivamente. Quando confrontados os resultados houve uma redução de perdas de solo da ordem da segunda parcela em relação a primeira de 74,6%.

Ao se projetar perdas anuais de solos com base neste parâmetro (4.2 t/há/a), para uma bacia de quatrocentas e cinquenta e três mil hectares, ainda que se admita que metade de sua extensão dispõe de cobertura vegetal que lhe sirva de anteparo

satisfatoriamente, os valores de perda se aproximam dos 890 mil toneladas/ano, levando-se em conta a média pluviométrica histórica para a área. Este valor explica o expressivo acúmulo de sedimentos na calha dos rios da área e o assoreamento presente nas represas que são alimentadas pelos rios desta bacia.

6.4 Fatores Pedológicos da área da bacia do rio Serra Branca (P)

A área total com cobertura vegetal da Terra, segundo estimativa da ONU é de trezentos onze milhões e quinhentos mil hectares dos quais, aproximadamente 12% se encontra na América do Sul. Desse total, ao redor de 14% são consideradas áreas degradadas, por diversos tipos de agentes. Destes, a erosão hídrica, a degradação química, erosão eólica, e os agentes físicos têm sido relatados como tipos principais dessa deterioração.

Para Lujan (2003), os principais fatores causadores da erosão do solo podem ser divididos em três grupos: (i) Fatores energéticos: erosividade das chuvas, volume de escoamento, a força do vento, ângulo e comprimento de declividade do relevo; (ii) Fatores de antrópicos: densidade populacional, pressão de uso da cobertura vegetal, e uso da terra; (iii) Fatores de resistência: grau de erodibilidade do solo, capacidade de infiltração do solo.

Devido a estes fatores, o nível de erosão do solo em uma determinada área, levando-se em conta seus atributos, uso e condições socioeconômicas, será sempre resultado de uma combinação dos fatores acima mencionados, uma vez que é impossível atribuí-lo a um fator único. No entanto, são as propriedades físicas existentes que o mantém coeso, pois a deterioração destas propriedades se manifesta através de problemas inter-relacionados de superfície impermeabilização, de compactação da crosta, drenagem deficiente, excessivo escoamento superficial e erosão acelerada.

A maior ou menor propensão de um solo a suportar os processos erosivos da morfogênese depende de diversos fatores e os mais importantes são: estrutura do solo, consistência e quantidade das argilas, condutividade hidráulica e profundidade do solo e a presença de camadas impermeáveis. Ressalte-se que o tempo de formação de um solo desenvolvido, apesar de ser variável, nunca é uma reação instantânea, requerendo centenas a milhares de anos para formar um cm de solo que. No entanto com o manejo inadequado, pode se perder no período correspondente uma colheita.

Desta forma, este estudo buscou caracterizar o solo por seus aspectos morfodinâmicos através da divisão da bacia em três unidades de feições homólogas, caracterizando o solo por suas propriedades, físicas e químicas, notadamente àquelas que são inerentes aos interesses geomorfológicos ao passo que nos aspectos relativos ao uso e conservação foram investigadas as práticas e ação, tratadas aqui como atributos de superfície.

Assim sendo, as informações preexistentes em mapas e na literatura pertinente foram juntadas ao estudo de campo, resultando no mapa de classes predominantes de solo da bacia do rio Serra Branca. A base cartográfica para sua elaboração tomou por parâmetros anteriormente mencionados, dos quais foram extraídos os polígonos e, depois de comparados com o mapeamento de campo, realizado com utilização de um par de estações receptoras de sinal por satélite (GPS) foram ampliados para a escala 1:300.000, rasterizados no software Arcgis, resultando no mapa de classes de solo, Figura 61.

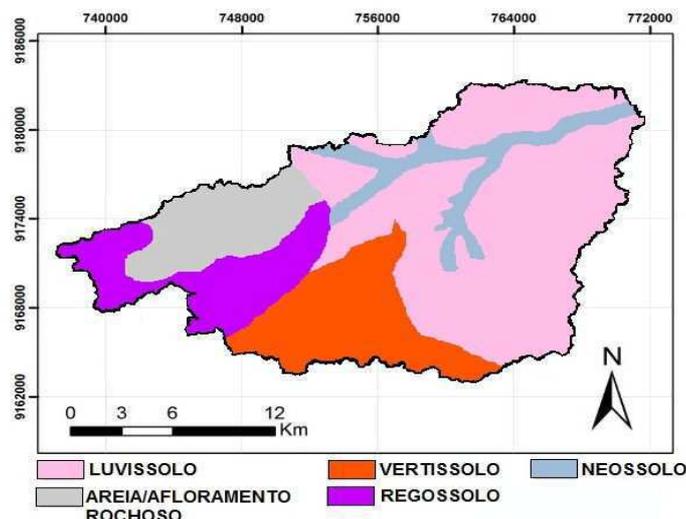


Figura 61 – Mapa das classes de solos da bacia do rio Serra Branca – PB. Fonte: Paraíba (2006) Mapa de solos do estado da Paraíba e RADAMBRASIL (1983).

Analisando-se o mapa da Figura 61, se observa que a maior extensão é composta pela classe Luvisso, informação esta que coincide com os mapas base aqui utilizado. Todavia, quando se refere às áreas que contém as outras classes, notam-se algumas alterações. Um exemplo é a mancha que é atribuída a areia quartzosa e aos afloramentos, as quais, por este estudo exploratório se mostraram muito mais reduzidas. Quanto a classe Vertisso, ela é apenas um pequeno polígono nos mapas preexistentes, mas na verdade, compreende uma área de proporções consideráveis, formada pela sub-bacia do rio Balanço. Esta sub-bacia se estende desde a serra do Escurinho (divisor de

águas), até próximo à foz com rio Serra Branca. A classe Regossolo, pela posição que ocupa no mapa, se trata de um solo jovem margeado pelos afloramentos e é na verdade o estágio posterior à denudação, transporte e acumulação, prova disso foram as análises de consistência e granulometria realizados, cujos resultados (não plástico e estrutura de média a grosseira para a maioria das amostras) corroboram com esta afirmativa. Finalmente, a mancha de Neossolo flúvico, que se posiciona adjacente aos principais rios e representa o processo de acumulação, como o produto do transporte das áreas erodidas à montante.

Conforme a distribuição das classes de solos encontradas na bacia e ainda, enquadrando-as na metodologia proposta criou-se um mapa com os níveis de propensão correspondente a cada classe (Figura 62). Sua elaboração levou em conta os pesos ponderados de propensão, atribuído a cada tipo de solo (CREPANNI et al., 2001).

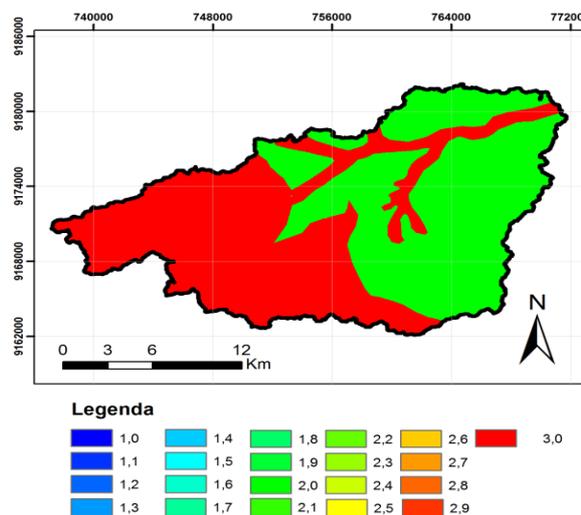


Figura 62 – Mapa dos valores de propensão à perda de solo para as classes encontradas na bacia do rio Serra Branca.

Sobre as distribuições manchas de solos, à classe Luvisolo foi creditado o valor de 2,0, ou seja, é o nível que representa o equilíbrio Pedogênese/Morfogênese, presente em 60% da bacia. As classes, Vertissolo, Areia, Regossolo e Neossolo flúvico recebem peso (3,0), que retrata o nível mais alto de instabilidade, ou o predomínio da morfogênese sobre a pedogênese. Embora as três últimas classes recebam a mesma avaliação é preciso lembrar que os fatores que contribuíram para o elevado grau de propensão são diferentes e atuam de modo distinto. No caso dos solos regolíticos e neossolos, a erodibilidade é seu ponto fraco, devido a aspectos tais como: falta de coesão, pela ausência de argilas e a estrutura granulométrica irregular. Em consequência ocorre a fraca resistência ao cisalhamento, ou seja: desagregação de suas partículas em

contato com os agentes modeladores do relevo, sobretudo a água. No que refere ao Vertissolo sua reduzida capacidade em resistir aos processos erosivos resulta, a priori, da baixa condutividade hidráulica, pois ao dificultar a percolação de água para o interior do perfil propicia excesso no escoamento superficial, ensejando o aparecimento de sulcos, ravinamentos e voçorocas. Outro aspecto que lhe é desfavorável é a suscetibilidade ao aumento da compactação em decorrência das atividades produtivas, sobretudo o pastoreio e atividade agrícola consorciada. Em outras palavras, o uso é o aspecto mais relevante, quando se trata de modificações na estrutura das propriedades do Vertissolo.

6.5 Fatores Fitogeográficos da área da bacia do rio Serra Branca (V)

A cobertura vegetal em áreas áridas e semiáridas é importante para a regulação dos processos hidrológicos de superfície. Mancha de vegetação densa funciona como amortecedor natural contra a energia de impacto das chuvas. Além disso, níveis mais elevados de matéria orgânica melhoram as propriedades físico-químicas do solo, promovendo a infiltração e reduzindo o escoamento e, conseqüentemente a erosão do solo, em comparação com os espaços abertos.

A remoção da cobertura vegetal nativa ou sua substituição por outra cobertura permite a ação do impacto das gotas de chuva, tornando o solo suscetível ao escoamento superficial e a desagregação das partículas ocasionando maiores transportes de sedimentos (ALBUQUERQUE et al., 2002).

Se o processo de retirada da vegetação for seguido de queima, se intensificam os problemas, pois torna a superfície por um determinado tempo sem cobertura, restringindo a infiltração e o armazenamento de água no solo, causando a redução da matéria orgânica resulta graves alterações nas propriedades mencionadas.

Esta importância foi mostrada em experimento realizado no semiárido cearense por Silva Filho et al. (2012), comparando o desempenho de duas parcelas de solo, uma com vegetação cultivo de capim, e outra com solo nu, ambas medindo 20 m², expostas ao regime de chuva natural. Os resultados revelaram que as maiores perdas de solo prevaleceram na parcela com solo nu, 52,31 t/ha, contra 3,74 t/ha na parcela recoberta por vegetação. O resultado aponta uma elevada perda de solo, ao redor de 93%, a mais na parcela com solo nu.

Este exemplo ilustra bem o que ocorre na área de estudo em exame, pois se trata de um ambiente semiárido, que tem como característica fisiográfica implícita, a perda da folhagem, deixando o solo exposto por um período de seis e em alguns casos sete, oito, nove meses, até que caíam as primeiras chuvas. Nestas condições há um impacto considerável da gota sobre as partículas do solo, haja vista o mesmo se encontrar desprotegido do anteparo da vegetação, verificando-se o *splash*. Embora este seja um aspecto natural desta área, nele há sem dúvidas, a participação da ação antrópica que potencializa seus efeitos, mas também poderia se assim o desejasse atenuá-lo.

As baixas taxas de matéria orgânica e carbono orgânico, incorporados ao solo são na verdade um reflexo do manejo inadequado, ali praticado. Segundo a pesquisa com produtores, não existe nenhuma iniciativa de aproveitar o resto das culturas ou pastagem, incorporando-os ao solo, de modo a corrigir esta deficiência. Frente ao cenário descrito projeta-se uma perda anual de proporções colossais para uma área de tamanhas proporções e solos naturalmente de média e alta erodibilidade.

Para que fossem demonstrados os níveis de cobertura vegetal da bacia, procedeu-se a duas classificações, através do processamento digital de imagem. Na primeira, foi levado em consideração três níveis de densidade da vegetação (caatingas: arbórea, arbustiva e parque), de modo a se enquadrar no que preconiza a metodologia proposta. Na segunda, foi realizada uma classificação em seis níveis (classes), não supervisionada, de maneira a não interferir no resultado das classes, devido à familiaridade do interprete com a área de estudo, cujos resultados são mostrados na Figura 63.

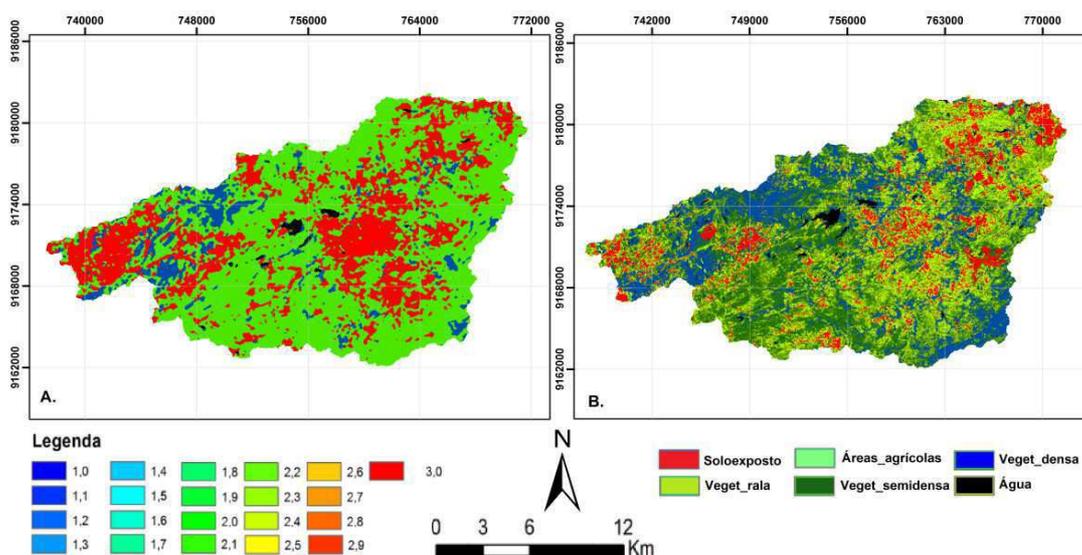


Figura 63 - Mapas de classificação dos níveis de cobertura vegetal (A) níveis de propensão e (B) classes de cobertura) para a bacia do rio Serra Branca – PB.

Analisando-se o mapa da Figura 63B, inferi-se que a cobertura vegetal de porte arbóreo se encontra bastante comprometida e isso em muito se deve ao mau uso do solo no âmbito da bacia. A área recoberta com vegetação subarbórea densa compreende 89.001 Km² ou 19,8% do total. A classe de vegetação semidensa de portes, subarbóreo e arbustivo está presente em 99.049 Km² ou 22,0%. A vegetação de porte variado de densidade rala recobre 118.112 Km² e representa 26,2% da área. As áreas de solo exposto compreendem 94.086 Km² perfazendo um percentual de 21% da área da bacia. As áreas agrícolas representam 45.250 Km² ou 10% da área e a superfície coberta com água, por volta de 1,2%, perfazendo um total de 450.943Km². O restante, 2.837 Km² não foram classificados.

No entanto, pelos valores apresentados existe uma distribuição, de certa forma equilibrada, entre as diversas classes, o que faz projetar que, com manejo adequado e práticas sustentáveis, tanto na agricultura quanto na pecuária pode-se conciliar a exploração com as vicissitudes e limitações específicas de cada área.

No que concerne a Figura 63A, nota-se que o mesmo apresenta similitudes ao primeiro, mas mostra menos classes de cobertura. Isso se deve ao fato de a metodologia e também os relatórios do RADAMBRASIL, admitirem apenas três classes de cobertura vegetal para a Caatinga. Sendo assim, o citado mapa exhibe os três níveis (caatingas: arbórea, arbustiva e parque) e seus respectivos valores de propensão à perda de solos. Nele, percebe-se que há uma discrepância na classe de vegetação densa (próxima ao valor 1), contudo os demais valores se aproximam com certa fidelidade da classificação não supervisionada, mostrando sintonia entre os processos de classificação.

No mapa de classificação com valores ponderados, o fato que chama a atenção é a quantidade de solo exposto na parte extremo oeste e no centro, onde se concentra parte da mancha de Vertissolo, assim como nas áreas marginais aos rios, compostas por Neossolo flúvicos. A explicação é que, no oeste a área é formada por minifúndios, nos quais se pratica a agricultura de sequeiro e pecuária, consorciadamente. Além disso, o solo da área é predominantemente, regolítico como mostra a Figura 64.



Figura 64 – Características do solo existente no extremo oeste, onde nascem os principais rios da bacia do rio Serra Branca – PB (localização: long. -36,831800 e lat. -7,522717).

No centro da cena do mesmo mapa aparece uma área considerável de vegetação rala. A explicação mais plausível para esse raleamento, avaliado com peso ponderado (3.0), portanto instável, há uma probabilidade muito grande de ter relação com o perímetro urbano, onde existe uma forte pressão por biomassa. Não obstante, este aspecto é favorecido em muito, pelo tipo de solo, raso e pedregoso que dificulta o desenvolvimento da vegetação, conforme mostra a Figura 65.

Quanto à área que se situa do centro para nordeste, no citado mapa, se trata da mancha de Neossolo flúvico nas adjacências dos rios e que, embora seja o local próprio para abrigar as matas ciliares, servem à agricultura e, portanto, permanece a maior parte do tempo, totalmente desmatada.



Figura 65 – Aspectos, do solo e da vegetação no entorno do polígono antropizado da bacia do rio Serra Branca – PB (dados de localização: lon. -36,693683 lat. -7,522883)

6.6 Mapa geral da propensão à perda de solos na bacia do rio Serra Branca – PB

A partir dos valores definidos de cada variável e dos mapas examinados, as operações de processamento de sobreposição de *Rasters* (planos de informações) no *plugins* da *extension spatial analysis, raster calculator* do Arcgis permitiram a obtenção do mapa geral de propensão à perda de solo, apresentado na Figura 66. Nela, são exibidas as 21 classes de propensão e seu alcance dentro da área de estudo.

Não houve registro de áreas plenamente estáveis aos processos de perda de solo com mais de dez por cento do total da bacia. As áreas avaliadas moderadamente estáveis (peso ao redor de 2.0) são o resultado da existência de estrutura geológica e aspectos geomorfológicos, com valores próximos à estabilidade (valores próximos de 1.0). Já a cobertura vegetal menos densa e rala, ao lado de solos pouco desenvolvidos, pouco coesos e compactados excessivamente, contribuiu para aumentar a propensão. O clima, por sua vez, colaborou decisivamente para elevar os valores próximos a instabilidade. O uso do solo, limitado as planícies aluviais, tem colaborado, no entanto, para o processo de perda de solo. A degradação acelerada pelo manejo inadequado do solo, ligado ao fato de que, embora a área se encontre sobre um substrato estável geológica, geomorfologicamente, do ponto de vista e pedológico, trata-se de um terreno frágil, consubstanciando as áreas valoradas moderadamente propensas aos processos erosivos.

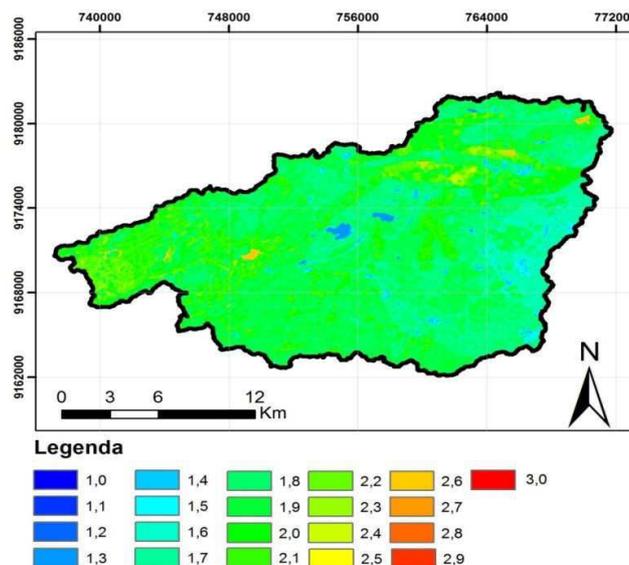


Figura 66 – Mapa geral da propensão à perda de solos para a bacia do rio Serra Branca

Examinando o mapa geral dos fatores de propensão se pode resumir a distribuição espacial destes por meio dos seguintes percentuais e áreas correspondentes:

(i) 15,5% da bacia apresentou suscetibilidade moderadamente propensa, o equivalente a 69.75 Km²; (ii) 43,2% se mostrou mediamente estável/propensa. Em outras palavras, próximas ao equilíbrio, compreendendo uma extensão de 194.4 Km²; (iii) 34,8% da área foi avaliada, com sendo moderadamente estável, em uma extensão de 156.6 Km²; e (iv) 6,5% se enquadraram no nível de estabilidade, com uma área de 29.2 Km². Frente aos números revelados a bacia do rio Serra Branca apresentou uma propensão média à perda de solos de um, vírgula oitenta e quatro (1.84), pela escala da metodologia, considerada mediamente estável/vulnerável.

Estudo realizado por Arruda et al., (2007) encontraram resultados estável / vulnerável ao processo de erosão natural (78,07%), moderadamente vulnerável (9,78%), vulnerável (2,7%) e moderadamente estável, em uma área no estado de Tocantins, utilizando a mesma metodologia e abordagem de análise. Na mesma linha de pesquisa, Mota e Valadares (2011) encontraram resultados similares na bacia do rio Acaraú – CE. Por fim, Gomes et al. (2005), em estudo no Semiárido Pernambucano, aplicando a mesma metodologia encontraram resultados compatíveis com os obtidos no presente estudo.

7. CONCLUSÕES

A bacia do rio Serra Branca, apesar de ser uma unidade natural de terceira ordem hierárquica representa um conjunto de rios e canais tributários da maior importância para a disponibilidade de recursos naturais no estado da Paraíba. Ainda assim, é pouco estudada e a maioria de seus problemas desconhecidos.

Sobre os fatores de ordem natural da perda de solos, os resultados da caracterização mostraram sensíveis alterações em vários de seus atributos, principalmente na redução da percolação de água, devido ao aumento da compactação, mas também, problemas na estrutura textural, na ausência de coesão e de consistência.

As baixas taxas de infiltração em alguns locais tendem a apontar a prevalência dos efeitos da atividade pastoril, embora não se possa afirmar com convicção, pois na comparação dos dados de ambas as áreas, as diferenças foram pequenas.

A classe de solo regolítico, em função da ausência de consistência, plasticidade e instabilidade granulométrica, representou elevado grau erodibilidade, sendo suscetível aos processos erosivos, mormente por se localizarem nas áreas de relevo mais inclinado.

Todavia, não se contabilizou apenas, aspectos desfavoráveis. Na análise integrada dos fatores de propensão, a estrutura geológica foi considerada estável em 95% da bacia, aproximadamente. O relevo foi outra característica favorável ao equilíbrio ambiental, devido a extensão de áreas com declividade entre 2 e 6%. O mesmo não se pode afirmar acerca da cobertura vegetal, que apresentou problemas de densidade e porte, em função do uso.

Os fatores antrópicos, podem ser traduzidos na ausência de práticas de conservação, com forte contribuição à manutenção do quadro de degradação.

Ficou patente que faltam aos produtores, condições de vida e de produção. A maioria não dispõe de infraestrutura sanitária, assistência à saúde, assistência técnica, entre outras carências, comprometendo a sua saúde e o meio em que vive.

O atraso tecnológico, os entraves na comercialização, pouca terra para trabalhar e a baixa produtividade fazem com que esta população imprima uma pressão muito maior do que a capacidade de sua propriedade pode suportar, aumentando a propensão aos diversos processos degradantes.

Muitas destas demandas da população têm como causa a ineficiência da política institucional. Os órgãos de fomento e extensão, por negligência ou deficiência estão sempre aquém do pleito dos produtores, agravado a deterioração, que compromete cerca de 50% de seu potencial produtivo.

Os resultados fornecidos pelo processamento e integração dos dados temáticos não apresentaram variações substanciais, com exceção de redução da cobertura vegetal de maior porte, em razão do uso.

Ao fazer-se uso dos dados que retratam as condições da área de estudo foi possível apontar, através dos procedimentos aludidos, uma propensão média à perda de solos para a bacia no nível de moderada.

Em suma, pode-se concluir que os fatores da perda de solos, são na verdade, a convergência de aspectos naturais, como o alto grau de erodibilidade à erosão, comandado pelos extremos do clima e contando com o favorecimento das condições adaptativa da vegetação, de um lado, e de outro, a contribuição antrópica, cujo leque de ações eleva o nível dos riscos, fazendo com que os efeitos comprometam, não apenas o meio físico, mas também a situação socioeconômica da bacia.

8. SUGESTÕES

Como sugestão para trabalhos futuros, os dados obtidos podem ser utilizados como entrada para modelagem hidro-sedimentológica, permitindo o conhecimento de aspectos quantitativos específicos, como é o caso de fluxo e vazão, carga de sedimentos, balanço hídrico e a perda de solos. Também se sugere o aprofundamento da pesquisa, por meio de novos métodos e técnicas, como forma de aprimorar o estudo da área.

Outro aspecto que se julga pertinente é o esforço que os gestores públicos precisam empreender que o seja direcionado à resolução da problemática da convivência com as estiagens cíclicas, através de ações efetivas e articuladas entre os diversos órgãos que atuam na área. Deve ser ressaltado que, a mesma importância que tem o aproveitamento da água das chuvas e seu armazenamento em cisternas, também o é, o resgate do potencial produtivo dos solos à cultura do algodão, o combate sistemático as pragas, seja na lavoura, seja nos rebanhos, o acompanhamento e a assistência técnica e o acesso ao crédito, enfim, ações que se traduzam em benefícios à população e, por tabela, favoreçam ao meio ambiente semiárido.

9. REFERÊNCIAS:

ABEAS, Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior Recursos Edáficos do Semiárido do Brasil (*material didático*). Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande, 2007.

AB'SABER, A. N. *O domínio morfoclimático das Caatingas brasileiras*. IN: Geomorfologia. São Paulo: USP – Instituto de Geografia 1974.

_____. Domínios morfoclimáticos e solos no Brasil. In: ALVAREZ, V. H.; FONTES, L. E. F; FONTES, M. P. F. (Eds). *O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado*. Viçosa: SBCS-UFV / DPS, 1996, p. 1-18.

_____. *Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas*. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. Ensaio de compactação de solo. NBR 7182; preparação de amostra, NBR 6457; densidade de campo por anel volumétrico, NBR 9813; determinação de limites de consistência, liquidez e plasticidade, NBR 7180/6459; granulometria por peneiramento NBR 7181. Rio de Janeiro, 1986.

ALBUQUERQUE, A .W.; LOMBARDI NETO, F.; SRINIVASAN, V.S. Efeito do desmatamento da caatinga sobre as perdas de solo e água de um Luvissole em Sumé (PB). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, 2002, v. 25, n. 1, p. 121–128.

ALLEN, R. G., TREZZA, R. & TASUMI M. *Surface energy balance algorithms for land*. Advance training and user's manual, version 1.0, 2002. pp.98.

ALVES, J. J. A. Geocologia da Caatinga no Semi-árido Brasileiro. *Revista Climatologia e Estudo da Paisagem*, v.2, n.1. Rio Claro-SP, 2007, p. 58-71.

AMARAL, F. C. S. do. *Sistema Brasileiro de Classificação de Terras para Irrigação: enfoque na região semiárida*. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2011. 164p.

ANDRIGHUETTI, Y. *Nordeste: mito e realidade*. São Paulo: Ed. Moderna, 2001 – (coleção polêmica).

ANDRADE, L. A.; PEREIRA, I. M.; LEITE, U. T.; BARBOSA, M. R. V.. Análise da cobertura de duas fitofisionomias de caatinga, com diferentes históricos de uso, no município de São João do Cariri, estado da Paraíba. *Revista Cerne* v.11, n.3. 2005. Lavras - MG, p.53-262.

ANDRADE, L. A. de.; PEGADO, C. M. A.; PEREIRA, I. M. Efeitos da invasão biológica de algaroba (*Prosopis juliflora* [Sw] DC.), sobre a composição e a estrutura do

estrato arbustivoarbóreo da caatinga no Município de Monteiro, PB, Brasil. *Revista Acta Botânica Brasilica*. n. 20 (4): São Paulo, 2006.

ANDRADE, M. C. de. *Nordeste: alternativa da agricultura*. São Paulo: Papirus, 1988.

_____. *O Nordeste e a questão regional*. São Paulo: Ática, 1993.

ANDRADE-LIMA, Diva M. de; SILVA, Marlene Maria da. *Sertão Norte: área do sistema gado-algodão*. Recife: SUDENE, 1982.

ANJOS, C. E. dos e VENEZIANI, P. *Metodologia de interpretação de dados de sensoriamento remoto e aplicações em geologia*. São José dos Campos: INPE, 1982.

ARAGÃO, T. G. *Transposição das águas do Rio São Francisco para bacia do Rio Paraíba: uma avaliação da sinergia e sustentabilidade hídrica utilizando o modelo de rede de fluxo Acquanet*. Dissertação (Mestrado) 139f. UFCG. Campina Grande, PB, 2008.

ARAÚJO, T. B. de. Herança de diferenciação e futuro de fragmentação. *Estudos Avançados*, v. 11, no. 29, 1997, p.7-36.

_____. *Ensaio sobre o desenvolvimento brasileiro: heranças e urgências*. Rio de Janeiro: Revan, 2000, 392 p.

ARAÚLO FIHO, J. A. Sistemas agroflorestais na Caatinga – agroecologia versus desertificação. Sobral - CE, 2002. Disponível em: www.agrisustentavel.com/inscri/ Acesso: janeiro de 2008.

ARRUDA, W. da C.; DIAS, R. R. e PEREIRA, E. Q. Análise da vulnerabilidade natural à perda de solo do município de Fátima – TO. II Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13, *Anais*. Florianópolis, 2007, INPE, p. 5083-5089.

AZEVEDO, C. A. V.; DANTAS NETO, J.; FRANCO, E. S.; et al. Diagnóstico socioeconômico e ambiental de uma microbacia no município de Boqueirão – PB. *Revista engenharia Ambiental*, v.2., n.1. Espírito Santo do Pinhal, 2005.p. 100-114.

BACHA, J. C. Reflorestamento no Brasil. *Revista Análise econômica*. a.10, n.17, Porto Alegre, 1992.

BAPTISTA, G. M. M. (1997). *Diagnóstico ambiental da perda laminar de solos por meio do geoprocessamento*. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, 112p.

BARACUHY, J. G. V. *Manejo integrado de microbacia no semiárido: estudo de um caso*. Campina Grande: UFPB, 2001. 221p. (Tese de Doutorado).

BARACHO, M. A. R. *Transporte de sedimentos: programa e curso*. João Pessoa: UFPB, 1998. 215p.

BARBOSA, E. M. *Introdução ao direito ambiental*. Campina Grande: EDUFPG, 2007.

BASTIAANSEN, W.G.M.; MENENTI, M.; FEDDES, R. A.; HOLTSLAG, A.A.M.A. Remote Sensing Surface Energy Balance Algorithm for Land (SEBAL) 1. Formulation. *Journal of Hydrology*, v. 212-213, p. 198-212, 1998.

BERNARDO, S; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. *Manual de irrigação*. 8. Ed. Atual. e Ampliada. Viçosa: UFV, 2006. 625p.

BEZERRA, C. P.; RODRIGUEZ, J. L. *Conhecendo o Cariri*. Recife: Gráfica Linceu, 2000.

BITTAR, S. M. B. 1998. *Faixa Paincó-Alto Brígida: Terreno tectono-estrutural sob regimes metamórficos e deformacionais contrastantes*. Tese de doutoramento. USP, São Paulo.

BRANDÃO, V. dos S; SILVA, D. D. da; RUIZ, H. A; PRUSKI, F. F; SCHAEFER, C. E. G. R; MARTINEZ, M. A; SILVA, E. O. Perdas de solo e caracterização física e micromorfológica de crostas formadas em solos sob chuva simulada. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.27, n.1, p.129-138, 2007.

BRANDT, C.J. *Transformation of the kinetic energy of rainfall with variable tree canopies*. Londres: Universidade de Londres, 1986, 446 p. Tese de Doutorado.

BRASIL, Secretaria de Desenvolvimento Territorial SDT/MDA - Estudo Propositivo para Dinamização Econômica do Território do Cariri (*Versão Preliminar*), 2005.

BRASIL. SUDENE. Ministério do Exército – Departamento de Engenharia e Comunicações. Região Nordeste do Brasil. Recife: Diretoria de Serviços Geográficos, 1972.

BRITO, J. L. S. LIMA, S. do C. SIHKI, S. MOREIRA, M. uso do geoprocessamento na estimativa da perda de solos por erosão laminar em IRAÍ DE MINAS – MG. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 9. *Anais*. Santos, Brasil, 1998, INPE, p. 501-512.

BRITO NEVES, B. B. de; VAN SCHMUS, W. R.; SANTOS, E. J.; CAMPOS NETO, M.C.; KOZUCH, M. O evento Cariris Velhos na Província Borborema: Integração de dados, implicações e perspectivas. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v.25, n.4, p.279-296, dez. 1995.

CÂMARA, G.; Medeiros, J. S. *Geoprocessamento para projetos ambientais*. São José dos Campos: INPE, 1996. Apostila.

CHAVES, L. H. G.; CHAVES, I. B.; VASCOCELOS, A. C. F. de; PAES-SILVA, A. P.

Salinidade das águas superficiais e suas relações com a natureza dos solos na Bacia Escola do Açude Namorado e Diagnóstico do Uso e Degradação das Terras. Campina Grande, 2002, RELATÓRIO TECNICO.

CARVALHO, G. M. B de S.; SOUSA, M. J. N. de.; SANTOS, S. M. dos. Análise da vulnerabilidade a erosão: bacia dos rios Aracatiaçu e Aracatimirim (CE). Simpósio brasileiro de sensoriamento Remoto, 11. Brasília – DF, 2003, *ANAIS...* INPE, p. 1281-1288.

CASSETI, W. *Geomorfologia*. Goiânia: UFG - FUNAPE, 2005.

CONTI, J. B. e FURLAN, S. A. *Geoecologia – o clima, os solos e a biota*. In: ROSS, J. L. S. (org.). *Geografia do Brasil*. 2. ed. São Paulo: Edusp, 1998.

COSTA, F. H. dos S.; PETTA, R. A.; LIMA, R. F. de S.; MEDEIROS, C. N. de. Determinação da vulnerabilidade ambiental na bacia Potiguar, região de Macau-RN, utilizando sistema de informação geográfica. *Revista Brasileira de Cartografia*. Presidente Prudente – SP, 2006, v. 58, n. 2, p.119-127.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. *Diagnóstico dos municípios do estado de Paraíba*. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S. de.; HERDANDEZ FILHO, P.; FLORENSANO, T. G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. F. *Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicado ao zoneamento ecológico econômico e ao ordenamento territorial*. São José dos Campos – SP: INPE, 2001.

DANTAS, J. R. A. e CAÚLA, J. A. L. *Mapa Geológico da Paraíba: Texto Explicativo*, Campina Grande. Grafset, 1982.

DANI-OLIVEIRA, I. M.; MENDONÇA, F. *Climatologia: noções básicas e climas do Brasil*. São Paulo: Oficina de Texto, 2007.

DIAS FILHO, M. B. e FERREIRA, J. N. influência do pastejo na biodiversidade do ecossistema da pastagem. In: PEREIRA, O. G.; OBEID, J. A.; FONSECA, d. M. e NASCIMENTO JUNIOR, D. do. (Ed.) *Simpósio sobre manejo estratégico da pastagem*. Universidade federal de Viçosa. Viçosa, 2008. p. 47-74.

DUARTE, J. J. A nova paisagem do semiárido no contexto da modernização: o caso da Algaroba. *Revista da Adufpb*. João Pessoa, 2000.

DUNNE, T. WESTERN, D. DIETRICH, W. E. Effects of cattle trampling on vegetation, infiltration, and erosion in a tropical rangeland. *Journal of Arid Environments* 75 (2011) p. 58 – 69.

EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2009. 412p.

FIGUEIREDO, G. J. A. de. *Avaliação da presença de alumínio na água do sistema de abastecimento público da Cidade de João Pessoa e grande João Pessoa no Estado da*

Paraíba e os possíveis riscos para a saúde da população. Dissertação (mestrado). 118f. PRODEMA, João Pessoa, 2004.

FIGUEIREDO, M. e GUERRA, A. J. T. Influência das propriedades físicas e químicas dos solos nos processos erosivos na gleba Facão no município de Cáceres/MT. SIMPOSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO 7. *Anais*. Goiânia – GO, 2001.

FITZ, P. R. *Geoprocessamento sem complicação*. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

GOMES, A. R. *Avaliação da vulnerabilidade à perda de solo em região semiárida, utilizando sensoriamento remoto e geoprocessamento – área piloto de Parnamirim- PE*. Dissertação (Mestrado) 160 p. INPE. São José dos Campos, 2000.

GOMES, A. R.; CREPANI, E.; CARVALHO, V. C. de.; MEDEIROS, J. S. de. Aplicação de metodologia ZEE para a análise da vulnerabilidade à perda de solo em ambiente semiárido. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12. Goiânia, 2005. *ANAIS...* INPE, p. 3519 – 3526.

GUERRA, A. J. T. e CUNHA, S. B. da. Degradação Ambiental. Cap. 7. In: GUERRA, A. J. T. e CUNHA, S. B. da. *Geomorfologia e Meio Ambiente* (ORG.). 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

GUERRA, A. J. T. BOTELHO, R. G. M. Erosão dos solos. In: *Geomorfologia do Brasil*. Orgs.: A. J. T. Guerra e S. B. da Cunha. 2a ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

GUERRA, A. J. T. e CUNHA, S. B. da. Características e propriedades dos solos relevantes para os estudos pedológicos e análises de processos erosivos. *Anuário do Instituto de Geociências*. V.19, 1996.

HECKENDORFF, W. D.; LIMA, P. J. *Climatologia*. In: Paraíba - Secretaria de Educação e Cultura e Universidade Federal da Paraíba. Atlas geográfico do Estado da Paraíba. João Pessoa, 1985. p.34-43.

HORTON, R. E. *Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology*. Bull. Geol. Soc. Am., Colorado, v. 56, n. 3, p. 275-370, 1945.

HUETE, A. D. K.; MIURA, T.; RODRIGUEZ, E. P.; GAO, X.; FERREIRA, L. G. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. *Remote Sensing of Environment* n.83, 2002. 195–213.

HUETE, A.; Liu, H. Q.; BATCHILY, K.; LEWEEN, W. *A comparison of vegetation indices over a global set of TM images for EOS-MODIS*. Remote Sensing of Environment, n. 59, p. 440–451, 1997.

HUETE, A. R. A Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI), *Remote Sensing of Environment*, 1988. v25. p. 295-309.

_____. *Soil influences in remotely sensed vegetation-canopy spectra*. In: Asrar, G. Theory and applications of optical remote sensing. New York, John Wiley & Sons, 1989.

IBAMA, (Instituto Nacional do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis) Mapa de Vegetação, escala 1:100.000. Brasília, 1992.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Manual Técnico de Pedologia*. 2.ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2007.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – *Delimitação de limites municipais*. Base operacional, PB. Rio de Janeiro: Edição Revisada, 2006.

IBGE, Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). *Manual técnico da vegetação brasileira*. Rio de Janeiro: 1992 (Série, Manuais Técnicos em Geociências, n.1).

INCRA, Instituto Brasileiro de Colonização e Reforma Agrária. Escritório local do município de Serra Branca – PB. Responsável pelas informações, Sr. Natanael Gomes da Silva, maio de 2012.

INPE, Instituto de Pesquisas Espaciais. Downloads de imagens de satélite. São José dos Campos – SP, 2010. Disponível em <www.dgi.inpe.br> Acesso em Agosto de 2010.

INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Divisão de Processamento de Imagens (DPI). *Software para processamento de informações georreferenciadas (SPRING)*. São José dos Campos, 2001.

JENSEN, J. R. *Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres*. 2ed. São José dos Campos: Parêntese, 2009, 604 p.

JOFILLY, I. *Notas Sobre a Parahiba*, Livro I. Rio de Janeiro: Thesaurus Editora, 1892.

JOLY, A. B. *Conheça a vegetação brasileira*. São Paulo: EDUSP/Polígono, 1970, 165p.

KHAN, A. S.; CRUZ, J. A. N. da.; SILVA, L. M. R. e LIMA, P. V. P. S. Efeito da Seca sobre a Produção, a Renda e o Emprego Agrícola na Microrregião Geográfica de Brejo Santo e no Estado do Ceará. Documentos Técnico-Científicos. *Revista Econômica do Nordeste*, Fortaleza, v. 36, nº 2, 2005.

KIEHL, E. J. *Manual de Edafologia: relações solo-planta*. São Paulo: Ed. Agronômica CERES, 1979, 327 p.

LACHER JR., T. E.; LEAL, I. R. et alli. Mudando o curso da conservação da biodiversidade na caatinga do nordeste do Brasil. *Revista Megadiversidade*, v.1, n.1 Belo Horizonte - MG, 2005.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. *Metodologia do trabalho científico*. São Paulo: Atlas, 1991.

LAVELL, A. *Marco conceptual – una visión del futuro: la gestión del riesgo*. El Salvador. SNET /Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador. 2001.

LEFF, H. *Epistemologia Ambiental*. São Paulo: Cortez, 2006.

LIU, W. T. H. *Aplicações de Sensoriamento Remoto*. Campo Grande – MT: UNIDERP, 2006. 908p.

LUJAN, D. L. *Soil Physical Properties Affecting Soil Erosion in Tropical Soils*. Lecture Facultad de Agronomía, Instituto de Edafología, Universidad Central de Venezuela, Maracay, Venezuela. (Lecture given at the College on Soil Physics Trieste, 3-21 March 2003. (LNS0418021).

MACHADO, C. C. C.; OLIVEIRA T. H. de; GALVÍNCIO J. D. e SILVA J. S. e. Utilização do EVI e Albedo da superfície para análise das mudanças ambientais em parte do município de Corumbá, MS e Ladário, MS. Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Corumbá, 7-11 novembro 2009. 2. *Anais*. Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p.460-469.

MALTCHIK, L. Nossos rios temporários, desconhecidos, mas essenciais. *Ciência Hoje*, 1996. 21, p. 64-65.

MARCOLIN, C. D. *Propriedades físicas de Nitossolos e Latossolos argilosos sob plantio direto*. Passo Fundo: UPF, 2006, Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, UPF, Passo Fundo, 2006.

MARCHEZAN, E.; SEGABINAZZI, T.; VZZOTO, V. R. Efeito do pisoteio bovino em algumas propriedades físicas do solo de várzea. *Revista Ciência Rural*, v.30, n.6, p.965-969. Santa Maria-RS, 2000.

MATALLO Júnior, H. *Indicadores de Desertificação: histórico e perspectivas*. Brasília: UNESCO, 2001.

MELO, J. A. de B.; PEREIRA, R. A. e DANTAS NETO, J. Atuação do Estado brasileiro no combate à seca no Nordeste e ampliação das vulnerabilidades locais. *Revista Qualit@s*, v 8, n2. 2009. PP 1-13.

MELO, J. A. B. de.; PEREIRA, R. A.; DANTAS NETO, J.; LIMA, E. R. de. Propriedades do solo e propensão à desertificação na Microbacia do Riacho do Tronco, Boa Vista, PB. *Revista Brasileira de Agroecologia*. v5, n2. 2010. PP. 234-246.

MONIZ, A. C. *Elementos de Pedologia*. Rio de Janeiro: LTC, 1975.

MOTA, L. H. da S. de O. e VALLADARES, G. S. Vulnerabilidade à degradação dos solos da Bacia do Acaraú, Ceará. *Revista Ciência Agronômica*, v.42, n.1, 2011. p.39-50,

MUÑOZ, A.; LOPEZ-PIÑEIRO, A. e RAMÍREZ, M. Soil quality attributes of conservation management regimes in a semi-arid region of south western Spain. *Soil & Tillage Research* 95 (2007) p.255–265

OLIVEIRA, C. de.; ARAÚJO, A. P. e MAZUR, N. *Fundamentos da ciência do solo*. Roteiro de aulas práticas (Apostila). Instituto de Agronomia. Seropédica: Universidade Federal Rural do Rio De Janeiro, 2002.

OLIVEIRA, F. X. de. *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*. Areia - PB: CCA/UFPB. 2006. 138f. (Dissertação de Mestrado).

OLIVEIRA, T. A. de; RIEDEL, P. S.; VEDOVELLO, R. SOUSA, C. R. de G.; BROLO, M. J. *Utilização de técnicas de fotointerpretação na compartimentação fisiográfica do município de Cananéia - SP – apoio ao planejamento territorial e urbano*. São Paulo: UNESP, v. 26, n. 1, p. 55-65, 2007.

OLIVEIRA, T. H. de; T. e GALVINCIO, J. D. RBGF- Caracterização ambiental da bacia hidrográfica do rio Moxotó – PE, usando sensoriamento remoto termal. *Revista Brasileira de Geografia Física*. Vol.1 n.02, 2008, p.30-49.

PARAÍBA, Estado da. Agencia Executiva de Gestão das Águas – AESA. *Mapa de Solos do estado da Paraíba*, João Pessoa, 2006.

PARAÍBA, Estado da. Companhia de Água e Esgoto – CAGEPA, Departamento de Operações, Adutora de Gravatá. *Entrevista não estruturada*. Queimadas, Março de 2007.

PEREIRA, R. A. MELO, J. A. B. de.; DANTAS NETO, J.; BARBOSA, E. M. Análise do comportamento espectral da cobertura vegetal de São João Do Cariri-Pb no espaço

temporal de vinte anos (1987 – 2007), sob condições diversas de utilização. *Caminhos de Geografia Uberlândia* v. 11, n. 36. 2010. PP 68 – 80.

PEREIRA, R. A. *Impactos ambientais decorrentes das condições antropogênicas no município de São João do Cariri - PB*. Campina Grande: UFCG, 2008. 106f. (Dissertação de Mestrado).

_____. Relatório de trabalho de campo para elaboração de Tese de Doutorado. Programa de Pós-graduação em Recursos Naturais – UFCG, setembro de 2011 a fevereiro de 2012. Campina Grande – PB, 2012.

POMPONET, A. S. Cem anos de DNOCS: marchas e contramarchas da convivência com as secas. *Conj. & Planej.*, Salvador, n.162, p.58-65, 2009.

PONZONI, F. J. *Aplicação do modelo SAIL no estudo da reflectância espectral de dosséis de mudas de Eucalyptus sp. e de Aspidosperma sp.* (Tese de doutorado) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1993. 206p.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. *Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação*. São José dos Campos: Parêntese, 2010.

PRADO, D. As caatingas da América do Sul. In: I. R. Leal, M. Tabarelli & J. M. C. Silva (eds.). *Ecologia e conservação da Caatinga*. pp. 3-73. Editora da Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2003.

PRADO, H. *Solos Tropicais: potencialidades, limitações, manejo e capacidade de uso*. Piracicaba: ESAUQ, 1995. 166p.

RADAMBRASIL, Projeto. *Levantamento de recursos naturais*. Folhas SC 24/25. Jaguaribe/Natal, volume 23. Rio de Janeiro – RJ: IBGE, 1983, CD ROOM, 739p.

RAWLS, W. J.; DAVID, G.; VAN MULLEN, J. A.; WARD, T. J. *Infiltration*. In: ASCE. *Hydrology Handbook*. 2. ed. New York. p.75-124. (ASCE Manuals and Report on Engineering Practice, 28), 1996.

RANZINI, G. *Manual de Levantamento de Solos*. São Paulo: EDUSP, 1965.

REBOUÇAS, A. da C. Água e Desenvolvimento Rural. *Estudos Avançados* 15 (43), 2001.

_____. Água na região Nordeste: desperdício e escassez. *Estudos Avançados*. v.11., n.29, 1997.

REZENDE,; CURI, N.; RESENDE, S. B. e CORREIA, G. F. *Pedologia: base para distinção de ambientes*. Viçosa: NEPUT, 1995. 304p.

RIZZINI, C. T. *Tratado de fitogeografia do Brasil - aspectos ecológicos*. São Paulo: EDUSP, 1976. 327p.

RIZZINI, C. T.; COIMBRA-FILHO A. F. & HOUAISS. A. *Brazilian Ecosystems*. Enge-Rio Engenharia e Consultoria, S.A., Rio de Janeiro, 1988.

ROCHA, José Sales Mariano da. *Manual de Projetos Ambientais*. Santa Maria: Imprensa Universitária, 1997.

RODRIGUES, V. A. *Aspectos da sustentabilidade das microbacias hidrográficas*. In: LIVRO, Workshop em Manejo de Bacias Hidrográficas. UNESP, FCA, Botucatu, 2003, p.70-82.

Ross, J. L. S. *Geomorfologia aplicada aos EIAs*. In: Guerra, A. J. T.; Cunha, S. B. ed. *Geomorfologia e meio ambiente*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. p.291-336.

SANTOS, C. A. G.; SUZUKI, K.; WATANABE, M.; SRINIVASAN, V. Influência do tipo da cobertura vegetal sobre a erosão no Semiárido paraibano. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v.4, n.1, p. 92-96. Campina Grande, 2000.

SANTOS, C. A. G.; SILVA R. M. da.; SRINIVASAN, V. S. Análise das perdas de solo em diferentes coberturas superficiais no semiárido paraibano. *Revista OKADA: Geografia em debate*. V.1, n.1, p.1 -152. João Pessoa – PB, 2007.

SANTOS, J. A. *Obras Geotécnicas: compactação, elementos teóricos*. Lisboa, Portugal. IST, 2007. (mestrado em Engenharia Civil – material didático).

SILVA, A. B.; REZENDE, M.; SOUSA, A. R. de e MARGOLI, E. Mobilização do solo, erosão e produtividade de milho e feijão em um Regossolo no Agreste pernambucano. *Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília*, v.34, n.2, p.299-307, 1999.

SILVA, M. A. R. *Economia dos recursos naturais*. In: *Economia do meio ambiente: Teoria e prática*. Rio de Janeiro: Editora Campos, 2003.

SILVA, R. M. da e SANTOS, C. A. G. Influência da cobertura vegetal nos processos hidrossedimentológicos no Semiárido do Nordeste, Brasil. *UNIOESTE GEOGRAFIA* n° 5 vol. 1 e 2, 2009. P 113-125.

SILVA NETO, A. F. da; BARBOSA, M. P.; MORAIS NETO, J. M. A dinâmica da desertificação e a influência dos eventos ENOS na degradação das terras em municípios do Cariri-Ocidental (Paraíba-Brasil). Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13. *ANAIS*. Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 4405-4412.

SILVA, M. T. da; PEREIRA, R. A.; ALCÂNTARA, C. R.; DANTAS NETO, J. Análise intertemporal de parâmetros espectrais da Bacia do rio Serra Branca – PB. CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA: *Riscos climáticos e cenários agrícolas futuros*. 17. Anais. Guarapari – ES, 2011.

SILVA, F. B. R.; RICHÉ, G. R.; TONNEAU, J. P.; SOUZA NETO, N. C.; BRITO, L. T. L.; CORREIA, L. C.; CAVALCANTI, A. C.; SILVA, A. B.; ARAUJO FILHO, J. C.; LEITE, A. P. *Zoneamento Agroecológico do Nordeste do Brasil*. Parte 1 – diagnóstico do quadro natural e agrossocioeconômico: Petrolina – PE, EMBRAPA – CPATSA, 1993, 2v.

SILVA FILHO, J. A.; PALÁCIO, H. A. Q.; ANDRADE, E. M.; ARAÚJO NETO, J. R.; RODRIGUES, R. N. e IZÍDIO, N. S. C. Perda de água e solo em parcelas de erosão no Semiárido brasileiro. Workshop Internacional de Inovações Tecnológicas na Irrigação – INOVACRI – Fortaleza – CE, *Anais*. Maio de 2012.

SILVA, J. R. C. *Erosão e produtividade do solo no Semiárido*. In: OLIVEIRA, T. S. de et al., (Eds.), *Agricultura, sustentabilidade e o Semiárido*. Viçosa: MG; SBCS/Universidade federal do Ceara, Fortaleza – CE, 2000. p. 170-213.

SILVEIRA, C. T.; FIORI, A. P.; FIORI, C. O. *Estudo das unidades ecodinâmica de instabilidade potencial na APA de Guaratuba*: subsídios para o planejamento ambiental. Boletim Paranaense de Geociências, n. 57, p. 9-23, 2005. Editora UFPR.

SILVA, B. B. da.; LOPES, G. M.; AZEVEDO, P. V. de. Balanço de radiação em áreas irrigadas utilizando imagens Landsat 5 – TM. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 20, n. 2, p. 243-252, 2005.

SCHIAVETTI, A.; CAMARGO, A. F. M. *Conceitos de Bacias Hidrográficas*: teorias e aplicações. Ilhéus, Ba : Editus, 2002. 293p.

SOUSA, M. J. N. de. *Compartimentação geoambiental do Ceará*. In Ceará: um novo olhar geográfico. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2005.

SOUSA, R. F. de. *Terras agrícolas e o processo de desertificação em municípios do semi-árido paraibano*. 2007.180f. Tese (Doutorado) UFCG. Campina Grande, 2007.

SOUSA, R. F. de; BARBOSA, M. P.; TERCEIRO NETO, C. P. C.; CARVALHO, A. P.; LIMA, A. N. de. Uso de tecnologias no diagnóstico da degradação das terras do município de São João do Cariri-PB. *Revista Caatinga*, v. 21, n. 1, p. 204-210. Mossoró-RN, 2008.

SRTM, Schuler Radar Thematic Mission. National Aeronautics and Space Administration (NASA).United States Geological Survey (USGS), 2000.Disponível em: <http://seamless.usgs.gov/website/seamless/viewer.php>.

SUDENE. Cartas topográficas na escala 1:100000: Juazeirinho (SB.24-Z-D-II); Boqueirão (SB.24-Z-D-III); Sumé (SB.24-Z-D-V). (Ano-base: 1972). Disponível em: <www.pb.gov.br/sudema>. Acesso em fevereiro de 2008.

SUDEMA, Superintendência de Administração do Meio Ambiente. *Mapoteca*. Disponível em: www.gov.pb.br/sudema. Acesso em 12/11/2010.

TEIXEIRA, L. P. *Caracterização hidrológica dos solos da bacia experimental do ribeirão Concórdia*. 2008. 124p. Dissertação (Mestrado), Engenharia Ambiental URB. Blumenau – SC, 2008.

TELES, M. M. F. *Cobertura vegetal do município de São João do Cariri-PB: distribuição espacial da caatinga: uso de lenha como fonte de energia*. 2005. 62f. Dissertação (Mestrado) Areia, PB: CCA/UFPB, 2005.

TISDELL, C. A. Sustainable agriculture. IN: ATKINSON, G.; DIETZ, S.; NEUMAYER, E. *Handbook of Sustainable Development*. EE Publishng, Northampton, Massachusetts, 2007.

TRICART, J. *Ecodinâmica*. Rio de Janeiro: IBGE, 1977, 91p.

TUCCI, C. E. M. (Org.) *Hidrologia: ciência e aplicação*. 2. ed. Porto Alegre: Editora da Universidade: ABRH, (Coleção ABRH de Recursos Hídricos; v.4). 1997.

VALERIANO, M. M.; ROSSETTI, D. F.; *Topodata: seleção de coeficientes geoestatísticos para o refinamento unificado de dados SRTM; São José dos Campos: INPE, 2008.*

VILLA, Marco Antonio. *Vida e morte no Sertão: história das secas no Nordeste nos Séculos IX e XX*. 1. Ed. São Paulo: Ática, 2000.

VILAR, F. C. R. *Impactos da invasão da algaroba [Prosopis juliflora (Sw.) DC.] sobre estrato herbáceo da caatinga: florística, fitossociologia e citogenética*. 2006. 94f. Tese (Doutorado) Areia, PB, UFPB, 2006.

ANEXO

PROPENSÃO À PERDA DE SOLOS E SEUS EFEITOS SOCIOECONOMICOS E AMBIENTAIS EM
UNIDADES GEOAMBIENTAIS NA BACIA DO RIO SERRA BRANCA – PB

Ronildo Alcântara Pereira – Programa de Pós-graduação em Recursos Naturais – UFCG.

Nome do Proprietário:		
Nome da localidade/propriedade		
Entrevistador:	Data	/ /

Q. 1	DIAGNÓSTICO AMBIENTAL	Data:	
Código	Elementos poluentes (sem orientação técnico-científica)	Valor encontrado	Observações
1.1	Estocagem de defensivos		
1.2	Depósitos de embalagens de agrotóxicos		
1.3	Locais de lavagem de implementos de aplicação de agrotóxicos		
1.4	Aplicação de agrotóxicos		
1.5	Pedreiras		
1.6	Exploração de minérios (minas, garimpo)		
1.7	Lixeiras (lixo urbano, rural) – Monturo		
1.8	Exploração de areias/massame		
1.9	Exploração de madeira (lenha, carvão, estaca, vara etc.)		
1.10	Casas abandonadas		
1.11	Criação de animais silvestres		
1.12	Caça para venda		
1.13	Irrigação		
1.14	Pocilgas/chiqueiro		
1.15	Aviários/estábulo (cocheira/curral)		
1.16	Matadouros (Abate de animais para venda)		
1.17	Estradas/ ruas deterioradas		
1.18	Erosões marcantes (no terreno ou na rua/estrada)		
1.19	Esgotos a céu aberto		
1.20	Queimadas		
1.21	Acidentes com derivados de petróleo ou produtos químicos		
1.22	Bombas de recalques de água em rios/açudes		
1.23	Uso de inseticidas com as mãos – uso do gás toxin (pastilhas) em sacos de feijão		
1.24	Dessalinizador		
1.25	Linha de alta tensão (torres ...)		
1.26	Outros		

Convenções:

Alternativas	valor ponderado
Não existe	1
Existe com orientação técnica-científica	2
Existe sem orientação técnica-científica	3

PROPENSÃO À PERDA DE SOLOS E SEUS EFEITOS SOCIOECONOMICOS E AMBIENTAIS EM
UNIDADES GEOAMBIENTAIS NA BACIA DO RIO SERRA BRANCA - PB

FATOR SOCIAL

a) Variável Demográfica

Quadro 02 - Diagnóstico sócio-econômico - códigos e critérios de estratificação, fator social, variável demográfica.

Código 2.1: Idade do chefe de família

ALTERNATIVAS	VALORES PONDERADOS
≤18	1
19-30	2
31-40	3
41-50	4
51-60	5
61-65	6
≥ 66	7

Código 2.2: Grau de instrução do chefe de família

ALTERNATIVAS	VALORES PONDERADOS
Especialização/Mestrado/Doutorado / Livre docência	1
Graduação (Terceiro grau)	2
Ensino médio completo ou curso técnico	3
Ensino médio incompleto	4
5° à 8ªsérie (ensino fundamental)	5
1° à 4ªsérie(ensino fundamental)	6
Analfabeto	7

Código 2.3: Local de nascimento do chefe de família

ALTERNATIVAS	VALORES PONDERADOS
Casa rural	1
Vila	2
Distrito	3
Cidade	4
Capital do Estado	5

Código 2.4: Residência do chefe de família

ALTERNATIVAS	VALORES PONDERADOS
Casa rural	1
Vila	2
Distrito	3
Cidade	4
Capital do Estado	5

Código 2.5: Número de famílias na propriedade

ALTERNATIVAS	VALORES PONDERADOS
1 família	1
2 famílias	2
3 famílias	3
4 famílias	4

5 famílias	5
Mais que 5 famílias	6

Código 2.6: Média de idade do núcleo familiar

ALTERNATIVAS	VALORES PONDERADOS
≤18	1
19-30	2
31-40	3
41-50	4
51-60	5
61-65	6
≥ 66	7

Código 2.7: Total de pessoas do núcleo familiar

ALTERNATIVAS	VALORES PONDERADOS
1 pessoa	1
2 pessoas	2
3 pessoas	3
4 pessoas	4
5 pessoas	5
6 pessoas	6
7 pessoas	7
Mais de 7 pessoas	8

Código 2.8: Número de pessoas estranhas à família

ALTERNATIVAS	VALORES PONDERADOS
Não vivem pessoas estranhas	1
Vive 1 pessoa	2
Vivem 2 pessoas	3
Vivem 3 pessoas	4
Vivem 4 pessoas	5
Vivem 5 pessoas	6
Vivem 6 pessoas	7
Vivem 7 pessoas	8
Vivem mais de 7 pessoas	9

Código 2.9: Média escolar do núcleo familiar

ALTERNATIVAS	VALORES PONDERADOS
Pós-graduação	1
Graduação	2
Ensino médio	3
Ensino fundamental	4
Não-alfabetizado	5

Código 2.10: Residência (local) do núcleo familiar

ALTERNATIVAS	VALORES PONDERADOS
Casa rural	1
Vila	2
Distrito	3
Cidade	4

Capital do Estado	5
-------------------	---

Código 2.11: Total geral de pessoas na propriedade.

ALTERNATIVAS	VALORES PONDERADOS
1 pessoa	1
2 pessoas	2
3 pessoas	3
4 pessoas	4
5 pessoas	5
6 pessoas	6
7 pessoas	7
8 pessoas	8
9 pessoas	9
10 pessoas	10
11 pessoas	11
Mais de 11 pessoas	12

b) Variável Habitação

Quadro 03 - Diagnóstico sócio-econômico - códigos e critérios de estratificação, fator social, variável habitação

Código 3.1: Tipo de habitação

ALTERNATIVAS	VALORES PONDERADOS
Casa de qualquer tipo ótima	1
Casa de alvenaria boa	2
Casa de alvenaria ruim	3
Casa de tijolo e taipa	4
Casa de taipa boa (pau a pique boa)	5
Casa de taipa ruim (pau a pique ruim)	6
Casa de lata/papelão	7

Código 3.2: Número de compartimento na casa

ALTERNATIVAS	VALORES PONDERADOS
9 ou mais peças	1
8 peças	2
7 peças	3
6 peças	4
5 peças	5
4 peças	6
3 peças	7
2 peças	8
1 peça	9

Código 3.3: Número médio de pessoas por quarto (cômodo)

ALTERNATIVAS	VALORES PONDERADOS
1 pessoa	1
2 pessoas	2
3 pessoas	3
4 pessoas	4
5 pessoas	5

Código 3.4: Tipo de fogão

ALTERNATIVAS	VALORES PONDERADOS
Elétrico e gás	1
Microondas e gás	2
Gás	3
Gás e Lenha/carvão	4
Carvão / lenha	5

Código 3.5: Água consumida

ALTERNATIVAS	VALORES PONDERADOS
Potável	1
Não Potável	5

Código 3.6: Origem da água consumida na propriedade

ALTERNATIVAS	VALORES PONDERADOS
Rede pública	1
Poço/água doce	2
Bica/Cisterna	3
Cisterna	4
Açude/Rio/Riacho/Barreiro/Carro pipa	5

Código 3.7: Saneamento básico

ALTERNATIVAS	VALORES PONDERADOS
Privada em casa com descarga	1
Privada em casa sem descarga	2
Privada anexa	3
Não tem	5

Código 3.8: Esgoto

ALTERNATIVAS	VALORES PONDERADOS
Rede de esgoto	1
Poço negro ou fossa	3
Eliminação livre	5

Código 3.9: Eliminação de lixos

ALTERNATIVAS	VALORES PONDERADOS
Coleta	1
Enterra ou queima	3
Livre	5

Código 3.10: Eliminação de embalagens de agrotóxicos

ALTERNATIVAS	VALORES PONDERADOS
Recolhimento pelas próprias firmas vendedoras	1
Tríplice lavagem seguida de reciclagem	2
Reaproveita para o mesmo fim	3
Colocada em fossa para lixo tóxico	4
Queimada	5
Colocada em qualquer lugar	8
Reaproveita para o uso doméstico	9

Código 3.11: Tipo de piso

ALTERNATIVAS	VALORES PONDERADOS
Pedra polida(Mármore/Granito)	1

Cerâmica	2
Madeira	3
Mosaico	4
Cimento	5
Tijolo	6
Pedra bruta	7
Barro batido	8
Terra	9

Código 3.12: Tipo de parede

ALTERNATIVAS	VALORES PONDERADOS
Alvenaria boa com reboco	1
Alvenaria ruim	3
Taipa boa	5
Taipa ruim	7
Palha	9

Código 3.13: Tipo de telhado

ALTERNATIVAS	VALORES PONDERADOS
Telha	1
Laje	3
Zinco	5
Cimento amianto	7
Palha	9

Código 3.14: Altura de telhados(Pé direito)

ALTERNATIVAS	VALORES PONDERADOS
³ 2,60 m	1
de 2,40 m a 2,60	3
de 2,00 m a 2,40	5
de 1,80 m a 2,00	7
< 1,80 m	9

Código 3.15: Tipo de energia

ALTERNATIVAS	VALORES PONDERADOS
Eólica/solar e/ou biogás	1
Elétrica-Trifásica	2
Elétrica-Monofásica	3
Não tem	4

Código 3.16: Janelas

ALTERNATIVAS	VALORES PONDERADOS
1 em cada cômodo	1
Nos 4 lados	2
Nos 2 lados	3
Sem janelas	4

Código 3.17: Eletrodomésticos e eletrônicos

ALTERNATIVAS	VALORES PONDERADOS
Acima de 10 itens	1
entre 7 a 9 itens	2
entre 5 a 6 itens	3

entre 3 a 4 itens	4
entre 1 a 2 itens	5
Não tem	6

c) Variável Consumo de Alimento

Quadro 04 - Diagnóstico sócio-econômico - códigos e critérios de estratificação, fator social, variável consumo de alimento

Código 4.1 a 4.17: Consumo de alimento

CÓDIGO	TODOS OS ITENS	DIAS/ SEMANA	ALTERNATIVAS	V. P.
4.1	Consumo de leite e derivados	7	Muito alto	1
4.2	Consumo de carne (gado, porco ou caça)	6	Alto	2
4.3	Consumo de frutas	5	Médio alto	3
4.4	Consumo de legumes/verduras	4	Médio	4
4.5	Consumo de batata doce	3	Médio baixo	5
4.6	Consumo de ovos	2	Baixo	6
4.7	Consumo de massas (macarrão)	1	Muito baixo	7
4.8	Consumo de arroz e/ou feijão	nenhum	-	8
4.9	Consumo de peixes			
4.10	Consumo de aves / caça			
4.11	Consumo de café/chá			
4.12	Consumo de cuscuz			
4.13	Consumo de outros derivados do milho: Bolo/angu/xerém/manguzá			
4.14	Consumo de pão/bolacha/biscoito			
4.15	Consumo de Rapadura/doce			
4.16	Consumo de macaxeira			
4.17	Consumo de farinha de mandioca/tapioca e derivados			

d) Variável Participação em Organização (Associação)

Quadro 05 - Diagnóstico sócio-econômico - códigos e critérios de estratificação, fator social, variável participação em organização.

Código 5.1: Participação em organização (associação)

ALTERNATIVAS	CONSIDERAÇÃO	VALORES PONDERADOS
Se faz uso de máquinas/equipamentos coletivo	todos os 08 itens(sim)	1
Se participa de algum projeto comunitário/coletivo	7 itens (sim)	2
Se faz parte da diretoria	6 itens (sim)	3
Se ele participa das reuniões	5 itens (sim)	4
Se ele conhece o estatuto	4 itens (sim)	5
Se faz parte de associação	3 itens (sim)	6
Se faz parte de cooperativa	2 itens (sim)	7
Se é sindicalizado	só um item	8
Não faz parte		9

e) Variável Salubridade Rural

Quadro 06 - Diagnóstico sócio-econômico - códigos e critérios de estratificação, fator social, variável salubridade rural.

Código 6.1: Infestação de pragas (Nematóides, cupins, formigas, gafanhotos, lagartas, ectoparasitas, cochonilha, ratos, moscas, pulgas, pernilongos, piolhos, baratas e verminose animal)

Outras:

ALTERNATIVAS	VALORES PONDERADOS
Nula	1
Baixa	3
Média	5
Alta	7
Impeditiva	10
NULA - Sem infestação BAIXA - Pequena infestação MÉDIA - Infestação de gravidade média ALTA - Infestação intensa e extensa IMPEDITIVA - Infestação tão grande que impossibilita a exploração do terreno	

Código 6.2: Combate a pragas

ALTERNATIVAS	VALORES PONDERADOS
MIP(Manejo Integrado de Pragas)	1
Sistemático (Periódico)	3
Eventual	5
Nunca	7

Código 6.3: Salubridade humana

ALTERNATIVAS	VALORES PONDERADOS
Ótima	1
Regular	3
Baixa	5
Má	7
Inóspita	10
Obs.: As condições do ambiente afetam o bem-estar e a sanidade das plantas, do gado e do homem, especialmente no tocante à temperatura, à umidade relativa do ar e à ocorrência de moléstias e pragas endêmicas, tais como impaludismo, anemia, esquistossomose, doença de chagas, infestação de piolhos, sujeira ambiental, entre outros. ÓTIMA - Trabalho humano fácil, sem calor, umidade relativa do ar boa, sem endemias REGULAR - Temperatura e umidade relativa do ar suave, presença de endemias BAIXA - Temperatura e umidade relativa do ar elevadas, infestações de endemias MÁ - Clima excessivamente quente e úmido, aspecto ambiental sujo, com infestação de endemias INÓSPITA - Clima excessivamente quente e úmido, aspecto ambiental imundo, com infestação de endemias	

f) Variável aplicação das leis

Quadro 07 - Diagnóstico sócio-econômico - códigos e critérios de estratificação, fator social, variável aplicação das leis

Código 7.1: Trabalho infantil.

ALTERNATIVAS	VALORES PONDERADOS
Não existe	1
Existe	3

Código 7.2: Regime de trabalho

ALTERNATIVAS	VALORES PONDERADOS
Não existe	3
Existe	1

Código 7.3: Carteira de trabalho

ALTERNATIVAS	VALORES PONDERADOS
Não existe	3
Existe	1

FATOR ECONÔMICO

a) Variável Produção

Quadro 08 - Diagnóstico sócio-econômico - códigos e critérios de estratificação, fator econômico, variável produção.

Código 8.1: Variável produtividade agrícola média

ALTERNATIVAS	VALORES PONDERADOS
Acima da média	1
Na média	2
Abaixo da média	3
Não Produz	4

Principais tipos de cultivos a considerar: Milho, batata, sorgo, girassol, algodão, mandioca, feijão, hortaliças, cana-de-açúcar, tomate, cebola, verduras em geral, frutas em geral etc..

Códigos 8.2 e 8.3: Florestamento e pastagens plantadas

CÓDIGO	ALTERNATIVAS	VALORES PONDERADOS	
8.2	Florestamentos (Incluir mata nativa) / arborização	≥25% da área	1
		< 25% da área	2
		Não tem	3
8.3	Pastagens plantadas (Capineira, palma, capim pastoreio)	Conservadas	1
		Abandonadas	2
		Não tem	3

b) Variável Animais de Trabalho

Quadro 09 - Diagnóstico sócio-econômico - códigos e critérios de estratificação, fator econômico, variável animais de trabalho.

Códigos 9.1: Variável: animais de trabalho

	ALTERNATIVAS	VALORES PONDERADOS
	Boi+cavalo+Jumento/Burro (03 animais de uso para o trabalho rural-Transporte de produção, aração...)	1
	Apenas dois deles	2
	Apenas um deles	3
	Nenhum deles	7

c) Variável Animais de Produção

Quadro 10 - Diagnóstico sócio-econômico - códigos e critérios de estratificação, fator econômico, variável animais de produção.

Código 10.1: Variável animais de produção

	ALTERNATIVAS	VALORES PONDERADOS
	Possui mais de 6 tipos de animais de produção	1
	Possui 5 tipos de animais de produção	2
	Possui 4 tipos de animais de produção	3
	Possui 3 tipos de animais de produção	4
	Possui 2 tipos de animais de produção	5
	Possui 1 tipos de animais de produção	6
	Não possui tipo de animal	10

d) Variável Comercialização, Crédito e Rendimento

Quadro 11 - Diagnóstico sócio-econômico - códigos e critérios de estratificação, fator econômico, variável comercialização, crédito e rendimento.

Código 11.1: A quem vende a produção de origem agrícola

ALTERNATIVAS	VALORES PONDERADOS
Consumidor	1
Cooperativas	2
Ceasa	3
Agroindústria	4
Mercadinho (varejo)	5
Intermediário	6
Não vende	7

Código 11.2: A quem vende a produção de origem pecuária

ALTERNATIVAS	VALORES PONDERADOS
Consumidor	1
Cooperativas	2
Feira de animais	3
Frigoríficos (abatedouro)	4
Marchante (varejo)	5
Intermediário	6
Não vende	7

Código 11.3: A quem vende a produção de origem florestal (umbu, carvão, castanha, lenha)

ALTERNATIVAS	VALORES PONDERADOS
Consumidor	1
Cooperativas	2
Ceasa	3
Agroindústria	4
Mercadinho (varejo)	5
Intermediário	6
Não vende	7

Código 11.4: Fonte principal de crédito agrário

ALTERNATIVAS	VALORES PONDERADOS		
Recurso próprio	1		
Fundo rotativo	2	O produtor recebe o bem e repõe num tempo estabelecido para atender outro produtor	Fundo constituído com recursos próprio de um grupo
Banco Oficial	3		
Cooperativas	4		
Agroindústria/ Frigoríficos	5		
Bancos particulares	6		
Agiota (particulares)	7		
Não tem acesso ao crédito	8		

Código 11.5: Renda bruta aproximada da propriedade (mensal)

ALTERNATIVAS	VALORES PONDERADOS
≥ 5 salários mínimos	1
4 – 5 salários mínimos	2
3 – 4 salários mínimos	3
2 – 3 salários mínimos	4
1 – 2 salários mínimos	5
½ – 1 salários mínimos	6
Até ½ salário mínimo	7

Código 11.6: Outras rendas

ALTERNATIVAS	VALORES PONDERADOS
Tem	1
Não tem	2
Qual é a fonte:	

Código 11.7: Renda total

ALTERNATIVAS	VALORES PONDERADOS
> 5 salários mínimos	1
>4 – 5 salários mínimos	2
>3 – 4 salários mínimos	3

>2 – 3 salários mínimos	4
>1 – 2 salários mínimos	5
>½ – 1 salários mínimos	6
Até ½ salário mínimo	7

FATOR TECNOLÓGICO

a) Variável Tecnológica

Quadro 12 - Diagnóstico sócio-econômico - códigos e critérios de estratificação, fator tecnológico, variável tecnológica.

Código 12.1: Área da propriedade (em ha)

Alternativas	VALORES PONDERADOS
Mais de 200 ha e com aproveitamento acima de 50%	1
De 101 a 200 ha e com aproveitamento acima de 50%	2
De 21 a 100 ha e com aproveitamento acima de 50%	3
Menos de 20 ha e com aproveitamento acima de 50%	4
Mais de 20 ha e com aproveitamento de até 50%	5
Menos de 20 ha e com aproveitamento de até 50%	6

Código 12.2: Tipo de posse

ALTERNATIVAS	VALORES PONDERADOS
Proprietário	1
Posseiro da reforma agrária	2
Arrendatário	3
Meeiro	4
Ocupante/Posseiro ilegal	5

Código 12.3: Uso de agrotóxicos (fungicidas, inseticidas, herbicidas)

ALTERNATIVAS	VALORES PONDERADOS
Controle biológico	1
MIP (Manejo Integrado de Pragas)	2
Ocasional	5
Não utiliza	3
Regular	10

Código 12.4: Adubação e/ou calagem

ALTERNATIVAS	VALORES PONDERADOS
Não usa	5
Ocasional	4
Química, segundo orientação técnica	3
Orgânica	2
Terra classe I, II ou A (Sicco Smit) - Não necessita	1

Código 12.5: Tipo de ferramentas/implementos que possui para lidar na propriedade.

ALTERNATIVAS	VALORES PONDERADOS
Ambas	1
Mecânica	2
Manual	3

ALTERNATIVAS	VALORES PONDERADOS
Veículo Utilitário (Pick-up)	1
Transporte alternativo	2
Veículo de passeio	3
Onibus	4
Motocicleta	5
Carroça com tração animal	6
Cavalo, Burro, Jumento...	7
Bicicleta	8
Carroça-de-mão	10
Não tem	15

Código 12.6: Logística na propriedade (tipo de transporte para escoamento da produção e meio de locomoção)

Observação: Uso agrícola não adequado, lixos, esgoto a céu aberto ou em rios, criação de porcos sem orientação técnica, matadouros, minerações irregulares, lançamento de recipientes de agrotóxicos a céu aberto, etc

Código 12.7: Tipo de uso do solo na propriedade

ALTERNATIVAS	VALORES PONDERADOS
Plantio em contorno (terraceamento)	1
Morro abaixo (a favor do declive)	10

Código 12.8: Práticas de preservação e conservação (solo, água, fauna e flora).

ALTERNATIVAS	VALORES PONDERADOS
Utiliza	1
Não utiliza	10

Código 12.9: Conflitos ambientais observados

ALTERNATIVAS	VALORES PONDERADOS
Sim (há conflito)	10
Não	1

Código 12.10: Irrigação em horta, pomar ou jardim

ALTERNATIVAS	VALORES PONDERADOS
Regular	1
Ocasional (suplementar)	3
Não utiliza	5

Código 12.15: Sabe executar técnicas de preservação e conservação (solo, água, fauna e flora).

ALTERNATIVAS	VALORES PONDERADOS
Bastante	1
Alguma coisa	5
Não	10

b) Variável Maquinário e verticalização da produção (Industrialização Rural)

Quadro 13 - Diagnóstico socioeconômico - códigos e critérios de estratificação, fator tecnológico, variável maquinário e industrialização rural.

Código 13.1: Possui máquinas agrícolas e implementos

ALTERNATIVAS	VALORES PONDERADOS
Parque de máquinas completo	1
Os principais necessários	2
Alguns	3
Nenhum	4

Código 13.2: Faz agregação de valores através do processamento de madeiras, frutas, leite, carne, mel, peles, peixes e outros

ALTERNATIVAS	VALORES PONDERADOS
Processamento com qualidade	1
Processamento rústico	3
Não	5

Código 13.3: Algum tipo de artesanato

ALTERNATIVAS	VALORES PONDERADOS
Sim, para venda regularmente	1
Sim, para consumo próprio	3
Não	5