



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



**ESTABELECIMENTO DE METODOLOGIA PARA A CONSERVAÇÃO E
RECUPERAÇÃO DE PEQUENAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DO SEMIÁRIDO**

Hugo Morais de Alcântara

Campina Grande - PB
Agosto de 2013

HUGO MORAIS DE ALCÂNTARA

**ESTABELECIMENTO DE METODOLOGIA PARA A CONSERVAÇÃO E
RECUPERAÇÃO DE PEQUENAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DO SEMIÁRIDO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos para a obtenção do título de “Doutor em Recursos Naturais”. Área de concentração: Manejo de Bacias Hidrográficas.

**Orientadores: Dr. Carlos de Oliveira Galvão
Dr. José Dantas Neto**

**Campina Grande - PB
Agosto de 2013**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

A347e Alcântara, Hugo Morais de.
Estabelecimento de metodologia para a conservação e recuperação de pequenas bacias hidrográficas do semiárido / Hugo Morais de Alcântara. -- 2013.
141 f. : il. Color.

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

"Orientação: Prof. Dr. Carlos de Oliveira Galvão, Prof. Dr. José Dantas Neto".

Referências.

1. Estratégias de Conservação. 2. Modelagem Ambiental. 3. Semiárido. I. Galvão, Carlos de Oliveira. II. Dantas Neto, José. III. Título.

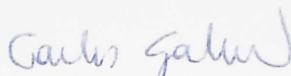
CDU 556.18 (043)

HUGO MORAIS DE ALCÂNTARA

**ESTABELECIMENTO DE METODOLOGIA PARA A CONSERVAÇÃO E
RECUPERAÇÃO DE PEQUENAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DO SEMIÁRIDO**

APROVADA EM: 29 / 08 / 2013

BANCA EXAMINADORA



Dr. CARLOS DE OLIVEIRA GALVÃO

Orientador

Centro de Tecnologia e Recursos Naturais – CTRN
Universidade Federal de Campina Grande - UFCG



Dr. JOSÉ DANTAS NETO

Orientador

Centro de Tecnologia e Recursos Naturais – CTRN
Universidade Federal de Campina Grande - UFCG



Dra. ANNEMARIE KÖNIG

Examinadora Interna

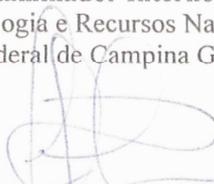
Centro de Tecnologia e Recursos Naturais – CTRN
Universidade Federal de Campina Grande - UFCG



Dr. MARX PRESTES BARBOSA

Examinador Interno

Centro de Tecnologia e Recursos Naturais – CTRN
Universidade Federal de Campina Grande - UFCG



Dr. JOSÉ ETHAM DE LUCENA BARBOSA

Examinador Externo

Centro de Ciências Humanas – CH
Universidade Federal de Campina Grande – UFCG



Dr. ABELARDO ANTONIO A. MONTENEGRO

Examinador Externo

Departamento de Tecnologia Rural – DTR
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE

Agradecimentos

Aos professores Carlos de Oliveira Galvão e José Dantas Neto pela orientação, apoio, incentivo, acompanhamento, contribuições, ajuda, compreensão e consideração.

Aos professores e funcionários vinculados ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais pela oportunidade a que me foi concedida na concretização deste curso e apoio concedido.

Aos funcionários da Fazenda Experimental de São João do Cariri (CCA/UFPB) e da Bacia Escola de São João do Cariri, PB.

Aos professores que fizeram parte do processo de qualificação e defesa de tese Annemarie König, Márcio de Matos Caniello, Marx Prestes Barbosa, Abelardo Antônio A. Montenegro, Beatriz Suzana Ovruski de Ceballos, Celso Augusto Guimarães Santos e José Ethan de Lucena Barbosa, pelas relevantes contribuições e sugestões que enriqueceram o trabalho.

Ao Departamento de Engenharia Civil do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande e em especial a todos que fazem parte da equipe do Laboratório de Hidráulica.

A todos os servidores do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido, campus de Sumé da Universidade Federal de Campina Grande.

Aos professores Aldinete Bezerra Barreto Anastácio, Adriana Meira de Fátima Vital, Alecksandra Vieira de Lacerda, Carina Seixas Maia Dornelas, Cecir Barbosa de Almeida Farias, Daisy Bezerra Lucena, Joelma Sales dos Santos, John Elton de Brito Leite Cunha, Paulo da Costa Medeiros e Tatiana Araújo Simões pelo apoio concedido em diversos momentos de realização deste curso.

Ao Professor Ricardo de Aragão da Universidade Federal de Sergipe por seu apoio, colaboração e disponibilidade para desvendar os detalhes de funcionamento do modelo SWAT.

A Itamara Mary Leite de Menezes Taveira por sua ajuda, presteza e colaboração com o modelo de simulação de processos ambientais, o SWAT.

A todos os alunos do Centro de Tecnologia em Recursos Naturais e do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido que ajudaram direta e indiretamente da execução das atividades de campo, de processamento dos dados e de modelagem no início de utilização do SWAT.

Aos produtores rurais e moradores das comunidades rurais de Curral do Meio e Poço de Pedras, município de São João do Cariri, PB.

Ao meu amigo Nivaldo Maracajá Filho por sua colaboração nas visitas de reconhecimento e durante a caminhada transversal. Sem a sua colaboração o acesso as comunidades, aos produtores rurais e no levantamento das informações sociais, econômicas e ambientais teria sido dificultado ou, até mesmo, inviabilizado a aplicação da metodologia na área de estudo.

A minha esposa Fabrícia e filhas Maria Beatriz e Bianca Maria pela dedicação, companheirismo e acima de tudo pela compreensão em relação às horas que estive ausente.

À Deus por ter me concedido saúde durante o período de realização deste trabalho.

RESUMO

ALCÂNTARA, H. M. Estabelecimento de metodologia para a conservação e recuperação de pequenas bacias hidrográficas do semiárido. 2013. 141 f. il. Tese. Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB. Orientadores: Profs. Dr. Carlos de Oliveira Galvão e Dr. José Dantas Neto.

Em regiões tropicais, como o semiárido brasileiro, a redução de áreas de florestas por meio da extração de lenha, da agricultura e pecuária de subsistência, associada à variabilidade espacial e temporal dos regimes climático e hidrológico, têm contribuído significativamente para a degradação ambiental de extensas áreas. Estudos em bacias experimentais têm evidenciado o papel da cobertura vegetal sobre a redução da erosão como um dos principais fatores para a conservação de pequenas bacias rurais, mas em geral não consideram as relações do homem com o ambiente. Esta tese tem como o principal problema de pesquisa a conservação e/ou recuperação ambiental de pequenas bacias hidrográficas rurais na região do semiárido brasileiro. A hipótese que norteia o trabalho é que uma metodologia que considere cenários futuros de uso e ocupação do solo e as relações do homem com o meio ambiente resultará em uma maior possibilidade de implementação das estratégias conservacionistas. O objetivo deste trabalho é a proposição de metodologia para a seleção de estratégias de conservação e/ou recuperação de pequenas bacias hidrográficas do semiárido, na perspectiva dos recursos hídricos, através de modelagem ambiental, considerando a aceitabilidade social dessas estratégias pelas comunidades rurais que ocupam as bacias. A metodologia proposta enfatiza a necessidade de uma caracterização ambiental considerando fatores climáticos, hidrológicos, políticos, econômicos e sociais, para embasar um planejamento conservacionista realista, viável e que esteja em sintonia com as necessidades dos produtores rurais. Advoga-se o uso de entrevistas e reuniões com os produtores e de modelos de simulação ambiental como ferramental. Os modelos podem contribuir na localização de áreas críticas e fornecer subsídios para a identificação de potenciais estratégias para a redução dos processos erosivos em diferentes escalas espaciais. A metodologia foi aplicada em uma pequena bacia hidrográfica do semiárido do estado da Paraíba. Estratégias candidatas de conservação e recuperação da bacia foram identificadas por meio de reuniões com grupos focais de produtores rurais. O modelo hidrossedimentológico SWAT foi usado com o objetivo de estimar a produção de sedimentos e a lâmina escoada. Foram simulados, com dados climáticos do período de 1998 a 2012, quatro cenários de uso e ocupação do solo montados de acordo com o levantamento de opiniões dos produtores rurais, tendo sido contempladas as estratégias com maior aceitabilidade social. O envolvimento da sociedade nas discussões e negociações ajuda a incorporar, no planejamento de uso dos recursos naturais, aspectos ambientais, culturais e sociais. Os resultados das simulações indicam uma estimativa anual da produção de sedimentos para o cenário atual de uso e ocupação do solo superando de 1,7 a 2,7 vezes os limites de tolerância de perda de solo estabelecidos em nível mundial, porém as estratégias de alterações de uso e ocupação do solo podem reduzir quase totalmente a produção anual de sedimentos e aumentar a produção de água na bacia em até 55,0%. Uma vantagem da metodologia proposta é que, através de uma lista de indicadores socioeconômicos e ambientais, a comunidade pode participar ativamente da pesquisa de campo, tornando-se parte integrante do gerenciamento dos recursos naturais.

Palavras-chave: Estratégias de conservação. Modelagem ambiental. Semiárido.

ABSTRACT

ALCÂNTARA, H. M. Establishment of methodology for the conservation and restoration of small semiarid catchments. 2013. 141 f. il. Thesis. Post-Graduate Program in Natural Resources, Center for Technology and Natural Resources, Federal University of Campina Grande, Campina Grande, PB. Supervisors: Profs. Dr. Carlos de Oliveira Galvão and Dr. José Dantas Neto.

In tropical regions, such as the Brazilian semiarid region, the reduction of forest areas by extracting firewood, subsistence agriculture and livestock, associated with spatial and temporal variability of the climatic and hydrological regimes, have significantly contributed to environmental degradation of extensive areas. Research in experimental basins have shown the role of vegetation on erosion reduction as a major factor for the conservation of small rural basins, but generally do not consider the relationship between human society and the environment. This thesis has as its main research problem the conservation and/or environmental remediation of small rural watersheds in the semiarid region of Brazil. The hypothesis that guides the work is that a methodology that considers future scenarios of land use and occupation and the communities' relationships with the environment will result in a greater possibility of implementation of conservation strategies. The objective of this work is to propose a methodology for the selection of strategies for conservation and/or restoration of small watersheds, from a water resources viewpoint through environmental modeling, considering the social acceptability of these strategies by rural communities that occupy the basins. The methodology emphasizes the need for environmental characterization considering climatic, hydrological, political, economic and social aspects, to support a realistic and feasible conservation planning, considering the farmers' needs. It advocates the use of interviews and meetings with farmers and environmental simulation models as methodological tools. Models can help in locating critical areas and provide tools for identifying potential strategies to reduce erosion at different spatial scales. The methodology was applied in a small watershed in semiarid region of the State of Paraíba. Candidate strategies for the conservation and restoration of the basin were identified through meetings with focus groups of farmers. The SWAT hydrological model was used to estimate sediment production and runoff. Four scenarios of land use and occupation were simulated using climate data for the period 1998-2012. The scenarios were selected according to the opinions of farmers, having been contemplated strategies with greater social acceptability. Society involvement in the discussions and negotiations helps to incorporate environmental, cultural and social aspects in the planning process. Simulation results show an estimate of annual sediment yield at the current scenario of the use and occupation of land exceeding 1.7 to 2.7 times the tolerance limits established for soil loss worldwide, but the restoration strategies can reduce almost totally the annual sediment yield and increase water production in the basin up to 55.0%. An advantage of the proposed methodology is that through a list of socioeconomic and environmental indicators, the community can actively participate in the field research, becoming an integral part of natural resource management.

Keywords: Conservation strategies. Environmental modeling. Semiarid.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Regiões subúmida seca, semiárida, árida e hiperárida	20
Figura 2	Nova área de abrangência da região do semiárido brasileiro	21
Figura 3	Mesorregião da Borborema	25
Figura 4	Microrregiões do Cariri paraibano	26
Figura 5	Localização da bacia hidrográfica do rio Taperoá, PB	35
Figura 6	Etapas do processo de planejamento racional do uso da terra	42
Figura 7	Bacias experimentais de São João do Cariri (BESJC), de Sumé (BES), das bacias de Poço de Pedras e do rio Paraíba	57
Figura 8	Localização da área de estudo, MDE do terreno e limites das propriedades rurais	58
Figura 9	Modelo descritivo das fases e etapas de desenvolvimento da metodologia proposta	59
Figura 10	Mapa de cobertura do solo para a bacia hidrográfica Marias Pretas	60
Figura 11	Climatograma para o município de São João do Cariri, PB, período de 1985 a 2012	63
Figura 12	Escolaridade dos chefes de família	75
Figura 13	Faixa etária dos chefes de família entrevistados	76
Figura 14	Número de cômodos das residências	77
Figura 15	Tipo de material construtivo predominante das residências	77
Figura 16	Equipamentos disponíveis nas cozinhas das residências	78
Figura 17	Tipo de espécies vegetais utilizadas como matriz energética nas residências	79
Figura 18	Periodicidade de remoção de madeira utilizada nas residências	79
Figura 19	Biodigestor de campânula móvel	80
Figura 20	Fonte de água utilizada para higiene pessoal e na residência	81
Figura 21	Formas de armazenamento de água utilizada para higiene pessoal e na residência	81
Figura 22	Origem da água para consumo humano	82
Figura 23	Forma de armazenamento da água para consumo humano	82
Figura 24	Formas de captação de água para consumo humano antes do PM1C	83
Figura 25	Forma de obtenção de água para consumo após o término da água de chuva armazenada nas cisternas	84
Figura 26	Destino da água utilizada nos banheiros	85
Figura 27	Destino da água utilizada nas cozinhas	85
Figura 28	Formas de acondicionamento do lixo	86
Figura 29	Destino do lixo produzido nas propriedades e suas residências	87

Figura 30	Utilização de defensivos químicos na agricultura	88
Figura 31	Renda familiar declarada	88
Figura 32	Participação dos produtores rurais em algum programa social	89
Figura 33	Exploração do solo as propriedades	90
Figura 34	Tipos de cultivo utilizados nas propriedades rurais da área de estudo	91
Figura 35	Sistemas de irrigação utilizados na área da bacia hidrográfica de Marias Pretas	92
Figura 36	Instalações do Programa Agroecológico Integrado Sustentável na comunidade rural de Curral do Meio	92
Figura 37	Sistema simplificado de abastecimento de água na comunidade rural de Curral do Meio	93
Figura 38	Animais existentes nas propriedades rurais visitadas	94
Figura 39	Animais criados para a obtenção ou complementação de renda	95
Figura 40	Criação de bovinos na comunidade rural de Poço de Pedras	96
Figura 41	Ovinos presentes na área de estudo	97
Figura 42	Cenários atual e alternativos de uso e ocupação do solo para a bacias de Marias Pretas: cenário 1 (a), cenário 2 (b), cenário 3 (c) e cenário 4 (d)	99
Figura 43	Estimativa da produção de sedimentos na bacia Marias Pretas no ano de 2000 para os quatro cenários simulados: cenário 1 (a), cenário 2 (b), cenário 3 (c) e cenário 4 (d)	102
Figura 44	Estimativa da produção de sedimentos na bacia Marias Pretas no ano de 2002 para os quatro cenários simulados: cenário 1 (a), cenário 2 (b), cenário 3 (c) e cenário 4 (d)	102
Figura 45	Estimativa da produção de sedimentos na bacia Marias Pretas no ano de 2004 para os quatro cenários simulados: cenário 1 (a), cenário 2 (b), cenário 3 (c) e cenário 4 (d)	102
Figura 46	Estimativa da produção de sedimentos na bacia Marias Pretas no ano de 2008 para os quatro cenários simulados: cenário 1 (a), cenário 2 (b), cenário 3 (c) e cenário 4 (d)	103
Figura 47	Estimativa da produção de sedimentos na bacia Marias Pretas no ano de 2011 para os quatro cenários simulados: cenário 1 (a), cenário 2 (b), cenário 3 (c) e cenário 4 (d)	103
Figura 48	Estimativa da lâmina escoada (mm) na bacia Marias Pretas no ano de 2011 para os quatro cenários simulados: cenário 1 (a), cenário 2 (b), cenário 3 (c) e cenário 4 (d)	106
Figura 49	Estimativa da produção de sedimentos na bacia Marias Pretas no ano de 2003 para os quatro cenários simulados: cenário 1 (a), cenário 2 (b), cenário 3 (c) e cenário 4 (d)	134
Figura 50	Estimativa da produção de sedimentos na bacia Marias Pretas no ano de 2005 para os quatro cenários simulados: cenário 1 (a), cenário 2 (b), cenário 3 (c) e cenário 4 (d)	134
Figura 51	Estimativa da produção de sedimentos na bacia Marias Pretas no ano de 2006 para os quatro cenários simulados: cenário 1 (a), cenário 2 (b), cenário 3 (c) e cenário 4 (d)	134

Figura 52	Estimativa da produção de sedimentos na bacia Marias Pretas no ano de 2007 para os quatro cenários simulados: cenário 1 (a), cenário 2 (b), cenário 3 (c) e cenário 4 (d)	135
Figura 53	Estimativa da produção de sedimentos na bacia Marias Pretas no ano de 2009 para os quatro cenários simulados: cenário 1 (a), cenário 2 (b), cenário 3 (c) e cenário 4 (d)	135
Figura 54	Estimativa da produção de sedimentos na bacia Marias Pretas no ano de 2010 para os quatro cenários simulados: cenário 1 (a), cenário 2 (b), cenário 3 (c) e cenário 4 (d)	135
Figura 55	Estimativa da produção de sedimentos na bacia Marias Pretas no ano de 2012 para os quatro cenários simulados: cenário 1 (a), cenário 2 (b), cenário 3 (c) e cenário 4 (d)	136
Figura 56	Estimativa da lâmina escoada (mm) na bacia Marias Pretas no ano de 2000 para os quatro cenários simulados: cenário 1 (a), cenário 2 (b), cenário 3 (c) e cenário 4 (d)	138
Figura 57	Estimativa da lâmina escoada (mm) na bacia Marias Pretas no ano de 2002 para os quatro cenários simulados: cenário 1 (a), cenário 2 (b), cenário 3 (c) e cenário 4 (d)	138
Figura 58	Estimativa da lâmina escoada (mm) na bacia Marias Pretas no ano de 2003 para os quatro cenários simulados: cenário 1 (a), cenário 2 (b), cenário 3 (c) e cenário 4 (d)	138
Figura 59	Estimativa da lâmina escoada (mm) na bacia Marias Pretas no ano de 2004 para os quatro cenários simulados: cenário 1 (a), cenário 2 (b), cenário 3 (c) e cenário 4 (d)	139
Figura 60	Estimativa da lâmina escoada (mm) na bacia Marias Pretas no ano de 2005 para os quatro cenários simulados: cenário 1 (a), cenário 2 (b), cenário 3 (c) e cenário 4 (d)	139
Figura 61	Estimativa da lâmina escoada (mm) na bacia Marias Pretas no ano de 2006 para os quatro cenários simulados: cenário 1 (a), cenário 2 (b), cenário 3 (c) e cenário 4 (d)	139
Figura 62	Estimativa da lâmina escoada (mm) na bacia Marias Pretas no ano de 2007 para os quatro cenários simulados: cenário 1 (a), cenário 2 (b), cenário 3 (c) e cenário 4 (d)	140
Figura 63	Estimativa da lâmina escoada (mm) na bacia Marias Pretas no ano de 2008 para os quatro cenários simulados: cenário 1 (a), cenário 2 (b), cenário 3 (c) e cenário 4 (d)	140
Figura 64	Estimativa da lâmina escoada (mm) na bacia Marias Pretas no ano de 2009 para os quatro cenários simulados: cenário 1 (a), cenário 2 (b), cenário 3 (c) e cenário 4 (d)	140
Figura 65	Estimativa da lâmina escoada (mm) na bacia Marias Pretas no ano de 2010 para os quatro cenários simulados: cenário 1 (a), cenário 2 (b), cenário 3 (c) e cenário 4 (d)	141
Figura 66	Estimativa da lâmina escoada (mm) na bacia Marias Pretas no ano de 2012 para os quatro cenários simulados: cenário 1 (a), cenário 2 (b), cenário 3 (c) e cenário 4 (d)	141

LISTA DE TABELAS E QUADROS

Quadro 1	Alguns modelos utilizados para simular processos hidrológicos ou erosivos em escalas de campo e de bacia hidrográfica	52
Tabela 1	Características físicas e morfológicas da bacia Marias Pretas	61
Tabela 2	Parâmetros alterados de cobertura vegetal em relação ao banco de dados do SWAT	71
Tabela 3	Parâmetros calibrados para a Bacia Representativa de Sumé, PB	72
Tabela 4	Lâmina escoada (Q) e produção anual de sedimentos (PS)	104
Tabela 5	Variação da lâmina escoada considerando os cenários alternativos de uso e ocupação do solo (C2 – C4) em relação ao cenário atual (C1)	105
Tabela 6	Variação da carga de sedimentos considerando os cenários alternativos de uso e ocupação do solo (C2 – C4) em relação ao cenário atual (C1)	106
Tabela 7 (a)	Totais mensais de precipitação e da estimativa da produção de sedimentos para os anos de 2000 e 2010	108
Tabela 7 (b)	Totais mensais de precipitação e da estimativa da produção de sedimentos para os anos de 2006 e 2011	108
Tabela 8	Totais mensais de precipitação e da estimativa da produção de sedimentos para os anos de 2004 e 2008	109

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AESA	Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba
ASA	Articulação no Semiárido Brasileiro
APP	Área de Proteção Permanente
AGNPS	Agricultural Non-Point Source Pollution Model
ALPHA_BF	Fator de fluxo de base que determina o número de dias para que o fluxo subterrâneo atinja o canal
BASINS	Better Assessment Science Integrating Point e Non-Point Sources
BESJC	Bacia Escola de São João do Cariri
BID	Banco Interamericano de Desenvolvimento
BLAI	Índice de área foliar máximo
BRRT	Bacia Representativa do Rio Taperoá
BRS	Bacia Representativa de Sumé
CN ₂	Valor de curva número da umidade do solo na condição II
CHDM	Catchment Hydrology Distributed Model
CHTMX	Altura máxima da copa das árvores
CLAY	Porcentagem de argila presente no solo
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CNRBC	Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Caatinga
CREAMS	Chemicals, Runoff, and Erosion from Agricultural Management Systems
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPA	US Environmental Protection Agency
EPIC	Erosion-Productivity Impact Calculator
ESCO	Coefficiente de compensação da evaporação do solo
EUPS	Equação Universal de Perda de Solo
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
FGRW1	Fração do primeiro ponto ideal de desenvolvimento da planta
FGRW2	Fração do segundo ponto ideal de desenvolvimento da planta
GW_REVAP	Coefficiente de REVAP utilizado para promover a ascensão capilar da água
HEC-GeoHMS	Hydrologic Modeling Extension
HRU	Hydrologic Response Units
HYLUC	Hydrological Land Use Change
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
IRD/OSTROM	Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Francês
KINEROS2	Kinematic Runoff and Erosion Model
LAIMX1	Fração do índice de área foliar para o primeiro período de desenvolvimento da planta
LAIMX2	Fração do índice de área foliar para o segundo período de desenvolvimento da planta
LANDSAT	Land Remote Sensing Satellite
MEC	Ministério da Educação e Cultura
MODIS	Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer
NLAYERS	Número de camadas do solo
OECD	Organization for Economic Co-operation and Development
PAA	Programa de Aquisição de Alimentos
PAIS	Produção Agroecológica Integrada e Sustentável
PA's	Projetos de Assentamentos Rurais de Reforma Agrária
PATAC	Programa de Aplicação de Tecnologia Apropriada as Comunidades
PDCT/NE	Programa de Desenvolvimento Científico e Tecnológico para o Nordeste
PELD	Programa Ecológico de Longa Duração
PIs	Planos de Informação Cartográficos
PNAD	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios
PS	Produção de Sedimentos
P1MC	Programa um Milhão de Cisternas
Q	Vazão em lâmina
RDMX	Profundidade máxima das raízes
RECHRG_DP	Fração da água que percola e abastecerá o aquífero subterrâneo profundo
REHISA	Rede de Hidrologia do Semiárido
REVAP	Processo de ascensão pela franja capilar da água que adentra a zona vadosa antes de atingir a recarga subterrânea
REVAPMN	Valor limite a ser superado pela lâmina que percola para favorecer o processo de REVAP
RPPN's	Reservas Particulares do Patrimônio Natural
SAND	Porcentagem de areia presente no solo
SILT	Porcentagem de silte presente no solo
SOL_AWC	Água disponível no solo
SOL_K	Condutividade hidráulica saturada
SOL_Z	Profundidade da camada do solo

SOL_ZMX	Profundidade máxima do solo
SPSS	Statistical Package for Social Sciences
SRD	Sem Raça Definida
SUDENE	Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste
SURLAG	Coefficiente de retardo do escoamento
SWAT	Soil and Water Assessment Tool
SWRRB	Simulator for Water Resources in Rural Basins
T	Tolerância a Erosão
UEPB	Universidade Estadual da Paraíba
UFCG	Universidade Federal de Campina Grande
UFPB	Universidade Federal da Paraíba
USACE	United States Army Corps of Engineers
WEPP	Water Erosion Prediction Project
WESP	Watershed Erosion Simulation Program
ΔQ	Varição da Lâmina Escoada
ΔSed	Varição da Produção de Sedimentos

SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

LISTA DE TABELAS E QUADROS

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO 16

CAPÍTULO II

REVISÃO DE LITERATURA 20

2.1 Regiões áridas e semiáridas 20

2.2 O semiárido brasileiro 20

2.2.1 Aspectos gerais 20

2.2.2 A mesorregião da Borborema 25

2.2.3 O Cariri paraibano 26

2.2.4 A ocupação do Cariri paraibano 27

2.2.5 A bacia hidrográfica do rio Taperoá 35

2.3 O planejamento racional de uso e ocupação do solo 37

2.3.1 Estudos de monitoramento e restauração ambiental 37

2.3.2 Planejamento do desenvolvimento e o meio ambiente 40

2.3.3 Indicadores para a avaliação ambiental 42

2.3.4 Pesquisa ambiental qualitativa 44

2.3.5 Modelagem ambiental e hidrossedimentológica 47

2.3.6 Uso do modelo SWAT 52

CAPÍTULO III

MATERIAL E MÉTODOS 55

3.1 Caso de estudo 55

3.1.1 Seleção da área de estudo 57

3.2 Metodologia 58

3.2.1	Diagnóstico da bacia hidrográfica	60
3.2.2	Identificação de estratégias de preservação e recuperação	65
3.2.3	Geração, simulação e avaliação de cenários	67
3.2.3.1	O modelo de simulação de processos ambientais (SWAT)	68
3.2.3.2	Dados de entrada do SWAT	70
3.2.4	Verificação da aceitabilidade social das estratégias	72
3.2.5	Reavaliação	73
CAPÍTULO IV		
RESULTADOS E DISCUSSÃO		
4.1	Aspectos sociais econômicos e produtivos	74
4.1.1	Escolaridade	75
4.1.2	Faixa etária	76
4.1.3	Descrição geral das propriedades e das residências	76
4.1.4	Uso da lenha e madeira nas propriedades	78
4.1.5	Abastecimento e armazenamento de água	80
4.1.6	Esgotamento sanitário e resíduos sólidos	85
4.1.7	Renda familiar	88
4.1.8	Produção agrícola	89
4.1.9	Produção pecuária	93
4.2	Identificação das estratégias de conservação e/ou recuperação	97
4.3	Avaliação dos impactos das estratégias de conservação e/ou recuperação	100
CAPÍTULO V		
CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES		
5.1	Conclusões	110
5.2	Recomendações	111
REFERÊNCIAS		
APÊNDICE A		
APÊNDICE B		
APÊNDICE C		
APÊNDICE D		

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

A problemática ambiental gerou mudanças globais em sistemas sócio-ambientais complexos que afetam as condições de sustentabilidade do planeta, propondo a necessidade de internalizar as bases ecológicas e os princípios jurídicos e sociais para a gestão democrática dos recursos naturais (LEFF, 2006; LEONARDI, 1998). A crise ambiental atual é o sinal de uma nova era histórica. A poluição e degradação do meio, a crise dos recursos naturais, energéticos e de alimentos surgiram nas últimas décadas do século passado como uma crise de civilização, questionando a racionalidade econômica e tecnológica dominantes (JOLLIVET, 1994; LEFF, 2007). O diagnóstico dos impactos ambientais gerados através de práticas atuais de produção e consumo e os processos históricos nos quais se articularam a produção para o mercado com a produção para o autoconsumo das economias locais e das formações sociais dos países em desenvolvimento é fundamental para resolução da problemática ambiental (LEFF, 2006).

As florestas tropicais do mundo estão diminuindo em uma taxa de aproximadamente 29,0 ha/min (FAO, 2001). As previsões indicam que nos próximos 50 anos a demanda alimentar de uma população mais saudável e 50,0% maior será o fator que mais afetará as mudanças ambientais globais. Se os impactos da ocupação das terras para aumento ou manutenção da produção agrícola continuarem como têm ocorrido, 10⁹ hectares de ecossistemas naturais serão convertidos para áreas agrícolas até 2050 (TILMAN *et al.*, 2001). As maiores perdas de áreas verdes entre 2000 e 2010 foram registradas na América do Sul e a África, registrando 4,0 e 3,4 milhões de hectares, respectivamente. A Oceania também teve uma grande perda de florestas, mas por motivos naturais, devido ao longo período de estiagem que atinge a Austrália desde 2000 (FAO, 2010a). O Brasil apesar de ter diminuído a área desmatada, continua em primeiro lugar no *ranking* do desmatamento no mundo. Entre 1990 e 2000, houve uma redução significativa na perda de florestas brasileiras. Na última década, o país passou de 2,9 milhões de hectares anuais desmatados para 2,6 milhões nos anos 2000 (FAO, 2011).

Segundo Manzatto *et al.* (2002), durante a década de 1990, o Brasil foi um dos poucos países do mundo a aumentar sua área agrícola, estimada ao final da década em cerca de 250 milhões de hectares, ocupando, atualmente, 27,6% de seu território com atividades

agrosilvipastoris. As áreas destinadas às unidades de conservação já demarcadas representam, na atualidade, cerca de 55 milhões de hectares, estimando-se que brevemente alcancem 10,0% do território nacional com os processos de demarcação em curso. No estado da Paraíba há indicação por meio do Governo do Estado de dezessete unidades de conservação, sendo uma delas na região do Cariri paraibano. No entanto, considera-se que esse montante ainda seja insuficiente diante da necessidade de conservar os diversos biomas do país e de proteger a diversidade biológica.

Em regiões áridas, semiáridas e subúmidas secas distinguem-se várias formas de degradação do solo: compactação, contaminação, salinização, mudança no fluxo de gases associado ao efeito estufa e erosão (CRESTANA, 2000; FLORES *et al.*, 2002; TILMAN *et al.*, 2001). Essas formas de degradação contribuem para o comprometimento da qualidade ambiental e o aumento da vulnerabilidade dos ecossistemas. Dentre elas, a erosão do solo é, provavelmente, a forma mais séria de degradação da paisagem ao redor do globo (FLORES *et al.*, 2002; TILMAN *et al.*, 2001).

De acordo com Wilkinson (2005), os seres humanos são considerados os principais agentes causadores da erosão no planeta e isso pode resultar em impactos ambientais diversos além da perda de terras agricultáveis. Acredita-se que aproximadamente um quarto das terras agrícolas dos países em desenvolvimento esteja significativamente degradado e, ao longo dos últimos 50 anos, a taxa de degradação tenha acelerado, mas este problema é tão antigo quanto à civilização. Sociedades que viveram na área do deserto do Saara no Egito entraram em colapso entre 5.000 e 3.000 aC. Mongólia, China, parte do Oriente Médio, sudoeste dos Estados Unidos da América, parte do continente africano e Austrália enfrentam sérios problemas de degradação dos solos (BRIGHT, 2003).

No semiárido brasileiro, o extrativismo, basicamente associado à extração de lenha, contribuiu significativamente para o aumento do desmatamento além da introdução da agricultura e pecuária de subsistência nas últimas décadas (SALCEDO, 2004). Souza Júnior *et al.* (2008) identificaram que a principal fonte de renda dos moradores desta região é proveniente da atividade agropecuária. Andrade *et al.* (2006) mencionaram que a exploração pecuária extensiva como é realizada na região deve ser reavaliada.

No Cariri paraibano, por exemplo, além da pecuária, uma das maiores atividades econômicas é a produção de cerâmicas por meio das olarias, resultando disso a queima indiscriminada de lenha ainda disponível. Duqué (1985), afirmou ser a estrutura fundiária da região “*bastante concentrada com predominância do latifúndio, onde se praticava principalmente a pecuária hiperextensiva*”. Pereira (2003) verificou que este quadro vem

mudando lentamente, em função de Projetos de Assentamentos Rurais de Reforma Agrária (PAs) e as Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPNs), principalmente por meio de acompanhamento de serviços técnicos especializados que orientam os assentados, fomentando assim, a utilização harmônica dos recursos naturais disponíveis nos assentamentos, além de introduzir ações de recuperação ambiental em algumas áreas dos assentamentos.

A proliferação de açudes e programas de “combate à seca” na região, em geral, não vêm correspondendo às necessidades reais da maioria dos locais onde períodos de estiagem prolongados são frequentes e as alternativas sugeridas quase nunca são postas em prática (GRISI, 2008). A água, devido a sua característica de recurso renovável, é, em caso de escassez ou impropriedade, um fator limitante ao desenvolvimento, ou seja, o potencial de desenvolvimento sócio-econômico de uma determinada região está diretamente associado à sua sustentabilidade hídrica (SILANS, 2008).

O uso inadequado do solo e os modelos econômicos de desenvolvimento regionais que visam a obtenção de resultados imediatos voltados para o agronegócio são as causas principais do aumento das áreas em avançado estado do processo de desertificação na região. Este fenômeno estaria então, contribuindo diretamente para o crescimento da miséria e da migração de milhares de pessoas para os centros urbanos, surgindo daí a necessidade de encontrar alternativas para o desenvolvimento do semiárido e a conservação dos seus recursos naturais e de estudos que venham a contribuir para a recuperação do solo, da biodiversidade e da capacidade produtiva da região (CABRAL, 1997). Reduzir a pressão sobre os escassos recursos naturais em nível de propriedade e a manipulação da vegetação a um nível compatível com a capacidade de suporte de animais por unidade de área poderá viabilizar a exploração de atividades produtivas na região incluindo a agropecuária (ANDRADE *et al.*, 2006).

Neste sentido entender o modo produtivo dos proprietários rurais, diagnosticar suas necessidades e interesses, dialogar sobre a necessidade de rever as práticas usuais de produção, são fundamentais para a seleção de estratégias de conservação e/ou recuperação de pequenas bacias hidrográficas na região do semiárido. O entendimento da situação ambiental vivenciada pelas comunidades rurais só será possível por meio da realização de uma avaliação de caráter amplo, adotando uma visão holística de monitoramento ambiental, com a participação de diversos atores sociais e o desenvolvimento de metodologias de diagnósticos eficientes e sistêmicas.

Segundo Christofolletti (1999), a abordagem holística, integrativa, constitui a base fundamental para o planejamento ambiental e estudos de impactos, cujo espectro corresponde

a três direcionamentos: avaliação de impactos no meio ambiente, avaliação de impactos tecnológicos e avaliação de impactos sociais. Os três direcionamentos envolvem a análise ambiental, a tecnológica, o delineamento das metas a serem alcançadas e o estabelecimento de cenários sócio-econômicos alternativos.

Esta tese tem como o principal problema de pesquisa a conservação e/ou recuperação ambiental de pequenas bacias hidrográficas rurais na região do semiárido brasileiro. A hipótese que norteia o trabalho é que uma metodologia que considere cenários futuros de uso e ocupação do solo e as relações do homem com o meio ambiente resultará em uma maior possibilidade de implementação das estratégias conservacionistas.

O objetivo geral da tese é a proposição de metodologia para a seleção de estratégias de conservação e/ou recuperação de pequenas bacias hidrográficas do semiárido, na perspectiva dos recursos hídricos, através de modelagem ambiental, considerando a aceitabilidade social das estratégias de conservação/recuperação pelas comunidades rurais que ocupam as bacias.

Os Objetivos Específicos da tese são os seguintes:

1. Identificar potenciais estratégias de conservação e/ou recuperação de pequenas bacias hidrográficas do semiárido a partir de diagnóstico ambiental, social, econômico e da sua aceitabilidade pelos produtores e comunidades rurais;
2. Avaliar impactos das diversas estratégias sobre a bacia hidrográfica, a partir de cenários simulados por modelo matemático de processos ambientais (hidrológicos e hidrossedimentológicos).

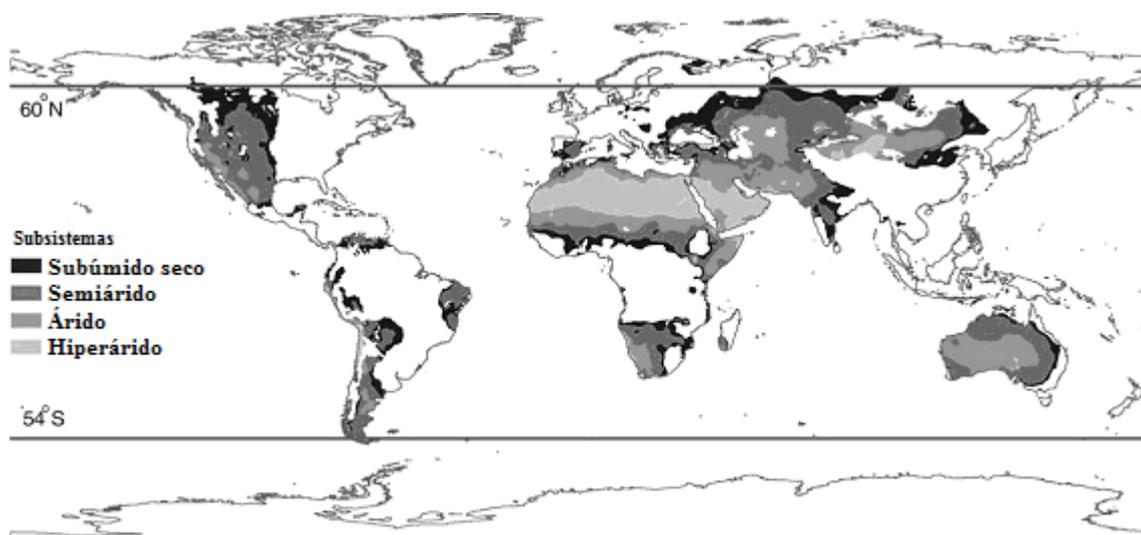
CAPÍTULO II

REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Regiões áridas e semiáridas

Usando a relação entre a precipitação e a evapotranspiração potencial anual, o mundo foi dividido em zonas hiperáridas, áridas, semiáridas, subúmida seca e úmidas. As zonas úmidas possuem a maior extensão territorial compreendendo cerca de 46,5 milhões de km², o que representa 34,0% da área continental do planeta (WHITE e NACKONEY, 2003). Estimaram também que a área das regiões semiáridas do mundo cobre atualmente cerca de 23.739.000 km², o que representa 18,0% da superfície do planeta onde tem sido observado um aumento populacional muito intenso nas últimas décadas o que tem proporcionado um acréscimo de áreas degradadas por meio da ação do homem. A Figura 1 mostra a localização de zonas hiperáridas, áridas, semiáridas e subúmida seca.

Figura 1 – Regiões subúmida seca, semiárida, árida e hiperárida



Fonte: FAO (2001) adaptado

2.2 O semiárido brasileiro

2.2.1 Aspectos gerais

Em 10 de março de 2005, o Ministério da Integração Nacional (BRASIL, 2005) instituiu uma nova delimitação do semiárido brasileiro (Figura 2), tomando por base pelo menos um dos quatro critérios técnicos: precipitação média anual inferior ou igual a 800,0

mm; índice de aridez de até 0,5, calculado pelo balanço hídrico que relaciona a precipitação e a evapotranspiração potencial, no período entre 1961 e 1990 e, risco de seca maior que 60,0%, tomando-se por base o período de 1970 a 1990. Com essa atualização, a área do semiárido brasileiro aumentou de 892.309 km² para 980.133,08 km², sendo composto por 1.135 municípios dos estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e Norte de Minas Gerais, totalizando uma população de 22.598.318 de habitantes em 2010, representando 11,85% da população brasileira ou 42,57% da população nordestina. Considerando a população total residente nos estados que compõem a região semiárida, observou-se que pouco mais de 55% dos habitantes dos Estados do Ceará, Paraíba e Rio Grande do Norte, residem na porção semiárida de seus Estados. Na Bahia, o percentual alcança 48,09%, Pernambuco 41,56%, Piauí 33,53%, Alagoas 28,86%, Sergipe 21,35% e Minas Gerais 6,29% (MEDEIROS *et al.*, 2012).

A região está caracterizada por chuvas concentradas em um único período de três a cinco meses, com totais anuais precipitados variando de 400,0 a 800,0 mm, com distribuição espacial e temporal muito irregular. As temperaturas médias anuais são elevadas variando de 23,0 a 27,0°C, apresentando amplitudes térmicas elevadas podendo chegar a 11,0°C em valores diários (MOURA *et al.*, 2007). Segundo Silva (2010), a insolação anual média é igual a 2.800,0 h, a umidade relativa do ar média anual é de 50,0% e a evaporação média anual é de 2.000,0 mm. São observados períodos de seca prolongados de sete a nove meses por ano, podendo chegar até 18 meses de duração (MENDES, 1992).

Figura 2 – Nova área de abrangência da região do semiárido brasileiro



Fonte: BRASIL, 2005

A cobertura vegetal, embora de predominância xerófila, é extremamente diversificada, identificando-se para o semiárido a formação predominante de Caatinga. Segundo a diversidade de fatores ecológicos localizados, encontram-se comunidades, tais como Cerrados, Matas Secas e Matas Ciliares. A fauna local é predominantemente formada por animais de pequeno porte e hábitos notívagos. Sua diversidade, enquanto restrita pela adversidade climática, é estimulada pela heterogeneidade de micro habitantes existentes na região. Atualmente, além das já extintas, muitas espécies se encontram ameaçadas de extinção, fruto da caça predatória e de subsistência, dos desmatamentos e queimadas que destroem suas áreas de nidificação e alimentação, alterando profundamente seu nicho ecológico (LIMA e RODRIGUES, 2005).

A presença de animais inseridos por meio do homem nessas áreas agrava a vulnerabilidade do ambiente devido à lotação excessiva em limites superiores à capacidade de suporte do ecossistema. Em médio prazo, exerce forte pressão sobre a composição florística da vegetação nativa e sobre o solo devido ao pisoteio excessivo provocando a compactação (na época chuvosa) e desagregação (no período seco) exercendo efeitos negativos sobre as suas propriedades físicas, químicas e biológicas. Em longo prazo, contribui para a irreversível degradação dos solos e da vegetação gerando áreas de risco susceptíveis ao processo de desertificação (ARAÚJO, 2005). A consequência desta combinação de fatores e do o nível tecnológico muito baixo tem sido o elevado risco da atividade agropecuária e a contínua degradação ambiental (SAMPAIO e ARAÚJO, 2005).

A redução da cobertura vegetal ocasiona uma maior potencialidade de perdas de solo devido à erosão com conseqüente redução de nutrientes e matéria orgânica, sobretudo no início do período chuvoso, pois além do solo estar exposto às intempéries (radiação, temperatura, ventos, chuva), há o favorecimento das perdas de água por evaporação e evapotranspiração. Ecologicamente, é uma área muito devastada, devido à luta secular que o colonizador travou contra a natureza por meio da ocupação das terras na tentativa de sobrevivência (MENDES, 1997).

Para o Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Caatinga (CNRBC), o Nordeste Semiárido, o Polígono das Secas, a Região Semiárida do Fundo Constitucional de Financiamentos do Nordeste (FNE) e o Bioma Caatinga são categorias com idêntica sinonímia, por tratarem de problemas com raízes semelhantes: as secas e a fragilidade econômica e ambiental dos espaços submetidos à escassez e distribuição irregular das precipitações em amplas porções do território do Nordeste. Embora pequenas, são

consideráveis as diferenças entre estas categorias, como ocorre a ênfase concedida ao manejo controlado dos recursos naturais (CNRBC, 2004).

Nos períodos prolongados de estiagem há relativa escassez de água, fatores que determinam os principais problemas da região, que atingem principalmente os trabalhadores sem terra e os minifúndios de autoconsumo, provocando problemas sócio-econômicos graves com conseqüente expulsão de parte significativa da população para outras regiões do país, produto das relações de capital, da falta de infra-estrutura e de políticas públicas (LIMA e RODRIGUES, 2005).

Em termos de produtividade, como regra geral, a atividade agrícola não alcança grandes desempenhos a não ser em áreas de aluviões, ou em alguns núcleos de solos desenvolvidos a partir de rochas calcárias ou básicas. Segundo Schenkel e Matallo Jr. (1999), as restrições para esta baixa produtividade recaem na baixa fertilidade natural e em situações particularizadas de manejo inadequado, em topografia acidentada e na falta de sistemas de drenagem.

A região é marcada pelo ruralismo tradicional, com pouco ou nenhum acesso ao mercado, extrema dificuldade de absorção de novas tecnologias, hábitos de vidas fixados através de gerações e com uma relação extremamente paternalista com o estado (LIMA e RODRIGUES, 2005). De um lado, essa ambigüidade reflete-se numa constante busca por “proteção” junto ao aparelho estatal e a seus representantes e, de outro, por uma recorrente dificuldade em absorver as informações técnicas disponíveis e geradas pelo próprio aparelho estatal (Universidades, Centros de Pesquisa, etc.), para a solução dos seus problemas.

A falta de políticas públicas associada às variações climáticas no semiárido gera, além dos desajustes na economia, graves problemas sociais e redução da qualidade de vida da população. Em 2009 a expectativa de vida divulgada por meio do censo populacional alcançou 73,17 anos (IBGE, 2010). O êxodo rural foi muito alto na década de 70/80, com cerca de 4,6 milhões de pessoas deixando o campo e indo para as cidades, fazendo com que a distribuição da população rural/urbana apresentasse, pela primeira vez, um predomínio urbano.

As edições da PNAD de 2004 e 2009 investigaram onde o pesquisado morava cinco anos antes da data de referência. Os dados mostram que o volume da migração inter-regional envolveu 2,8 milhões de pessoas no quinquênio 1999-2004 e 2,0 milhões de pessoas entre 2004 e 2009. Esse volume envolveu cerca de 3,3 milhões de pessoas no quinquênio 1995-2000 (IBGE, 2010). As principais correntes migratórias observadas no passado estão perdendo intensidade e se observa também um movimento de retorno às regiões de origem.

Constatou-se a perda de capacidade de atração populacional na região Sudeste, que apresentou saldo negativo de migrantes tanto em 2004 quanto em 2009. O Nordeste continua perdendo população, porém em uma escala bem menor que no passado. Os estados em que a migração de retorno foi mais expressiva em 2009 foram Rio Grande do Sul (23,98%), Paraná (23,44%), Minas Gerais (21,62%), Sergipe (21,52%), Pernambuco (23,61%), Paraíba (20,95%) e Rio Grande do Norte (21,14%).

As dificuldades em implementar melhores opções de convivência com a “seca” e a ausência de políticas públicas com enfoque social e de ações duradouras também são fatores que contribuem para o agravamento da realidade do semiárido (PEREIRA, 2008). Atualmente são muitas as informações sobre a degradação da Caatinga, mas pouco se sabe sobre o aproveitamento econômico da biodiversidade existente nessa vegetação, como, por exemplo, as espécies que poderiam ter valor no mercado e os impactos ocasionados pelo processo de desertificação para as grandes cidades (TEUCHLER e LOPES, 2002). A falta desses conhecimentos ofusca as riquezas existentes, que poderiam ser exploradas para conquistar o seu desenvolvimento sustentável, respeitando suas limitações naturais (TEUCHLER e LOPES, 2002).

Assim, a questão ambiental no “*Nordeste Seco*”, é antes de tudo uma questão socioeconômica com soluções estritamente políticas. E, por isso mesmo, é também fundamental para o sucesso que as discussões e as propostas encaminhadas envolvam todos os níveis de decisão da sociedade. Nesse sentido, a disseminação do conhecimento é necessária, pois permite que toda a sociedade participe mais efetivamente nos processos de tomada de decisão para assegurar uma proposta justa de desenvolvimento (PEREIRA, 2008).

Nas condições de semiaridez e com a forma tradicional de relacionamento com o ambiente existente, qualquer tentativa de desenvolvimento estará subjugada aos mecanismos de regulação natural. É necessário romper essa dominação climática por meio de estratégias apropriadas, e é preciso conhecer mais as relações estabelecidas entre os sistemas sócio-culturais e os fatores ecológicos da aridez. Isto facilitará e sustentará as alternativas propostas de manejo de recursos naturais junto aos valores culturais locais (PEREIRA, 2008).

Melo *et al.* (2008) ressaltam que o semiárido brasileiro é uma das regiões semiáridas mais povoadas entre todas as terras secas existentes entre os trópicos, sendo a sua população superior a de vários países da América Latina e seu território superando em quilômetros quadrados a área de vários países da Europa. Estes números reforçam a complexidade geopolítica da região e o desafio de conviver com as peculiaridades climáticas deste local.

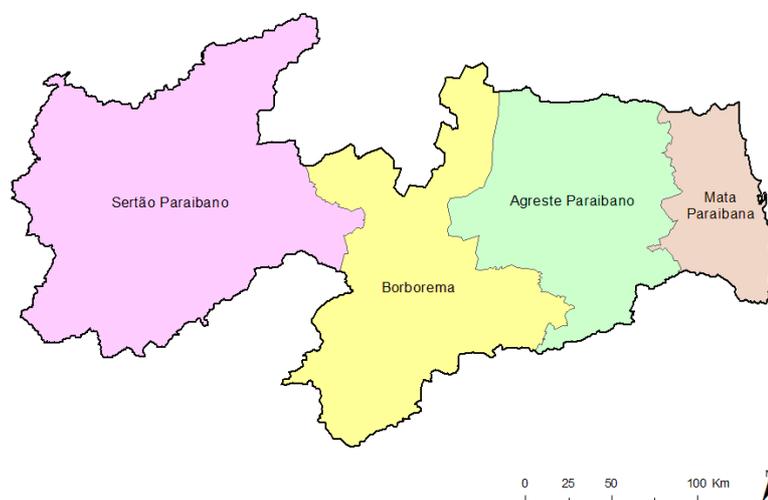
No semiárido paraibano, parte centro-sul do estado, mesorregião da Borborema, na região do Cariri há o monitoramento fluviométrico por meio da Agência Nacional de Águas (ANA) de uma das bacias hidrográficas mais importantes de nosso estado, a bacia do rio Taperoá, no município de São João do Cariri, PB, na seção de Poço de Pedras.

2.2.2 A mesorregião da Borborema

A mesorregião da Borborema é uma das quatro mesorregiões do estado brasileiro da Paraíba, onde está localizada a bacia hidrográfica do rio Taperoá, sendo esta uma sub-bacia do rio Paraíba. É formada pela união de 44 municípios agrupados em quatro microrregiões: Seridó Oriental, Seridó Ocidental, Cariri Oriental e Cariri Ocidental. Segundo Moreira e Targino (1997), compreende a porção central, referente ao estado da Paraíba da mais notável unidade geomorfológica do Nordeste: o Planalto da Borborema. A natureza edáfica é de solos salinos, em alguns casos, rasos e pedregosos que refletem sobre a atividade agrícola e à ocupação do espaço, que mesmo sendo de povoamento aproximado de 340 anos, apresenta baixos índices de densidade populacional. A base da produção é mineral, ao norte, e a agropecuária de fraco rendimento ao sul.

Já se destacaram cultivos industriais como o sisal e o algodão arbóreo, além da produção de verduras e hortaliças com auxílio de técnicas de irrigação nos municípios de Sumé, Boqueirão, Congo e Camalaú com ênfase para os cultivos de pimentão e tomate. O crescimento da pecuária extensiva, resultante principalmente da extinção destas e de outras culturas, propiciou a expansão de culturas de suporte, a sudeste, tipo palma forrageira e capim buffel. A Figura 3 indica a localização da mesorregião da Borborema.

Figura 3 – Mesorregião da Borborema



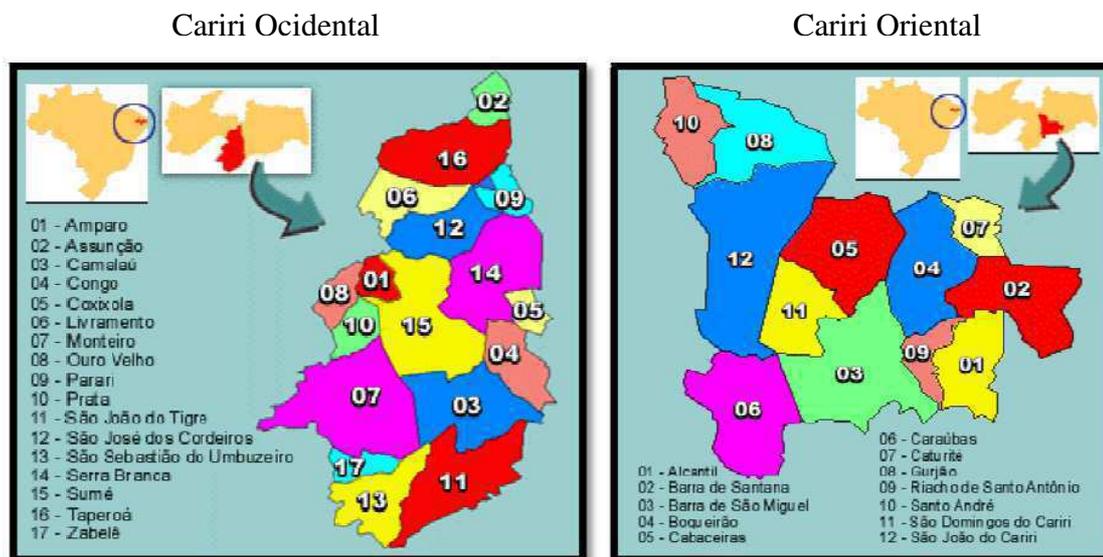
Fonte: IBGE (2010) adaptado

2.2.3 O Cariri paraibano

No estado da Paraíba uma das regiões mais afetadas por ações antrópicas está localizada na microrregião dos Cariris Velhos, Cariri Ocidental e Oriental, delimitada como uma sub-região do Planalto da Borborema, formado por rochas antigas do escudo brasileiro (MOREIRA, 1988). A “região do Cariri”, segundo Cabral (1997), encontra-se na porção centro-sul do estado, entre as coordenadas de 7° 00’ e 8° 30’ de latitude Sul e 36°00’ e 37° 30’ de longitude Oeste, com elevações que variam de 400-600 m, ocupando uma área de 13.845 km².

A região do Cariri paraibano é composta por 29 municípios, duas microrregiões (Cariri Oriental e Cariri Ocidental), ocupando uma área de 11.233,5 km² e, segundo o censo do IBGE (2010), possui uma população de 185.235 habitantes, apresentando uma densidade demográfica de 16,49 hab/km². Localizada em plena “diagonal da seca”, onde se observam os menores índices de precipitação do semiárido brasileiro, com precipitação média anual de aproximadamente 400 mm, clima regional (Bsh) caracterizado por elevadas temperaturas, médias anuais em torno de 26,0°C, fracas amplitudes térmicas anuais e chuvas escassas, com grande concentração temporal e forte irregularidade espacial, o que proporciona normalmente forte déficit hídrico anual. A Figura 4 indica as microrregiões do Cariri paraibano.

Figura 4 – Microrregiões do Cariri paraibano



Fonte: <http://webcarta.net/carta/mapa>

Segundo Pereira (2008), a composição florística é heterogênea com grande densidade de cactáceas e bromeliáceas que se intercalam a árvores típicas, algumas das quais se repetem com frequência, como as juremas (*Mimosa sp.*), o pereiro (*Aspidosperma pyrifolium* Mart.) e

a catingueira (*Caesalpinia pyramidalis* Tul.). Algumas árvores apresentam uma distribuição mais esparsa, como a favela (*Cnidoculus quercifolius*), o umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr.), o mulungu (*Erythrina velutina* Wild.) e o juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart.). Já a vegetação de ervas e arbustos rasteiros ocorre com maior intensidade no período chuvoso com a ocorrência de espécies tais como malva (*Sida galheirensis* Ulbr.), mela-bode (*Herissantia tiubae* K. Schum. Brizick), ervanço (*Alternanthera tenella* Colla), marmeleiros e velames (*Croton* sp.). Dentre as espécies arbóreo-arbustivas que preservam as folhas o ano inteiro, destaca-se o juazeiro.

Segundo Duqué (1985), a criação de bovinos sempre dominou a agricultura com reflexo na ocupação dos melhores solos dos vales úmidos e terras de vazantes dos açudes, com plantas forrageiras. Com o crescimento dos rebanhos caprino e ovino, atualmente considerados como os maiores do estado, o quadro atual de pecuarização desta região é outro, pois estes rebanhos estão fortemente ligados à pequena produção, ou seja, aos pequenos proprietários de terras ou aos moradores dos grandes proprietários e promovem o sobre pastoreio, pois não há controle sobre a capacidade de suporte das propriedades rurais.

Segundo Duque (2004), “ecologicamente os Cariris são uma caatinga alta (altitude de 400 a 600 m), composta de espécies espinhentas, de pequeno porte, de caules duros (exceto as cactáceas), unidas, densas ou fechadas, onde o chão é coberto de macambiras, de coroás e *tillandsia*, entremeadas de arbustos lenhosos e retorcidos e das árvores típicas do umbuzeiro (*Spondias tuberosa*), cardeiro (*Cereus peruvianus*, HAw), catigüeira (*Caesalpinia bracteosa*, Tul.), quixabeira (*Bumelia sarturum*) e outras. É a zona de predileção das cactáceas devido à umidade do ar noturno”. Esta região é cortada por uma das mais importantes bacias hidrográficas do estado, a bacia hidrográfica do rio Paraíba, que por sua vez, possui uma de suas sub-bacias, a bacia do rio Taperoá, como sendo uma das mais importantes bacias hidrográficas do Cariri Ocidental e Oriental.

2.2.4 A ocupação do Cariri paraibano

Segundo Caniello e Duqué (2006) o Cariri paraibano é uma região de ocupação humana imemorial, que apresenta inúmeros sítios arqueológicos com lajedos pintados com inscrições da “Tradição Agreste” (sub-tradição Cariris Velhos), de início provável há 5.000 anos antes do presente, e furnas com cemitérios indígenas apresentando muitos esqueletos, alguns envolvidos com esteiras de caroá. O material lítico também é abundante,

predominando machados de mão de pedra polida (ALMEIDA, 1997; MARTIN, 1999; RIETVELD, 1999).

Quando da chegada dos europeus à América Tropical, o território era dominado pelos índios Cariris, povos caçadores-coletores falantes de uma língua do tronco Macro-Jê, cuja origem remonta, provavelmente, a 5 ou 6 mil anos antes do presente (URBAN, 1998). Até meados do século XVII, a região permaneceu praticamente intocada pelos colonizadores, mas, em 1665 uma sesmaria medindo “30 léguas de terras, que começam a correr pelo rio da Paraíba acima, onde acaba a data do Governador André Vidal de Negreiros, e 12 léguas de largo para o sul e 10 para o norte” foi concedida à família Oliveira Ledo (CANIELLO e DUQUÉ, 2006). Entre 1668 e 1691, Domingos Jorge Velho e seus terços de campanha correram os sertões das capitânicas de Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte após terem desbaratado o Quilombo de Palmares, empenhando-se na chamada “guerra dos bárbaros”, “a cruenta campanha contra os tapuais brabos” que viria a prefigurar uma das duas rotas da frente de expansão pecuária que devassaram os sertões nordestinos (ABREU, 1988; JOFFILY, 1977; PUNTONI, 2002).

No último quartel do século XVII, os Oliveira Ledo – assim como os potentados da Casa da Torre – iniciariam o processo de ocupação dos “sertões de fora” movimentando numerosas boiadas a partir da margem esquerda do São Francisco e chegando a corrente povoadora, segundo Basílio de Magalhães, até o sul do Ceará e do Maranhão em 1690 (HOLANDA, 1993). O processo foi de tal maneira cruento que D. Filipe III chegou a dirigir uma carta régia ao Capitão mor da Paraíba em 16 de setembro de 1699, solicitando-lhe advertir o fundador de Campina Grande por “estranhar mui severamente o que obrou Theodosio de Oliveira Ledo em matar a sangue frio muitos dos índios que tomou em sua guerra” (ALMEIDA, 1962; JOFFILY, 1977).

Segundo Abreu (1988), entretanto, malgrado a violência empregada na colonização sertaneja, o tipo de exploração econômica – “a criação de gado não precisava de tantos braços como a lavoura, nem reclamava o mesmo esforço, nem provocava a mesma repugnância” – a configuração do espaço – “abundavam terras devolutas para onde os índios podiam emigrar” – e as características da povoação – “os primeiros ocupadores do sertão não eram os donos das sesmarias, mas escravos ou prepostos” – ensejou a possibilidade de sobrevivência dos habitantes ancestrais: “muitos foram escravizados, refugiaram-se outros em aldeias dirigidas por missionários, acostaram-se outros à sombra de homens poderosos, cujas lutas esposaram e cujos ódios serviram”, surgindo assim, as bases do latifúndio e das oligarquias.

Segundo Caniello e Duqué (2006) não há estatísticas confiáveis sobre o destino das populações ancestrais arrostadas pela frente de expansão pecuária, mas sabe-se que, além daqueles que resistiram fixando-se em recantos pouco acessíveis ou desfavoráveis à criação de gado – como, por exemplo, os Atikum da Serra do Umã, os Pancararu e os Xucurú dos sertões do Pajeú – muitos índios incorporar-se-iam ao processo produtivo, seja como vaqueiros, seja como pequenos cultivadores de alimentos. Estes, juntamente com posseiros e foreiros que “estabeleciam-se com o curral e as reses no que chamavam de ‘sítio’” (ANDRADE, 1986) e, também, escravos quilombolas que se refugiaram na região, viriam a constituir as raízes do campesinato no Cariri paraibano em plena “civilização do couro” (ABREU, 1988). De fato, o sistema de pagamento do vaqueiro “não só permitiu o acesso à exploração, mas também à propriedade da terra aos homens pobres livres” (MOREIRA e TARGINO, 1997), uma vez que “depois de quatro ou cinco anos de serviço, começava o vaqueiro a ser pago; de quatro crias, cabia-lhe uma; podia-se assim fundar fazenda por sua conta” (ABREU, 1988).

Segundo ABÍLIO *et al.* (2010), a colonização destas terras, dos índios cariris, deu-se pela subida dos portugueses pelo leito do rio da Travessia, atualmente denominado rio Taperoá, a partir de sua foz no Boqueirão de Cabaceiras. Três irmãos da família Farias subiram o rio, explorando a região para verificar o que seria possível aproveitar da imensidão das terras da Travessia. Resolveram estabelecer fazenda sede com criação de gado, dividindo entre si o espaço de tal maneira que um ficasse no sítio denominado São João, outro voltasse pela descida do rio, fixando sua posse no lugar onde fundou a atual cidade de Cabaceiras e o terceiro continuasse a subida até o local onde fundou a atual cidade de Taperoá (BRITO, 1989).

Desde então, a economia regional foi sendo desenvolvida através da criação de gado bovino, principalmente nas sesmarias de terras soltas, pois não havia cercados. As sesmarias constituíram uma etapa fundamental para a colonização do Brasil e uma espécie de organização territorial do ponto de vista fundiário, onde posteriormente se dividiram em centenas de fazendas e sítios. A esta organização fundiária atrelou-se uma desorganização ambiental, pois o caso do boi, o machado, o fogo e a enxada passaram a imperar em regiões onde outrora ocorria apenas a agricultura migratória e sustentável do gentio (PEREIRA, 2008). Daí a iniciativa das festas de vaquejada e apartação, quando os proprietários reuniam suas reses e crias para assinalarem com ferro em brasa no couro dos animais. Isto era importantíssimo meio de sustentação econômica da região, pela exportação de couros e peles para o reino de Portugal e, através da Metrópole, para toda a Europa (BRITO, 1989). Decerto,

a produção de leite logo satisfazendo o consumo local dos fazendeiros e seus vaqueiros, o restante era para nutrição dos bezerros, pois não havia mercado consumidor para absorver a produção de leite e da carne. O mesmo se dava com a carne quando eram abatidos bois e vacas para a extração de couros, sobejando carne que pouco interessava então: os couros eram tratados em curtumes artesanais á base de água com casca de angico, árvore abundante naquela época, e que, infelizmente, foi devastada pelo uso abusivo e irracional da espécie. Os couros, assim tratados, primariamente eram levados em lombos de burros até o porto do Recife para embarcarem rumo à Europa (PEREIRA, 2008).

Iniciava-se assim, a indústria extrativa e o comércio com base nas atividades que o clima e a natureza do solo propiciavam. Estabelecia-se assim no Cariri Paraibano a pecuária, com ênfase na criação de gado (PEREIRA, 2008). A criação era sustentada em épocas de seca pelos cactos queimados, como xique-xique, macambira, mandacaru, a palmatória silvestre e coroas-de-frade, além de frutos e folhas de juazeiro (ABÍLIO *et al.*, 2010; PEREIRA, 2003; PEREIRA, 2008).

A disponibilidade de água para o consumo humano e dos animais somente era possível nos poços que se formavam naturalmente, ou nos leitos secos dos rios e riachos por meio das cacimbas que se cavavam à mão e, portanto, teriam de ser de pequena profundidade (ABÍLIO *et al.*, 2010). Nesse tempo não havia praticamente açudes. Esta tecnologia foi sendo desenvolvida aqui a duras penas como sofrimento da população que aos poucos passou a construir barreiros, pequenos reservatórios com paredes de terra transportadas em carroças de madeira empurradas pelo homem e cargas precariamente adaptadas para lombo de jumento que serviam ao mesmo tempo para comprimir o aterro (PEREIRA, 2008). Perdura, ainda, a atividade da pecuária na região com a mudança gradual da pecuária bovina, para a pecuária caprina e ovina (PEREIRA, 2008).

A região também presenciou vários processos de antropização, localizados ou generalizados, de curto espaço temporal ou presentes até o presente momento, alguns denominados de ciclos como o do algodão e do sisal, além da construção de barramentos para armazenamento superficial de água, a utilização de irrigação em áreas próximas a margens de rios para o cultivo de diversos tipos de culturas, a retirada e queima de madeira para obtenção de lenha e carvão utilizados atualmente em fornos de cerâmicas, olarias, mineração, padarias e pizzarias, além de atividades ligadas ao turismo rural e da reforma agrária por meio dos assentamentos rurais.

Nesta ocupação houve sempre um paradoxo: a pecuarização e a agriculturização sempre devoraram centenas e centenas de hectares de caatinga, modificando adversamente a

paisagem, enquanto das matas remanescentes advinham os recursos da vida humana e animal. Não só recursos da vida, como também de fontes de renda expressivas, através do extrativismo (PEREIRA, 2003).

Todas estas formas de uso e ocupação do solo, e conseqüentemente de delineamento do espaço agropecuário, tiveram e tem ainda implicações fortíssimas para o fomento e garantia da sustentabilidade ambiental da região (PEREIRA, 2008). O fortalecimento da caprinocultura da região semiárida nordestina não está sendo acompanhado de estudo de capacidade de suporte das áreas antropizadas (pastagens plantadas, bancos de forragens, capoeiras, etc.) e das áreas naturais (matas nativas). Há evidências de que os mesmos princípios e critérios empíricos do semarrialismo continuam a ser empregados na região, denotando-se a ausência de planejamento ambiental (PEREIRA, 2003). A pecuária é considerada como uma das principais causas da degradação da caatinga e a alta taxa de lotação de caprinos e ovinos pode ser indicada como um fator de empobrecimento e redução do porte da vegetação da caatinga quando associado a outras formas de pressão antrópica, sendo assim fundamental perceber que a exploração da caatinga como suporte forrageiro deve ocorrer de forma compatível com o potencial de recuperação da vegetação (ANDRADE *et al.*, 2006; ARAÚJO *et al.*, 2010; LEAL *et al.*, 2003).

Segundo Palácios (2004), tal como os “grupos de agricultores pobres autônomos”, numerosos no Nordeste oriental, também os *rústicos* sertanejos mantiveram-se “imersos e ocultos nos subterrâneos mais recônditos da história colonial”, mas, a partir do final do século XVIII, com a emergência da cultura do algodão (*Gossypium hirsutum* var. *marie galante*), viriam a ocupar uma posição fundamental na economia revigorada pelo “ouro branco”. De fato, a cotonicultura requer grandes contingentes de mão-de-obra e, ao contrário de outras culturas de exportação, não é incompatível com a economia camponesa, pois o algodão pode ser cultivado em associação com as culturas de autoconsumo e “pelo fato do seu restolho ser utilizado como alimento para o gado no período mais seco do ano, transformou-se numa atividade complementar da pecuária” (MOREIRA e TARGINO, 1997). Em virtude disso, o algodão “foi explorado tanto pelo grande proprietário como pelo pequeno e por aqueles produtores que detinham a posse legal da terra como foreiros e parceiros” e, desta maneira, “a combinação gado, algodão-policultura, se estabeleceu como o trinômio marco da organização do espaço agrário sertanejo paraibano até a segunda metade do século XX” (MOREIRA e TARGINO, 1997).

Uma decorrência importante do ciclo do algodão foi a consolidação do campesinato na região, pois “do mesmo modo que no litoral, a pequena produção no sertão desenvolveu-se inicialmente no interior do latifúndio e dele dependente. Sua expansão acha-se ali relacionada à expansão dos sistemas de parceria e arrendamento” (MOREIRA e TARGINO, 1997). Entretanto, com o colapso da cotonicultura durante a segunda metade do século XX, também entrariam em crise os sistemas de parceria tradicionais – o que redundaria na “expulsão” dos moradores – e se verificaria um acentuado empobrecimento dos pequenos cultivadores.

Segundo Duqué (1985), em consequência dessas circunstâncias e, evidentemente, dos períodos de estiagem prolongados e frequentes, a região entrou num longo período de depressão econômica caracterizado, por um lado, pela restauração do latifúndio agropecuário extensivo e, por outro, por um êxodo rural pronunciado, uma vez que “a crescente pecuarização promove sistematicamente a expulsão disfarçada dos moradores, na medida em que a cultura do algodão – sua principal razão de ser na fazenda tradicional – e a agricultura de subsistência têm que ceder espaço às plantas forrageiras”.

Durante as décadas de 70 e 80, enquanto minguava o cultivo do algodão, o empreendimento patronal mantinha-se economicamente viável em função, fundamentalmente, dos “financiamentos a fundo perdido” da SUDENE – como, por exemplo, a introdução da algaroba (*Prosopis sp*) para produção de forragem, considerado por alguns como um dos mais desastrosos projetos produtivos desenvolvidos no semiárido brasileiro – enquanto os camponeses pobres que insistiam em permanecer na região sobreviviam à míngua, sob o domínio incontestado dos potentados locais e sob a legislação draconiana do regime de exceção (INCRA, 2007).

Durante a década de 90, em virtude da consolidação do Sindicato dos Trabalhadores Rurais de São Sebastião do Umbuzeiro, do avanço dos movimentos sociais do campo em nível nacional e da crise da grande propriedade rural no Cariri paraibano com o fim dos financiamentos da SUDENE, os trabalhadores rurais da região aprofundaram a luta pela reforma agrária (INCRA, 2000_a; INCRA, 2000_b). Em dezembro de 1993 ocorre a desapropriação da Fazenda Santa Catarina, no município de Monteiro, que viria a se tornar o primeiro Assentamento da Reforma Agrária do Cariri paraibano. Em outubro de 1997, como resultado direto da mobilização promovida pelo Sindicato dos Trabalhadores Rurais de São Sebastião do Umbuzeiro, a Fazenda Estrela D’Alva, localizada naquele município, também é desapropriada. No mesmo ano, marcando a entrada do Movimento Sem Terra na região, ocorre a luta bem sucedida pela desapropriação da Fazenda Floresta, no município de Camalaú e, em 1999, com a desapropriação da Fazenda Feijão, no município de Sumé

(INCRA, 2007). Segundo dados do INCRA (2007), até o ano de 2006 existiam dezessete Projetos de Assentamento no Cariri paraibano, ocupando cerca de 38.000 hectares, onde vivem mais de 1.000 famílias. A partir deste período observa-se o aumento do antropismo com a expansão da pecuária extensiva, das olarias e cerâmicas, da agricultura e do corte seletivo de árvores para formação de lenha e de carvão, contribuindo assim, para a acelerada degradação desse ecossistema terrestre, que contribui significativamente para a erosão, o aumento da produção dos sedimentos, o assoreamento dos rios e reservatórios superficiais (PEREIRA, 2008).

Difícilmente se verificam fragmentos de mata ciliar nos moldes primitivos nas propriedades rurais, independente do tamanho destas. Os poucos fragmentos ainda existentes apresentam pequena diversidade florística e na maioria dos casos são totalmente representados por algaroba (*Prosopis* sp), essência florestal exótica, que introduzida de forma intensiva na região nas décadas de 70-80, invadiu as áreas de várzeas e as margens dos cursos d'água e reservatórios não permitindo, devido ao seu efeito alelopático, que espécies nativas típicas destes ecossistemas possam ocupar áreas antes dominadas por agricultura e ou pecuária (MENDES, 1992; PEREIRA, 2008).

Araújo *et al.* (2010) observou que a produção agrícola na maior parte das propriedades rurais de São João do Cariri, PB, restringia-se à produção de culturas tradicionais como milho e feijão para consumo familiar, embora tenham observado em algumas propriedades a utilização de alguma técnica de irrigação e cultivo de várzeas com frutíferas, hortaliças ou capim para suporte a alimentação de bovinos, caprinos e ovinos, ultrapassando os “níveis de subsistência”. O mesmo fato foi observado por Alencar (2008) em relação à produção agrícola, com os mesmos tipos de cultivo, milho e feijão, em propriedades rurais localizadas em trechos de municípios que compõem a bacia hidrográfica do rio Sucuru, como por exemplo, Amparo, Coxixola, Ouro Velho, Prata, Serra Branca e Sumé, PB.

Em diagnóstico sócio-econômico e ambiental realizado no município de São João do Cariri, PB, Araújo *et al.* (2010) observaram que a maioria dos produtores rurais deste município tem uma produção pecuária reduzida, com rebanho variando de uma a duzentos e vinte cabeças, distribuídos entre bovinos, caprinos e ovinos, criados preferencialmente soltos na área da propriedade pastando em trechos com vegetação típica da caatinga que possui, segundo Quadros (2004), uma capacidade de suporte, para criação de caprinos e ovinos, de uma cabeça por hectare (1,0 cab/ha).

No sertão cearense Araújo Filho e Crispim (2002) recomendaram para a caatinga raleada uma taxa de lotação de ovinos da raça morada nova de 0,6 cab/ha/ano, mas

ressaltaram que esta taxa de lotação pode ser afetada pela estação do ano e época de parição. De acordo com o levantamento realizado por Araújo *et al.* (2010) o predomínio de rebanho por criador é o bovino (22,1%), ovino (7,0%) e caprino (3,6%), mas a maioria dos produtores rurais tem a associação de bovino e ovino (18,2%) e bovino, caprino e ovino (17,7%).

Segundo Alencar (2004), 77,0% dos produtores dos municípios de Amparo e Ouro Velho tem como principal tipo de rebanho o bovino, mas caprinos e ovinos tem sido utilizados de forma crescente pelos proprietários rurais devido ao porte dos animais e hábito alimentar diferente do rebanho bovino. Araújo *et al.* (2010) também observaram esta mesma tendência no município de São João do Cariri, PB, porém afirmaram que alguns produtores rurais alegaram o alto custo para a construção de cercas como fator limitante para a criação de caprinos, havendo maior preferência por bovinos e ovinos, embora reconheçam que os rebanhos caprinos e ovinos estão mais adaptados às condições climáticas e naturais da região, uma vez que não necessitam de suporte alimentar adquirido fora da propriedade, em armazéns, principalmente em períodos de estiagem prolongada.

A concentração populacional em núcleos urbanos expressivos na região, como, Livramento, São João do Cariri, Serra Branca, Sumé e Taperoá todos estes municípios sem a devida coleta e tratamento de esgotos proporcionam a contaminação dos rios intermitentes e reservatórios da região (ABÍLIO *et al.*, 2010). Vale ressaltar que em períodos de escassez os aluviões dos rios intermitentes da região são utilizados pelas comunidades ribeirinhas rurais e urbanas da região como única fonte de acesso a água, mesmo que contaminada, o que acarreta sérios problemas de saúde a população destas comunidades, principalmente no que se refere as doenças de veiculação hídrica (SILANS, 2008).

Segundo Pereira (2008), até o final da década de 90 do século XX as comunidades ribeirinhas do semiárido paraibano obtinham água apenas através de poços amazonas e das cacimbas localizadas nas margens dos rios para irrigação, dessedentação de animais e consumo humano. Com a implantação de programas governamentais, como o Programa 1 Milhão de Cisternas (PM1C), parte da população rural passou a utilizar água de chuva armazenada nas cisternas para o consumo humano. Mesmo assim, um número ainda considerável de famílias utiliza água retirada de poços amazonas e de cacimbas para diversos usos, incluindo o consumo humano.

A Política Nacional de Desenvolvimento Regional brasileira desenvolvida por meio das discussões em diversos fóruns sindicais de trabalhadores rurais e de organizações da sociedade civil permitiu a implementação de diversas políticas públicas com objetivo de proporcionar uma convivência mais harmoniosa com o semiárido, como por exemplo, o

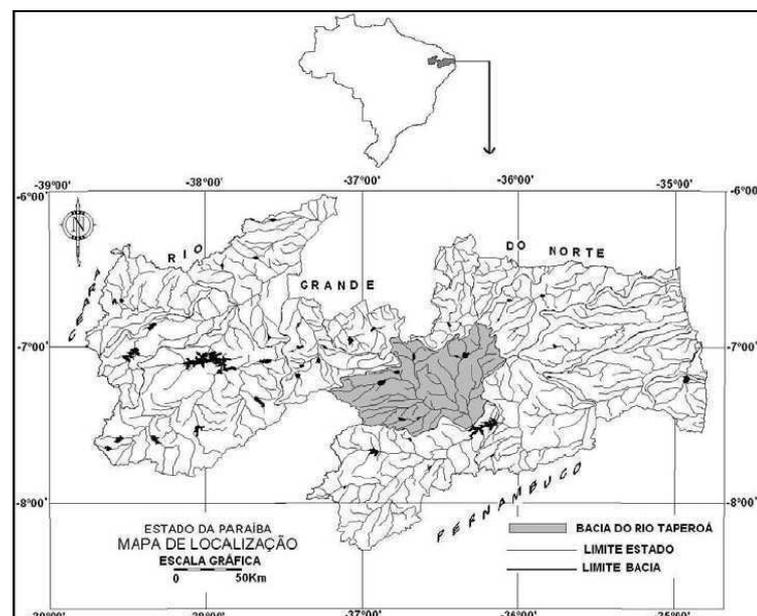
Programa de Aquisição de Alimentos (PAA), o Garantia Safra, além de ações em nível local como a distribuição de sementes e de forragem animal, o Programa do Leite, entre outros.

Na Paraíba, políticas públicas direcionadas a agricultura familiar foram severamente criticadas devido a necessidade de atendimento de um novo modelo agrícola centrado em uma visão monolítica e produtivista, nem sempre compatível com a realidade da agricultura familiar, como por exemplo, o programa do leite e a distribuição de sementes, que ao invés de garantir a sustentabilidade dos agricultores familiares e a segurança alimentar fortalece a dependência governamental além de fomentar a degradação do meio ambiente, pois para garantir a produtividade, um pacote tecnológico também é oferecido como forma de garantir a produtividade e a comercialização dos produtos, quase sempre dependente de defensivos agrícolas com alto risco a ocorrência de danos a saúde do trabalhador rural (DINIZ e DUQUÉ, 2002).

2.2.5 A bacia hidrográfica do rio Taperoá

A bacia hidrográfica do rio Taperoá é uma sub-bacia do rio Paraíba e está localizada na parte central do Estado da Paraíba, na região do Cariri. O Taperoá, principal rio da bacia, de regime intermitente, nasce na Serra do Teixeira e desemboca no rio Paraíba, no açude Boqueirão. A bacia do rio Taperoá drena uma área de 5.667,0 km², tendo como uma de suas sub-bacias, a sub-bacia hidrográfica de Poço de Pedras que possui área de 3.144,0 km². A Figura 5 indica a localização da bacia hidrográfica do rio Taperoá.

Figura 5 – Localização da bacia hidrográfica do rio Taperoá, PB



Fonte: Lacerda *et al.* (2005)

O clima na área da bacia de drenagem, segundo a classificação de Köeppen, é do tipo BSwH, isto é, semiárido quente. Os dados pluviométricos indicam que na área da bacia a precipitação anual que pode variar entre 350 e 600 mm, com chuvas concentradas ocorrendo em um período aproximado de dois a cinco meses, correspondendo a 65,0% do total das chuvas. As temperaturas mínimas variam de 13 °C a 22 °C (meses de junho e agosto) e as máximas situam-se entre 28°C e 36°C (meses de novembro e dezembro). Quanto à evaporação potencial anual, os dados obtidos a partir do tanque classe A, variam entre 2.500 a 3.000 mm. A evapotranspiração potencial média é de 1.480,0 mm (SILVA *et al.*, 2012). As considerações geológicas se relacionam com uma estrutura predominantemente cristalina que compõe o escudo pré-cambriano do Nordeste (LACERDA, 2003). Referenciando-a geomorfologicamente, esta bacia está contida na escarpa oriental do Planalto da Borborema, nas extensas áreas pediplanadas sertanejas. O relevo apresenta setores ondulados, forte ondulados e montanhosos.

Segundo Lacerda *et al.* (2005) quanto a questão da pedologia com o processo erosivo, coloca que na bacia predominam solos jovens, rasos, altamente susceptíveis à erosão, com presença de pedregosidade, rochiosidade e alto risco de salinização. Segundo Souza (2008) a cobertura vegetal presente é do tipo Caatinga, que é uma vegetação do tipo caducifólia espinhosa presente na parte mais seca do Nordeste do Brasil, enfatizando estas informações ao expressar que a área em questão apresenta caatinga arbustiva arbórea aberta, com estrato arbustivo dominante e alguns indivíduos arbóreos esparsos, diferindo apenas na sua densidade. Daí essa vegetação ter sido distribuída nos tipos baixa e densa, baixa e rala e baixa e espaçada.

A vegetação natural dominante na área da bacia do rio Taperoá é de caatingas hiperxerófila, hipoxerófila, floresta caducifólia e subcaducifólia. Em alguns trechos a caatinga apresenta-se densa, com vegetação rasteira constituída por herbáceos espinhosos e arbustos densos. Em outros setores mais secos, a vegetação perde totalmente as folhas no verão (SOUZA, 2008).

Apesar das condições naturais adversas, as bacias dos rios Paraíba e Taperoá tiveram ocupação relativamente intensa, formando núcleos urbanos importantes, como as cidades de Monteiro, Sumé, Taperoá, Serra Branca e São João do Cariri, além de outras sedes municipais menores. A população rural, difusa por toda a bacia, tem a pecuária com sendo uma das principais atividades econômicas. O abastecimento de água para esse contingente humano e animal é um problema permanente e se agrava nos períodos de estiagem prolongados onde as escassas precipitações pluviométricas não são mais observadas.

O uso e ocupação do solo sem o devido planejamento nas áreas destas bacias hidrográficas favorecem a degradação ambiental e aumentam o risco de diversas atividades produtivas no meio rural, como a agricultura e a pecuária de baixo rendimento. Sendo assim, necessário o planejamento racional de uso e ocupação do solo.

2.3 O planejamento racional de uso e ocupação do solo

Segundo Leff (2006) a possibilidade de transformar a racionalidade produtiva que degrada o ambiente depende de um conjunto de condições econômicas e políticas e da elaboração de estratégias conceituais que apóiem práticas sociais orientadas para construção desta racionalidade ambiental no sentido de alcançar os propósitos do desenvolvimento sustentável e igualitário. Segundo o mesmo autor, a problemática ambiental na qual confluem processos naturais e sociais de diferentes ordens de materialidade não pode ser compreendida em sua complexidade nem resolvida com eficácia sem o concurso e integração de campos muito diversos do saber. Cedras (2002) ressalta a necessidade de discussões e reflexões profundas, no contexto do aproveitamento racional dos recursos hídricos, envolvendo todos os atores partícipes, onde as ações devem culminar com os princípios do desenvolvimento sustentado, tão discutido pela sociedade nas últimas décadas, tendo na água o recurso básico da gestão ambiental e suas relações com o desenvolvimento.

A ocupação das bacias hidrográficas e, conseqüentemente, o uso das águas alteram as características físico-químicas e ambientais não apenas dos corpos d'água em si, mas das margens e seu entorno, sendo poucos os cursos d'água que ainda mantêm suas condições naturais conservadas. A preocupação com a degradação do meio ambiente induz a necessidade de se estabelecer métodos de avaliação que sejam eficientes tanto em nível da própria avaliação, quanto como auxiliares nos processos de tomadas de decisões nos processos de gestão ambiental (RODRIGUES e CASTRO, 2008).

2.3.1 Estudos de monitoramento e restauração ambiental

Segundo Herrick *et al.* (2006) os projetos de restauração e monitoramento de processos ecológicos são desenvolvidos em todo o mundo considerando a capacidade de restauração dos ecossistemas em termos de valores de estéticos, culturais, sociais e econômicos. A sustentabilidade do sistema de restauração também depende dos processos associados com os ciclos do carbono, nutrientes e hidrológico, e o monitoramento é limitado ao acompanhamento da composição das comunidades de plantas. Estas pesquisas indicaram

que em um curto espaço de tempo o monitoramento das comunidades de plantas é necessário, mas ainda é um fator de previsão insuficiente para garantir o sucesso dos processos de restauração em longo prazo. Estas pesquisas realizadas na parte ocidental dos Estados Unidos indicaram que processos de restauração com grande possibilidade de fracasso em curto espaço de tempo obtiveram sucesso após 75 anos de observação e que processos que foram considerados em curto espaço de tempo como exitosos fracassaram neste mesmo período.

Herrick *et al.* (2006) sugeriram que o monitoramento da composição e recomposição da vegetação devem ser associados a um ou mais indicadores de processos ecológicos de recuperação que possam refletir as alterações em pelo menos três atributos dos ecossistemas, em que o sucesso dos processos de restauração dependa: da estabilidade do solo, de sua função hidrológica e a integridade da biota.

Programas de monitoramento ambiental e de qualidade de água têm sido utilizados como uma ferramenta a nível mundial para o estabelecimento de estratégias com o objetivo de mitigação da poluição difusa. Um grande número de obstáculos foi observado associado à identificação e monitoramento de estratégias apropriadas, na fronteira entre a Inglaterra e o País de Gales, incluindo a falta de metodologias consistentes (DWORAK *et al.*, 2005). Os sedimentos representam um vetor chave para a transferência e destinação de nutrientes e contaminantes (COLLINS *et al.*, 2007; WARREN *et al.*, 2003). O aumento da carga de sedimentos pode, por exemplo, degradar o ambiente necessário para a permanência de ovas de peixe a medida que observa-se um aumento da presença de pedregulhos, reduzindo assim, o sucesso da proteção de suas ovas minimizando a reprodução das espécies (GRIEG *et al.*, 2005). Sabe-se que este fato contribui para a redução de macrófitas e da diversidade de espécies de macroinvertebrados e da disfunção estrutural de comunidades (CLARK e WHARTON, 2001; WARD *et al.*, 1998).

Para os trópicos, especificamente, o problema é ainda mais grave, pois os eventos de precipitação e, conseqüentemente, de escoamento superficial de água, são fatores que atuam de maneira mais intensa nessas regiões compondo um cenário extremamente favorável aos processos erosivos e à degradação dos componentes ambientais solo e água (EL-SWAIFY e DANGLER, 1982). Na maioria dos sistemas potamográficos, o maior percentual dos sedimentos transportados nos cursos d'água para os lagos é originário de um pequeno número de tempestades (TUNDISI, 2001). De acordo com TROEH *et al.* (1999), a falta de cobertura do solo reduz sua proteção e pode acelerar as perdas por erosão em 10, 20, 50 e até mesmo 100 vezes. Dessa forma, a formação de novas camadas de solo não pode suprir as altas taxas

de erosão. O solo vai se tornando cada vez mais raso até restar uma pequena camada ou então se extinguir completamente.

O estudo dos efeitos das alterações de uso e ocupação do solo nos processos hidrológicos tem sido realizado através de manipulações experimentais sobre a superfície do solo em termos de sua cobertura em pequenas bacias hidrográficas. Estudos de gerenciamento de práticas de reflorestamento (incluindo corte, derrubada, atividades de retirada, e recomposição de vegetação nativa) associados à produção anual e sazonal de água, taxas de evapotranspiração, taxas de interceptação, e picos de cheia tem sido conduzidos em florestas em todas as partes do mundo (BOSCH e HEWLETT, 1982; ROCHA e DALTROZO, 2008).

Segundo ESHLEMAN (2004), o desenvolvimento e aplicação de estudos em pequenas bacias hidrográficas iniciaram na segunda metade do século XX. Em 1970, trabalhos minuciosos conduzidos em Hubbard Brook, New Hampshire, objetivamente revolucionaram os estudos dos efeitos hidrológicos das atividades de gerenciamento de uso e ocupação do solo nos Estados Unidos da América (HORNBECK *et al.*, 1970). Estes estudos envolviam tipicamente a instrumentação distribuída em duas bacias hidrográficas adjacentes, que inicialmente possuísem vegetação similar, solos, aspectos morfológicos, como declividades e outras propriedades geomorfométricas. A precipitação e a vazão foram medidas usando instrumentação local. De acordo com os resultados obtidos neste trabalho as pequenas bacias hidrográficas devem ser monitoradas por diversos anos (período de calibração) para determinação de relações estatísticas com o objetivo de estabelecimento das variáveis de estado, e em, pelo menos, uma das bacias deverá ser submetida a manipulação de alterações de uso do solo. O monitoramento subsequente de precipitação e vazão (em alguns casos em termos de quantidade e qualidade) é utilizado para determinação de diferenças das respostas hidrológicas e de ecossistemas que podem ser atribuídas as manipulações experimentais.

A maior vantagem da aplicação de técnicas de medição em pequenas bacias hidrográficas é que os efeitos de processos importantes sobre a superfície do solo como a vazão e a evapotranspiração podem ser diretamente medidos sob relativa condição de controle. A maior limitação desta técnica é a carência de replicação: os recursos necessários para instrumentar duas pequenas bacias hidrográficas e dar continuidade a uma manipulação normalmente simples impedem a validação para obtenção de constatações probabilísticas. Sendo assim, são encontrados na literatura poucos exemplos de estudos controlados dos efeitos permanentes da conversão da cobertura vegetal (e.g. vegetação nativa por agricultura, agricultura por urbanização, etc).

Segundo Eeles e Blackie (1993), poderá haver uma redução do escoamento que pode ser expresso por meio de uma função linear para o aumento das áreas de florestas em bacias hidrográficas, na proporção de que 50,0% de aumento de área de floresta podem produzir 12,0% de redução no escoamento. Análises de duração do escoamento realizados através de modelos de previsão de cheias sugerem que a porcentagem de redução ocorre em todas as condições de fluxo (GUSTARD e WESSELINK, 1993).

Calder *et al.* (2003) utilizando o Hydrological Land Use Change (HYLUC) previram reduções na recarga anual média do escoamento em resposta a substituição de pastagens por áreas de florestas em áreas de planícies do Reino Unido. Girmay *et al.* (2009) associaram a perda de nutrientes ao escoamento e produção de sedimentos sobre diferentes condições de uso do solo em áreas experimentais em Tigray, Etiópia. Nesse estudo foi possível identificar que o escoamento em áreas sob diferentes usos do solo foi de 5, 6 e 16 vezes e a produção de sedimentos foi de 4, 5 e 27 vezes maior para áreas cultivadas, cobertas com pastagens e expostas (solo nú) quando comparadas a regiões de florestas. Juntamente com a perda de solo, os nutrientes também foram carreados. A exportação de sedimentos associado aos nutrientes como o carbono orgânico, nitrogênio, fósforo avaliável, potássio avaliável foi significativamente elevada em áreas cultivadas em relação a outras áreas com diferentes tipos de usos de solo.

Na África a pecuária foi responsabilizada pela destruição ou degradação das terras áridas no início da década de 1990, mas este pensamento tem sido contestado, pois segundo Scoones (1995), os riscos de degradação ambiental em ambientes não equilibrados são limitados e raramente atingem níveis que possam causar danos irreversíveis. Perrier (1990) afirma que o estabelecimento de estratégias de desenvolvimento naquela região deve levar em consideração fatores ecológicos, políticos e sociais, e defende a necessidade de processos de planejamento flexíveis e sensíveis que estejam em sintonia com as necessidades dos produtores rurais.

2.3.2 Planejamento do desenvolvimento e o meio ambiente

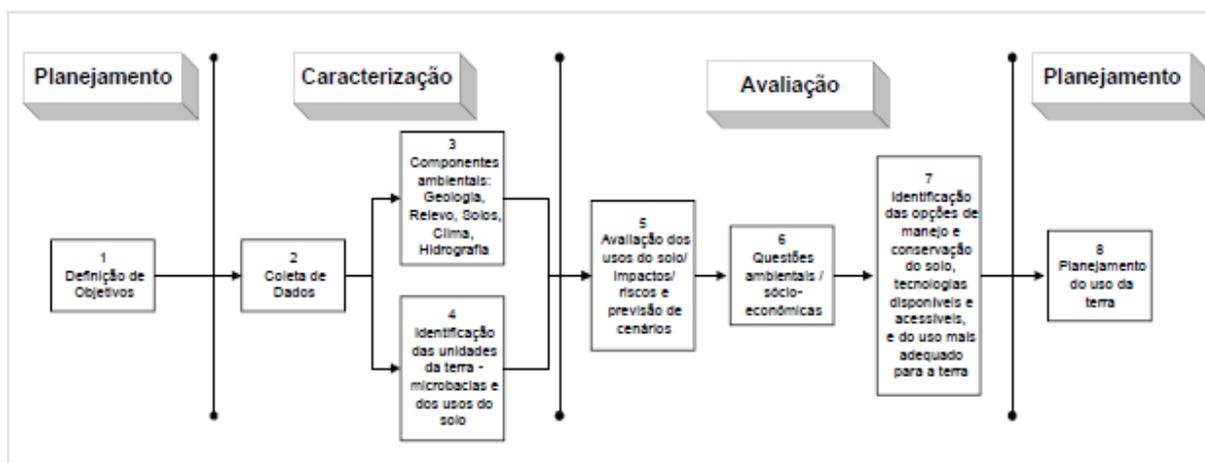
A abordagem para o planejamento do desenvolvimento também é importante. Em ambientes altamente variáveis, estratégias bem-sucedidas vão evoluir a partir de um diálogo interativo entre governo, técnicos e pecuaristas, para que as decisões do tipo de desenvolvimento, em função de um modelo conservacionista de uso e ocupação do solo, não sejam tomadas apenas pelo governo ou por técnicos sem a participação dos produtores. A

adoção deste quadro exigirá grandes mudanças nos valores institucionais, incentivos estruturais e normas operacionais (CATLEY *et al.*, 2012; KORTEN, 1980).

Hagmann e Speranza (2010) questionam se é ou não possível manter estratégias de produção pecuária extensiva e a mobilidade dos rebanhos e das pessoas em territórios cada vez mais populosos em regiões semiáridas e quais os desafios econômicos, ecológicos, políticos e sociais e as oportunidades das sociedades pastorais na África. Catley *et al.* (2012) afirmam que a adaptação e as estratégias de convivência em ambientes com condições climáticas cada vez mais variáveis, como em regiões áridas e semiáridas, devem emergir da experiência e do conhecimento local do homem do campo, bem como devem existir cada vez mais esforços de modelagem e ampliação do diálogo entre os produtores rurais, técnicos e representantes de órgãos governamentais.

De acordo com Alves *et al.* (2003), no planejamento agrícola ou de uso da terra existe uma sequência de etapas que precisa ser seguida. Parte-se dos levantamentos e das caracterizações ambientais para as análises e avaliações, a fim de ser possível realizar o planejamento com sucesso (Figura 6).

Figura 6 – Etapas do processo de planejamento racional do uso da terra



Fonte: FAO (1990), modificado por ALVES *et al.*, 2003

Segundo Rocha e Daltrozo (2008), o planejamento da ocupação de bacias hidrográficas é necessário em uma sociedade com usos crescentes da água. Diagnósticos que visam contribuir com a utilização racional e sustentável dos recursos naturais podem fomentar formulação de medidas e o recolhimento de informações pertinentes ao controle da erosão e de cheias, à prevenção contra períodos de estiagem prolongados, ao controle das atividades agrícolas e pecuárias e ao planejamento e localização espacial das ações de florestamentos.

Essas ações poderão reduzir significativamente a carga de poluição transportada aos mananciais.

Nas últimas décadas, o interesse por estudos de impactos ambientais causados pelas atividades humanas, tem levado um considerável número de pesquisadores a estudar novas ferramentas que buscam simular as transformações ocorridas através das mudanças no uso do solo (SANTOS *et al.*, 2002).

O planejamento conservacionista das terras é de fundamental importância para a conservação do solo, controle da erosão e da qualidade da água, gerando informações importantes para o processo de tomada de decisão no gerenciamento de bacias hidrográficas. Muitas teorias de planejamento e manejo ambiental têm sido desenvolvidas no intuito de reduzir a perda de solo em bacias hidrográficas com o objetivo de reduzir as cargas de sedimentos transportadas para as redes de drenagem (AMORE *et al.*, 2004; ROCHA e DALTROZO, 2008), porém alguns destes estudos e avaliações não consideram as relações do homem com o meio ambiente.

2.3.3 Indicadores para avaliação ambiental

A caracterização ambiental é uma etapa fundamental do processo de planejamento baseada no levantamento de dados e informações e no conhecimento da área a ser planejada. Com base no desenvolvimento de bancos de dados digitais e geoprocessamento, e no rápido acesso às informações armazenadas, a utilização de instrumentação computacional tem se tornado uma poderosa ferramenta para a realização da caracterização, de planejamentos e análises ambientais (PINTO e CRESTANA, 1997).

Acrescenta-se ainda que o processo de avaliação ambiental requer a proposição de variáveis facilmente detectáveis e mensuráveis, que possibilitem correlacionar os indicadores de alterações ambientais aos impactos iminentes ou futuros (CASTRO e CANHEDO Jr., 2007; PESSOA *et al.*, 1997). Dessa forma, é importante a utilização de índices e de indicadores ambientais, os quais expressam valores ou fornecem informações sobre o estado de um fenômeno/área/ambiente com maior significado que apenas aquele relacionado diretamente ao seu valor quantitativo (OECD, 1989). Martos e Maia (1997) também definem indicadores ambientais como todos os parâmetros, quantitativos ou qualitativos, capazes de evidenciar modificações no meio. Rocha e Daltrozo (2008) utilizaram a metodologia de florestamentos compensatórios para retenção de água em micro-bacias comparada à metodologia de diagnósticos físico-conservacionistas na sub-bacia hidrográfica do rio Soturno, RS, com o objetivo de contribuir para a utilização racional e sustentável dos recursos

naturais renováveis. A sub-bacia hidrográfica do rio Soturno possui em sua área de drenagem parte das áreas dos municípios de Dona Francisca, São José do Polêsine, Faxinal do Soturno, Ivorá, Silveira Martins, Restinga Seca, Nova Palma e Júlio de Castilhos, RS.

No intuito de avaliar a qualidade da água, a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA) desenvolveu um índice que envolve indicadores da condição e da vulnerabilidade dos recursos hídricos do país, de forma a avaliá-los antecipadamente (EPA, 2002; SCHULTZ, 2002). Os indicadores de condições foram desenvolvidos para mostrar a qualidade da água dos corpos aquáticos daquele país. Os indicadores de vulnerabilidade foram desenvolvidos com o objetivo de indicar onde as descargas de poluentes e outras atividades podem exercer pressão sobre as bacias hidrográficas. Reforçando a tendência de avaliar as condições atuais do ambiente e entender as transformações que estão ocorrendo para prever cenários futuros, a EPA publicou o Relatório de Avaliação Ambiental (EPA, 2003), no qual destaca como um dos indicadores das condições da água e bacias hidrográficas, a contaminação das águas interiores e costeiras por sedimentos.

Minoti e Crestana (2004) avaliaram a adoção e utilização da perda de solo como indicador de vulnerabilidade de bacias hidrográficas, de maneira quantitativa. De acordo com o universo de amostragem utilizado, os autores observaram que as informações eram extremamente escassas, principalmente no que se referia à previsão de cenários futuros em ambientes tropicais regionais. Dentre os indicadores de vulnerabilidade podem-se mencionar o índice de potencial de escoamento superficial agrícola. Um dos componentes desse índice refere-se à modelagem das cargas de sedimentos que atingem os córregos e rios.

Para Macedo (1991), a avaliação ambiental precisa estabelecer uma medida de comparação entre situações alternativas, mensurando-as e comparando-as. Dessa forma, é fundamental a utilização de conceitos de cenários ambientais, temporal e especificamente distintos, de modo que se proceda à avaliação entre as situações concretas e potenciais diversas, porém, essencialmente comparáveis.

Nos estudos de avaliação ambiental, para a elaboração de cenários, emprega-se um conjunto de técnicas específicas, como as de predição de impacto, destinadas a estimar a magnitude das alterações de uso e ocupação do solo, como por exemplo, em relação a erosão e qualidade da água em microbacias (BERTOSSO *et al.*, 2013). Exemplos dessas técnicas envolvem o emprego de avaliações qualitativas e quantitativas, da modelagem matemática, simulação de sistemas, da avaliação da paisagem através de sistemas de informações geográficas, de projeções estatísticas, além de experimentos e medições no campo e no

laboratório (JARDIM e PEREIRA, 2009; PESSOA *et al.*, 1997; SILVA e SANTOS, 2008; SOUSA *et al.*, 2008).

2.3.4 Pesquisa ambiental qualitativa

Para Turato (2005), as pesquisas que utilizam o método qualitativo devem trabalhar com valores, crenças, representações, hábitos, atitudes e opiniões. Não tem qualquer utilidade na mensuração de fenômenos em grandes grupos, sendo basicamente úteis para quem busca entender o contexto onde algum fenômeno ocorre. Em vez da medição, seu objetivo é conseguir um entendimento mais profundo e, se necessário, subjetivo do objeto de estudo, sem preocupar-se com medidas numéricas e análises estatísticas. Cabe-lhes, pois, adentrar na subjetividade dos fenômenos, voltando a pesquisa para grupos delimitados em extensão e território, porém possíveis de serem abrangidos intensamente.

Segundo Neves (1996), a pesquisa qualitativa assume diferentes significados no campo das ciências sociais. Compreende um conjunto de diferentes técnicas interpretativas (entrevista não estruturada, entrevista semi-estruturada, observação participante, observação estruturada, grupo focal) que visam descrever e decodificar os componentes de um sistema complexo de significados.

Mayring (2002) apresenta seis delineamentos da pesquisa qualitativa: estudo de caso, análise de documentos, pesquisa-ação, pesquisa de campo, experimento qualitativo e avaliação qualitativa. A pesquisa qualitativa pode ser caracterizada por um *espectro de métodos e técnicas*, adaptados ao caso específico, ao invés de um método padronizado único. Ressaltam, assim, que o *método deve se adequar* ao objeto de estudo.

Segundo Sá e Souza (2012), a elaboração de projetos de desenvolvimento rural se constitui em uma experiência de planejamento, a qual deve ser capaz de mobilizar recursos que reflitam em uma melhora do objeto planejado. Entretanto, ainda é pouco difundido o hábito de formalizar os planejamentos em documentos capazes de traduzir as etapas e estratégias para a operacionalização das ações, com indicadores para monitoramento e avaliação baseados em diagnósticos bem sustentados. Os projetos de desenvolvimento agrícola geralmente são concebidos para atingirem objetivos formulados em nome do interesse geral, mas na maioria das vezes não há participação dos camponeses na elaboração e formulação dos projetos (SÁ e SOUZA, 2012). Para Dufumier (2007), é necessária a participação dos camponeses na formulação de projetos, mas isso não deve servir de pretexto para o afastamento dos especialistas.

Os diversos métodos de avaliação ambiental citados consideram indicadores, índices, características das áreas de estudo, uso e ocupação do solo, mapeamentos, monitoramento da qualidade da água, do solo, do ar, do escoamento superficial, da produção de sedimentos e erosão em bacias hidrográficas, todos pensados em prover informações básicas para a realização de um planejamento ambiental adequado para uma determinada área, mas não consideram a participação das comunidades rurais locais sobre qual o tipo de futuro que melhor se encaixa nas suas perspectivas de vida e como inseri-las no processo de escolha do tipo de desenvolvimento que deve ser buscado em função de um modelo conservacionista de uso e ocupação do solo.

Diagnósticos rápidos e participativos têm sido utilizados como uma ferramenta de avaliação quantitativa e qualitativa de aspectos sociais relevantes em comunidades rurais no intuito de estabelecimento de propostas de desenvolvimento rural. Segundo Jardim e Pereira (2009), o diagnóstico rápido e participativo pode ser interpretado como uma tentativa de minimizar as limitações das ciências sociais em relação ao conhecimento da realidade, especialmente, quando envolve a realidade sócio-econômica e cultural de classes populares ou de grupos sociais excluídos ou pouco inseridos na sociedade contemporânea.

Seu uso, segundo Alencar e Gomes (2001), visa sanar problemas graves nas áreas de pesquisa, difusão de tecnologias e planejamento de projetos de desenvolvimento rural, aumentando a eficiência da intervenção técnica onde desníveis sócio-culturais impossibilitam uma relação adequada entre produção científica e o saber-fazer dos agricultores. Para esses autores, esta ferramenta é usada para conhecer, avaliar, e planejar idéias, problemas, oportunidades, obstáculos locais e desenvolvimento regional, entre outros, elencando as estratégias de convivência mais harmoniosa com os recursos naturais disponível em nível de propriedade rural.

Dentro dessa concepção, o princípio básico do diagnóstico rápido e participativo consiste em que, para se obter informações mais próximas da realidade, é necessário promover a interação entre agricultores e técnicos, num processo de comunicação racionalmente construído para tal fim. A idéia é promover debates entre os informantes, expor em grupo os interesses opostos, desmistificar o assistencialismo como solução de problemas, qualificar as responsabilidades e suas dimensões e ordenar as prioridades, caracterizar as condições ambientais e produtivas, entre outras potencialidades (ALENCAR e GOMES, 2001).

No diagnóstico rápido e participativo dispõem-se de técnicas individuais e coletivas. Entre as técnicas individuais mais utilizadas podem-se citar: entrevista semi-estruturada,

matriz de qualificação, calendário sazonal, rotina diária e a caminhada transversal (JARDIM e PEREIRA, 2009). Entre as técnicas coletivas citam-se: eleição de prioridades, realidade / desejo, Diagrama de Venn (jogo das bolas) e mapeamento histórico (GOMES *et al.*, 2001).

Valentin *et al.* (2008) avaliaram os impactos de práticas de cultivo tradicionais sobre o escoamento e a produção de sedimentos em vinte e sete bacias hidrográficas localizadas em cinco países do sudeste asiático, Indonésia, Laos, Filipinas, Tailândia e Vietnã, no período de 2003 a 2007. Novas opções de gerenciamento do uso e ocupação do solo foram introduzidas após a consulta aos produtores rurais locais e avaliadas em termos da geração do escoamento superficial e produção de sedimentos. Práticas conservacionistas de uso e ocupação do solo foram inseridas como a ampliação das áreas de pousio, como a recomposição da vegetação com o plantio de leguminosas, forrageiras, gramíneas nativas e agroecológicas utilizando o plantio direto.

Sá e Souza (2012) ressaltam que não se deve esquecer que nem todas as comunidades têm o mesmo nível de participação dos atores locais, já que algumas estão muito longe dos grandes centros consumidores e produtores de inovações e tecnologia, sendo assim, para estas, algumas ações diferenciadas podem ser necessárias, para que fatores como: baixa escolaridade, falta de alimentos, falta de acesso a crédito, falta de mercados e a submissão a grupos políticos possam ser resolvidos de modo que isso não se torne um obstáculo no caminho de desenvolvimento que passa a ser trilhado por esta comunidade.

Nos estudos sobre o desenvolvimento de determinadas comunidades e territórios, são representativos os aspectos culturais e religiosos, de modo que estes aspectos presentes na subjetividade humana ajudam a compor um capital social que “corresponde ao *ethos* de uma certa sociedade. Complementa-se este conceito afirmando que o capital social corresponde a recursos cujo uso abre caminho para o estabelecimento de novas relações entre os habitantes de uma determinada região” (ABRAMOVAY, 2000).

Jiménez (2002) destaca a necessidade de compromisso e identificação dos cidadãos com os interesses da comunidade em que vivem, onde patriotismo, solidariedade e virtudes cidadãs são conceitos centrais que devem estar presentes, além de que a principal manifestação do compromisso cívico é a associação, ou seja, a propensão dos cidadãos em participarem de associações que buscam o bem comum. Desta forma, o capital social é um conjunto de recursos, boa parte dos quais simbólicos, cuja apropriação depende em grande parte o destino de uma comunidade. Para Abramovay (2003), a acumulação de capital social é um processo de aquisição de poder e até de mudança na correlação de forças no plano local.

2.3.5 Modelagem ambiental e hidrossedimentológica

Para a elaboração de cenários futuros os modelos matemáticos de simulação podem auxiliar a incorporação dos variados fatores que influenciam o processo de tomada de decisão, incluindo aspectos quantitativos e qualitativos. Utilizando informações geradas por medições em campo ou disponibilizadas por pesquisadores ou publicações científicas, os modelos devem integrar tantas escalas quantas forem necessárias, como forma de obter respostas que tenham validades geofísica, biológica e administrativa.

A utilização de modelos matemáticos – empíricos, conceituais, determinísticos e estocásticos – apresenta-se como uma ferramenta válida para a otimização dos processos de integração das variadas informações fornecendo objetividade e orientação mais direta aos processos investigados. No meio agrônomico, os modelos matemáticos mais difundidos são os empíricos, essencialmente descritivos e identificados por equações matemáticas capazes de representar os dados experimentais de forma aceitável (PESSOA *et al.*, 1997).

Os modelos hidrossedimentológicos distribuídos de base física têm sido cada vez mais utilizados em estudos de análise e do acompanhamento de sistemas de aproveitamento e controle dos recursos naturais. Dentre os vários modelos hidrossedimentológicos destacam-se o HEC-GeoHMS (USACE, 2003), o AGNPS (BINGNER e THEURER, 2001), o BASINS (LAHLOU *et al.*, 1998), o SWAT (TRIPATHI *et al.*, 2003) e o Kineros 2 (WOOLHISER *et al.*, 1990). A utilização de modelos hidrossedimentológicos é particularmente importante devido ao fato da escassez de dados hidrológicos em períodos contínuos e de extensão temporal suficiente para o desenvolvimento de estudos hidrológicos.

Diversos modelos conceituais de base física e de parâmetros distribuídos – ANSWERS, AGNPS, KINEROS2, SWAT, SWRRB e WEPP – têm sido modificados e utilizados, no Brasil e ao redor do mundo, para prever o escoamento superficial, a erosão e o transporte de sedimentos e a carga de nutrientes em bacias hidrográficas agrícolas submetidas a diferentes manejos de uso e ocupação do solo. Entre esses modelos, o “Soil and Water Assessment Tool” (SWAT) é o mais recente, utilizado com sucesso na simulação do escoamento, das cargas de sedimentos e da qualidade da água de pequenas bacias hidrográficas (TRIPATHI *et al.*, 2003).

No Cariri paraibano destacam-se os trabalhos na Bacia Experimental e Representativa de Sumé (BRS) e na Bacia Experimental de São João do Cariri (CADIER e FREITAS, 1982; CADIER *et al.*, 1983; SRINIVASAN *et al.* 2004). Nestas bacias diversos modelos conceituais de base física, distribuídos e direcionados a eventos, como o CHDM, o WEPP, o WESP, o

KINEROS2 e o SWAT, foram utilizados com o objetivo de calibração de parâmetros e validação em termos de quantificação do escoamento superficial, da erosão e produção de sedimentos sob diferentes condições de uso do solo e escalas espaciais.

Na área agropecuária, os modelos matemáticos são utilizados, principalmente, para estudo dos processos erosivos e de transporte de agroquímicos para camadas mais profundas do solo até águas subterrâneas. Com algumas semelhanças aos sistemas de classificação da área de recursos hídricos, os modelos são classificados em conceituais, físicos e matemáticos, os quais são sub-classificados em empíricos, determinísticos, estáticos, estocásticos ou dinâmicos (PESSOA *et al.* 1997).

Nas pesquisas relacionadas à perda de solo, no Brasil e em várias partes do mundo, utiliza-se, ordinariamente, a Equação Universal de Perda de Solo (EUPS). Além dos valores totais de perda de solo, estimados pela EUPS, é importante observar que nos casos onde a taxa de erosão é menor do que a taxa de incremento da profundidade do solo, os solos tornam-se mais profundos com o tempo. Esse é o caso para a maior parte dos bem drenados e cobertos por vegetação densa. No entanto, a agricultura pode modificar, substancialmente, as taxas de formação do solo e de erosão/sedimentação. Com a remoção da cobertura natural do solo e sua substituição por culturas, a proteção dele contra a ação da chuva e do vento torna-se menos eficiente ou ausente. Como consequência, a taxa de erosão aumenta e pode tornar-se mais elevada que a taxa de incremento, resultando na perda de sua profundidade (SPAROVEK e VAN LIER, 1997).

No intuito de preservar os solos da perda excessiva de profundidade e consequente degradação das propriedades físicas, químicas e biológicas, foi desenvolvido o conceito de tolerância à erosão (T). O valor de tolerância é suposto com base na taxa natural de formação (recomposição) do solo. De acordo com Bertoni e Lombardi Neto (1999, p. 86), “a tolerância de perda de solo é a quantidade de terra que pode ser perdida por erosão, expressa em toneladas por unidade de superfície e por ano, mantendo ainda o solo com elevado nível de produtividade por longo período de tempo”.

Limites de tolerância de perda de solo por erosão para solos rasos e de baixa permeabilidade foram estabelecidos para solos dos Estados Unidos variando entre 4,5 a 11,5 ton.ha⁻¹.ano⁻¹ (WISCHMEIER e SMITH, 1978). Para a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) perdas de solo de 12,0 ton.ha⁻¹.ano⁻¹ para solos profundos e bem drenados, e de 2,0 a 4,0 ton.ha⁻¹.ano⁻¹ para solos rasos e de baixa permeabilidade são aceitáveis (FAO, 1965). Para Hudson (1995), o limite superior de tolerância de perda de solo determinado para 51 tipos de solo nos Estados Unidos é igual a 11,2 ton ton.ha⁻¹.ano⁻¹, o que

equivale a uma taxa de formação de 25,0 mm de solo em 30 anos. Oliveira *et al.* (2008) identificaram limites de tolerância de perda de solo no estado da Paraíba, Nordeste do Brasil, para os Luvisolos e Neossolos, variando entre 5,4 e 6,3 ton.ha⁻¹.ano⁻¹.

Entretanto, a EUPS não prevê o transporte ou a deposição de sedimentos, os resultados apenas prevêem a susceptibilidade à perda de solo nas áreas onde é aplicada. No intuito de simular outros processos, torna-se necessário o uso de modelos que compreendam, de maneira direta, um maior número de processos.

Em sistemas complexos como as bacias hidrográficas, combinando processos naturais como precipitação, evapotranspiração, deflúvio superficial e subterrâneo com fatores relativos às atividades humanas tais como desmatamento, produção agrícola e construção de represas, é impossível uma representação completa de cada processo associado ao ciclo hidrológico, à erosão e à produção e destino dos sedimentos. Nesse sentido, é extremamente vantajosa a utilização de modelos que contemplem essa sucessão de estados ou mudanças simplificando uma realidade complexa por meio da utilização de alguns aspectos de maior importância envolvidos nos processos mencionados (EELES e BLACKIE, 1993).

Uma estimativa mais precisa da erosão hídrica é, portanto, importante em vários contextos ambientais, tais como a avaliação potencial de perda de solo, da redução da capacidade de armazenamento de água em reservatórios devido à deposição de sedimentos, redução da produtividade em solos com potencial agrícola e os efeitos da erosão em diferentes regiões (AMORE *et al.*, 2004; NEARING *et al.*, 2000; XU e YAN, 2005; WEI *et al.*, 2012).

Modelos computacionais conceituais têm sido desenvolvidos para representar esses processos naturais e antrópicos. Tais modelos vêm sendo utilizados como ferramentas de suporte ao entendimento de processos que são difíceis de mensurar e como forma de prever os efeitos das alterações no uso e na cobertura do solo (KITE e DROOGERS, 2000).

A maior limitação ao uso de modelos complexos é a dificuldade em trabalhar a grande quantidade de dados que descrevem a heterogeneidade dos sistemas naturais. A utilização desses modelos associada aos SIGs, com o desenvolvimento de bases de dados digitais, permite que os dados espaciais referentes a grandes áreas heterogêneas sejam divididos em pequenas unidades hidrologicamente homogêneas, sobre as quais os modelos são aplicados (MACHADO *et al.*, 2003; SILVA e SANTOS, 2008).

Atualmente, através dos SIGs, pode-se obter uma descrição espacial detalhada de variáveis da região em estudo vinculadas a modelos hidrológicos distribuídos, contribuindo assim para se conhecer com maiores detalhes os processos complexos que, quando analisados

de forma conjunta, convergem para uma maior precisão para análise do fenômeno (GOMES e RODRIGUES, 1998).

Sistemas de Informação Geográfica têm sido utilizados para a geração de banco de dados que funcionam como parâmetros de entrada para os modelos hidrológicos, permitindo, através dessa integração, a manipulação de dados espaciais e servindo como ferramenta de auxílio para a tomada de decisões relacionadas com o planejamento e o ordenamento do território (SANTOS *et al.*, 2006; MENDES FILHO *et al.*, 2007).

Muitos desenvolvimentos tecnológicos importantes têm acontecido recentemente no intuito de promover um melhor entendimento das consequências hidrológicas das modificações de uso e ocupação do solo.

O primeiro desenvolvimento foi obviamente a extraordinária melhoria da quantidade de dados coletados, armazenamento dos dados, distribuição de dados, e capacidade computacional (hardware e software) para suportar diversas análises. Recentemente, a automatização da coleta de dados climatológicos, hidrológicos e hidrométricos, sedimentológicos, entre outros, aumentou a performance das análises das séries de dados liberando os recursos humanos para se concentrar em outros aspectos do problema.

Um segundo desenvolvimento tecnológico crítico é sem precedentes a facilidade de observação das alterações da superfície do solo utilizando sensores remotos, em geral baseados em observações através de satélites. Dados do Landsat são adquiridos sistematicamente por todo o mundo (GOWARD e WILLIAMS, 1997) e dados obtidos por meio de sensores com resolução moderada, como o MODIS, são agora disponibilizados livremente (JUSTICE *et al.* 2002). Cientistas agora estão aptos a armazenar eficientemente, gerenciar e processar estas imagens.

Dados de satélites, apropriadamente calibrados e validados com dados de superfície, podem agora prover dados da distribuição espacial dos tipos de cobertura do solo, bem como auxiliar na tomada de decisão sobre as possíveis alterações futuras (HANSEN e DeFRIES, 2004). No entanto as informações só podem ser obtidas para pequenas áreas que utilizam a inspeção do solo ou aerofotogrametria; dados de satélite podem ampliar a cobertura espacial para áreas maiores e permitir análises com maior frequência temporal.

Imageadores remotos também podem ser utilizados para quantificar a distribuição espacial de parâmetros da superfície do solo, como a cobertura vegetal (NEMANI *et al.*, 1993), alterações de vegetação (NEMANI *et al.*, 1996). Finalmente, o monitoramento remoto através de satélites está aumentando e iniciando sua utilização para prover um aumento da cobertura de variáveis hidrológicas, como a precipitação (SMITH *et al.*, 1996;

STUDERVANT-REES *et al.*, 2001), umidade do solo (SANO *et al.*, 1998), e cheias de rios (PORTMANN, 1997; TOWNSEND e FOSTER, 2002).

A necessidade de entendimento de sistemas complexos como é o caso dos ecossistemas terrestres e aquáticos faz com que a utilização e aplicação de modelos a questões científicas seja quase compulsória. Não é simples investigar todos os componentes e suas interações no ecossistema sem o uso de modelos como ferramenta de síntese. As reações no sistema podem não ser necessariamente a soma de todas as reações individuais. O uso da modelagem como ferramenta para entender propriedades do sistema demonstra vantagens e revela lacunas no nosso conhecimento.

Talvez a principal contribuição fornecida por um modelo seja o conhecimento de prioridades da pesquisa, as quais podem revelar propriedades do sistema a partir de hipóteses científicas geradas pelo próprio modelo. Assim, os modelos, ao simular as interações no ecossistema, não somente geram resultados que podem ser comparados com observações *in situ* ou experimentais, como também podem servir de plataforma de pensamento para importantes questões científicas (FRAGOSO Jr. *et al.*, 2009).

De acordo com Christofolletti (1999) entre as diversas técnicas que servem de suporte à elaboração de estudos sobre as relações ocorrentes nos sistemas ambientais, ecológicos, econômicos e sociais destaca-se a função da modelagem. Os modelos são empregados para avaliar os efeitos que se desenvolvem em amplo espectro de fenômenos, tais como no tocante às mudanças no uso das terras, emissão de poluentes, mudanças climáticas, modificações nos canais fluviais, mudanças nas condições de estuários, erosão litorânea, uso de produtos químicos na agricultura, manejo de bacias hidrográficas e deposição ácida. O mesmo ocorre no setor da avaliação tecnológica e da avaliação social. Nesse contexto, modelos matemáticos de estimativa de perda de solo por erosão vêm sendo aplicados com eficiência, tanto no planejamento conservacionista quanto na avaliação e controle do processo erosivo em bacias hidrográficas (MACHADO *et al.*, 2003).

Garrido (2003), ao analisar diversos modelos de simulação hidrológica, concluiu que o SWAT mostrou-se o mais completo em termos de número de componentes simulados, representando uma vantagem do modelo, possibilitando a análise de cenários de diversas situações climáticas, uso da terra, implantação de reservatórios, etc.

Minoti (2006) sintetizou alguns modelos conceituais utilizados para simular processos de erosão, produção de sedimentos e processos hidrológicos em escalas de campo e de bacia hidrográfica com base nos estudos desenvolvidos por Ranieri *et al.*, (1998), Souto (1998),

Tucci (1998), Jetten *et al.* (1999), Garrido (2003), Paiva *et al.* (2003), Reichardt e Timm (2004), Silva e Crestana (2004). O quadro 1 mostra a síntese elaborada por Minoti (2006).

Quadro 1 – Alguns modelos utilizados para simular processos hidrológicos ou erosivos em escalas de campo e de bacia hidrográfica

Nome do Modelo	Abreviatura	Referência
<i>Modelos desenvolvidos para trabalhos em escala de campo</i>		
Chemicals, runoff and erosion from agricultural management systems	CREAMS	Knisel, 1985
Climatic index for soil erosion potential	CSEP	Kirkby e Cox, 1995
Erosion-productivity impact calculator	EPIC	Williams, 1985
European soil erosion model	EUROSEM	Morgan <i>et al.</i> , 1998; Quinton, 1994
Groudwater loading effects of agricultural management systems	GLEAMS	Knisel, 1991
Agricultural Soil Erosion Evaluation Model	IMPIERO	Licznar e Nearing, 2003
Revised Universal Soil Loss Equation	RUSLE	Renard <i>et al.</i> , 1991
Universal soil loss equation	USLE	Wischmeier e Smith, 1978
Water erosion prediction project	WEPP	Flanagan e Nearing, 1995
<i>Modelos desenvolvidos para trabalhos em escala de bacia hidrográfica</i>		
Agricultural catchments research unit model	ACRU	Schulze, 1989; New e Schulze, 1996
Agricultural non-point source pollution model	AGNPS	Young <i>et al.</i> , 1989
Areal Non-point Source Watershed Environment Response Simulation	ANSWERS	Beasley e Huggins, 1981
Catchment Hydrology Distributed Model	CHDM	Lopes, 1995
Dynamic Watershed Simulation Model	DWSM	Borah <i>et al.</i> 2002
3D erosion model	EROSION3D	Schmidt <i>et al.</i> , 1999
European soil erosion model	EUROSEM	Morgan <i>et al.</i> , 1998; Quinton, 1994
Kinematic runoff and erosion model	KINEROS2	Smith <i>et al.</i> , 1995
Limburg soil erosion model	LISEM	De Roo <i>et al.</i> , 1996a,b
Soil erosion model associated with MEDALUS project	MEDRUSH	Kirkby, 1998
MIKE SHE	MIKE SHE	DHI, 1993; Refsgaard e Storm, 1995
Modified Universal Soil Loss Equation	MUSLE	
Routing Outputs to Outlet	ROTO	Arnold <i>et al.</i> , 1995
Semi-distributed Land Use-based Runoff Processes	SLURP	Lacroix <i>et al.</i> , 2002
Soil and Water Assessment Tool	SWAT	Arnold <i>et al.</i> , 1998
Simulator for Water Resources in Rural Basins	SWRRB	Williams <i>et al.</i> 1985; Arnold <i>et al.</i> , 1990
TOPMODEL	TOPMODEL	Beven <i>et al.</i> , 1994; Beven e Freer, 2001
Watershed Erosion Simulation Program	WESP	Lopes, 1995

Fonte: Minoti (2006)

2.3.6 Uso do modelo SWAT

Entre diversos modelos conceituais ou empíricos disponíveis para a realização de simulação hidrológica e hidrossedimentológica em bacias hidrográficas destaca-se o SWAT (Soil and Water Assessment Tool), que foi desenvolvido nos Estados Unidos da América pelo

Agricultural Research Service e pela Texas A&M University, para verificar os efeitos resultantes das modificações no uso do solo sobre o escoamento e produção de sedimentos, atualmente bastante utilizado em nível mundial (GASSMAN *et al.*, 2007; SANTHI *et al.*, 2006; SCHOUL *et al.*, 2008; ZHANG *et al.*, 2008).

Na bacia hidrográfica do rio do Bosque, Texas, Estados Unidos da América, o SWAT foi utilizado para demonstrar como melhores práticas de gerenciamento de uso e ocupação do solo podem auxiliar na avaliação dos impactos da carga anual e mensal de sedimentos e nutrientes em áreas agrícolas. As simulações considerando melhores práticas de gerenciamento de uso e ocupação do solo individualmente permitiram obter reduções de 3,0% a 37,0% na carga de sedimentos e de 1,0% a 24,0% de redução da carga de Nitrogênio Total (NT). Maiores reduções foram obtidas em nível de sub-bacias e de unidades de respostas hidrológicas (TUPPAD *et al.*, 2010).

Zhu (2011) utilizou o SWAT para simular alterações de uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do rio Little, Tennessee, Estados Unidos da América, especialmente em relação a conversão de áreas agrícolas em residenciais e comerciais, que tem mostrado modificações na dinâmica fluvial local, contribuindo para acelerar a erosão e a degradação da qualidade da água que é utilizada para consumo humano de mais de 100.000 famílias residentes em Blount County, bem como em atividades agrícolas e de recreação. O período de 1984 a 2010 foi utilizado para classificar imagens do satélite LANDSAT TM/ETM que foram comparadas com imagens de alta resolução do Google Earth em 2010. O monitoramento das imagens permitiu identificar um aumento das áreas residenciais e comerciais (+ 4,9%), de florestas (+ 4,5%) e a redução de áreas agrícolas (- 9,2 %). Estas alterações foram simuladas e indicaram um aumento de 3,0 % no escoamento total na área da bacia.

Baltokoski *et al.* (2010) utilizaram o SWAT para avaliar o impacto de fontes difusas de poluição e do uso e ocupação do solo na qualidade da água em duas micro-bacias hidrográficas dos rios Conrado e Pinheiros, afluentes do rio Pato Branco, localizados nos municípios de Pato Branco e Mariópolis, estado do Paraná, quanto a exportação do fluxo de massa do Fósforo Total (PT) e o escoamento no período de 2004 a 2005.

Lélis e Calijuri (2010) usaram o SWAT com o objetivo de identificar zonas com maior risco à erosão em relação ao uso e tipo de solo na bacia do ribeirão São Bartolomeu, localizada na Zona da Mata de Minas Gerais, região Sudeste do Brasil, onde foi possível identificar uma redução significativa de perda de solo em várias regiões da bacia com a substituição de parte da cobertura de pastagens por eucalipto.

Na bacia experimental do riacho dos Namorados, localizada no município de São João do Cariri, Paraíba, Nordeste do Brasil, o modelo SWAT foi usado por Carvalho Neto (2011), para realizar simulações com cenários alternativos de uso e ocupação do solo em duas sub-bacias onde a cobertura vegetal de uma espécie exótica, a algaroba (*Prosopis sp*), apresentou os melhores resultados na redução da produção de sedimentos em relação a vegetação típica da região, a caatinga.

Taveira (2012) realizou a avaliação de alternativas de uso do solo por meio de simulação hidrossedimentológica usando o SWAT na bacia representativa de Sumé, Estado da Paraíba, em uma perspectiva conservacionista de caráter vegetativo, com reflorestamento, e seus impactos sobre a geração do escoamento e a produção de sedimentos.

O planejamento de uso e ocupação do solo tem sido realizado levando-se em consideração estudos de monitoramento e restauração ambiental em pequenas bacias hidrográficas experimentais utilizando alguns indicadores de avaliação ambiental, mas nem sempre considerando o tipo de desenvolvimento desejado por produtores e moradores de comunidades rurais localizadas no semiárido. Neste sentido a pesquisa qualitativa pode auxiliar no entendimento das possibilidades e realidades desejadas por meio do estudo com grupos focais e de forma individualizada que se associados a modelagem ambiental podem fornecer respostas mais realistas do que os produzidos apenas por modelos de simulação ambiental e hidrossedimentológica.

Neste sentido a utilização de determinadas técnicas individuais e coletivas disseminadas em pesquisas qualitativas na área das Ciências Sociais pode ser uma ferramenta válida para a inserção em modelos matemáticos de simulação hidrossedimentológica, permitindo assim, uma melhor representação das inter-relações existentes entre os aspectos sociais e econômicos dos produtores rurais e os impactos ambientais em nível de propriedade. Metodologias que contemplem estes aspectos facilitam o estabelecimento de estratégias de conservação ou de recuperação em pequenas bacias hidrográficas do semiárido.

CAPÍTULO III

MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Caso de estudo

No início da década de 70 do século XX uma cooperação técnica franco-brasileira na área de hidrologia e recursos hídricos permitiu a criação de um banco de dados hidrometeorológicos e a realização de estudos hidrológicos após a identificação de zonas hidrológicas homogêneas na região Nordeste do Brasil. Segundo Nouvelot (1974) é necessário estudar uma bacia que possa ser representativa de uma região ou zona hidrologicamente homogênea, assumindo que existe uma zona físico-climática semelhante. Neste contexto, algumas bacias experimentais e representativas foram instaladas em diversos estados do Nordeste devido ao fato dos tipos de solo, relevo, vegetação e clima serem semelhantes aos encontrados em uma grande área dessa região (CADIER e FREITAS, 1982). Em 1983 uma diversificação das atividades dessa cooperação permitiu a realização de estudos de alterações de uso, erosão e conservação do solo, dando origem a um programa denominado de Tecnologia Aplicada à Pequena Irrigação (TAPI) que foi ampliado para contemplar ações de extensão e a gestão de recursos hídricos.

Na Paraíba os trabalhos nas bacias experimental e representativa de Sumé foram iniciados pela SUDENE no começo da década de 80 do século XX com o objetivo de melhorar o entendimento dos processos hidrossedimentológicos que ocorrem no semiárido paraibano (CADIER e FREITAS, 1982). No ano de 1982 foi firmado um acordo entre a SUDENE e a Universidade Federal da Paraíba (UFPB), atualmente Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), incluindo a pesquisa no Programa de Desenvolvimento Científico e Tecnológico para o Nordeste (PDCT/NE), financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e pelo Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID). Em 1984 a Área de Engenharia de Recursos Hídricos da UFPB assumiu a condução da pesquisa com o intuito de evidenciar tendências no comportamento dos processos de escoamento superficial e erosão do solo, sendo mantida em funcionamento até o final da década de 90 do século XX (LOPES, 2003).

Em 1985 um convênio entre o Ministério de Educação e Cultura (MEC) e o Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Francês (IRD/OSTROM) permitiu a implantação de um projeto de hidrologia aplicada, no município de São João do Cariri, PB, com a instalação dos primeiros equipamentos em uma pequena bacia hidrográfica (13,6 km²) para a medição de

processos hidrometeorológicos. Em 1999, os trabalhos de sedimentometria conduzidos na bacia experimental e representativa de Sumé foram transferidos para a bacia experimental de São João do Cariri, PB, que é monitorada em regime permanente até o presente e foi de grande importância para a obtenção dos dados básicos para a realização da modelagem nesta pesquisa.

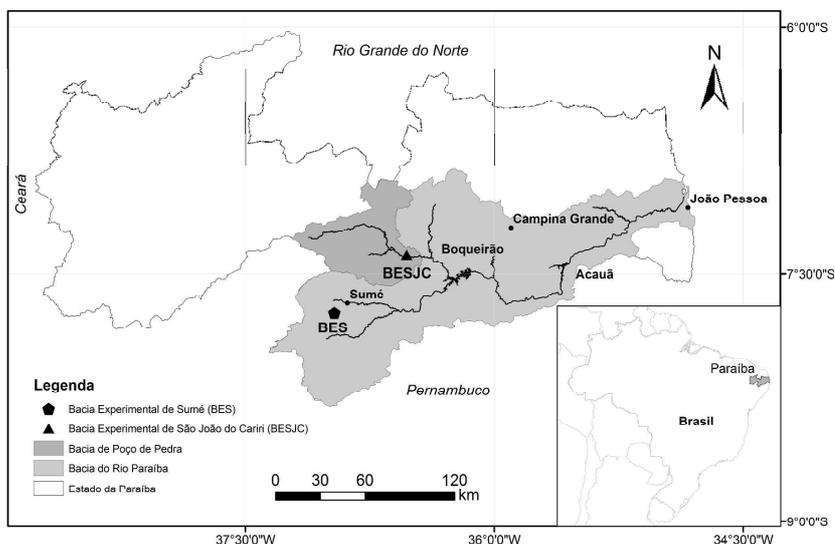
Neste período de aproximadamente 40 anos, os estudos hidrossedimentológicos realizados nas bacias experimentais e representativas de Sumé e de São João do Cariri, PB, com manipulações de uso e ocupação do solo em diversas escalas de campo, como em parcelas de erosão (100,0 m²) ou micro-bacias com ordem de grandeza de 1,0 ha, auxiliaram na parametrização de alguns modelos matemáticos de simulação ambiental, com a determinação de parâmetros que influenciam o escoamento e a produção de sedimentos. Nestas unidades experimentais as medições são realizadas rotineiramente e os processos são bem controlados, possibilitando assim, a formação de um extenso banco de dados.

Respeitando as características físico-climáticas semelhantes de zonas hidrológicas homogêneas estes dados obtidos em bacias experimentais e representativas podem ser utilizados para auxiliar a modelagem ambiental de bacias não instrumentadas. Sendo assim, o aporte de conhecimento gerado por meio dos trabalhos de pesquisa em bacias representativas e experimentais de uma região hidrológica homogênea deve ser aproveitado com auxílio da modelagem ambiental para a realização de um planejamento conservacionista de uso e ocupação do solo considerando as relações do homem com o meio ambiente.

Para a realização desta pesquisa, é importante estudar uma bacia rural, não instrumentada, impactada por meio da presença do homem e que também exista a disponibilidade de dados e estudos realizados em bacias representativas e experimentais de uma região hidrologicamente homogênea, viabilizando a utilização dos modelos ambientais. Na Paraíba, nas margens do rio Taperoá, no município de São João do Cariri, e em duas de suas sub-bacias localizadas nas proximidades do núcleo urbano desta cidade, denominadas de BESJC e de Poço de Pedras, existem comunidades rurais que se enquadram nesses requisitos. A bacia de Poço de Pedras possui diversas comunidades rurais e ribeirinhas que alteraram significativamente a paisagem por meio de ações antrópicas. Essas sub-bacias reúnem alguns dos elementos necessários para a aplicação da metodologia proposta.

A Figura 7 indica a localização das bacias experimentais de São João do Cariri, de Sumé, da bacia de Poço de Pedras e da bacia do rio Paraíba.

Figura 7 – Bacias experimentais de São João do Cariri (BESJC), de Sumé (BES), das bacias de Poço de Pedras e do rio Paraíba



Fonte: do próprio autor

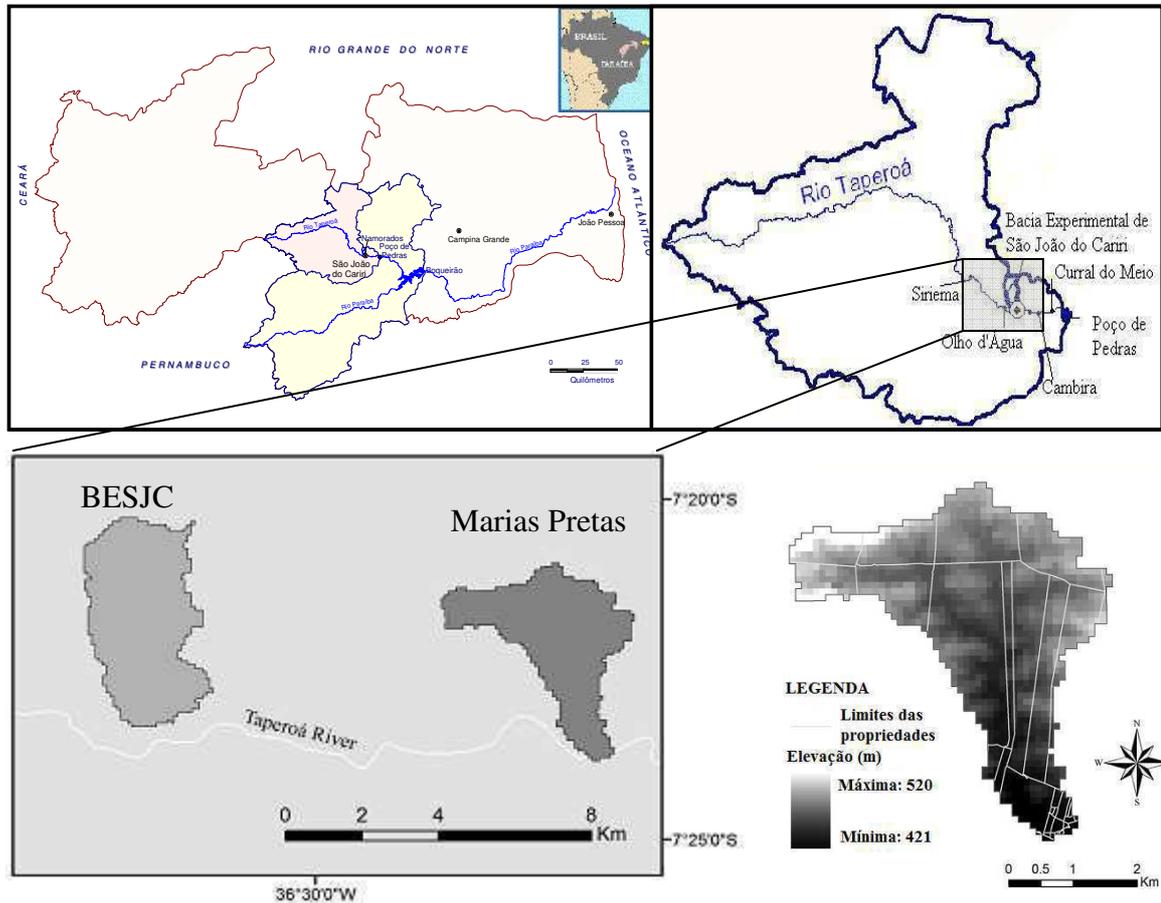
3.1.1 Seleção da área de estudo

Após as primeiras visitas de reconhecimento e contatos com os moradores das comunidades rurais de Curral do Meio e Poço de Pedras foi realizado um encontro com a participação de docentes e discentes da Universidade Federal de Campina Grande, moradores, produtores rurais e líderes comunitários locais onde foi apresentada a metodologia proposta. Neste momento, solicitamos aos atores sociais locais a indicação de algumas áreas que apresentassem as características necessárias para a realização dos trabalhos de campo. Três áreas que fazem parte destas comunidades rurais foram elencadas como possíveis para a aplicação da metodologia, as bacias de José Gonçalves, do riacho das Cabras e de Marias Pretas.

As características físicas e morfológicas das três bacias foram levantadas com auxílio de moradores locais, sendo a participação destes fundamental para a identificação dos limites das propriedades rurais. Entre as três bacias, a que apresenta maior semelhança em termos de área, cobertura vegetal, relevo, tipos de solos e clima com a BESJC, conforme indica Nuvelot (1974) para a identificação de zonas hidrologicamente homogêneas, além da presença de áreas degradadas destinadas ao cultivo agrícola e a pecuária em moldes tradicionais, é a bacia de Marias Pretas. Sendo assim, a bacia de Marias Pretas (11,2 km²), uma pequena bacia não instrumentada, foi escolhida para estimar a erosão e produção de sedimentos por meio do SWAT utilizando quatro cenários de uso e ocupação do solo, sendo um destes o cenário atual. A Figura 8 indica a localização da sub-bacia de Poço de Pedras com destaque de algumas

comunidades rurais, a localização da BESJC e da bacia Marias Pretas, o Modelo Digital de Elevação (MDE) e a delimitação das áreas das propriedades existentes na área de drenagem de Marias Pretas.

Figura 8 – Localização da área de estudo, MDE do terreno e limites das propriedades rurais

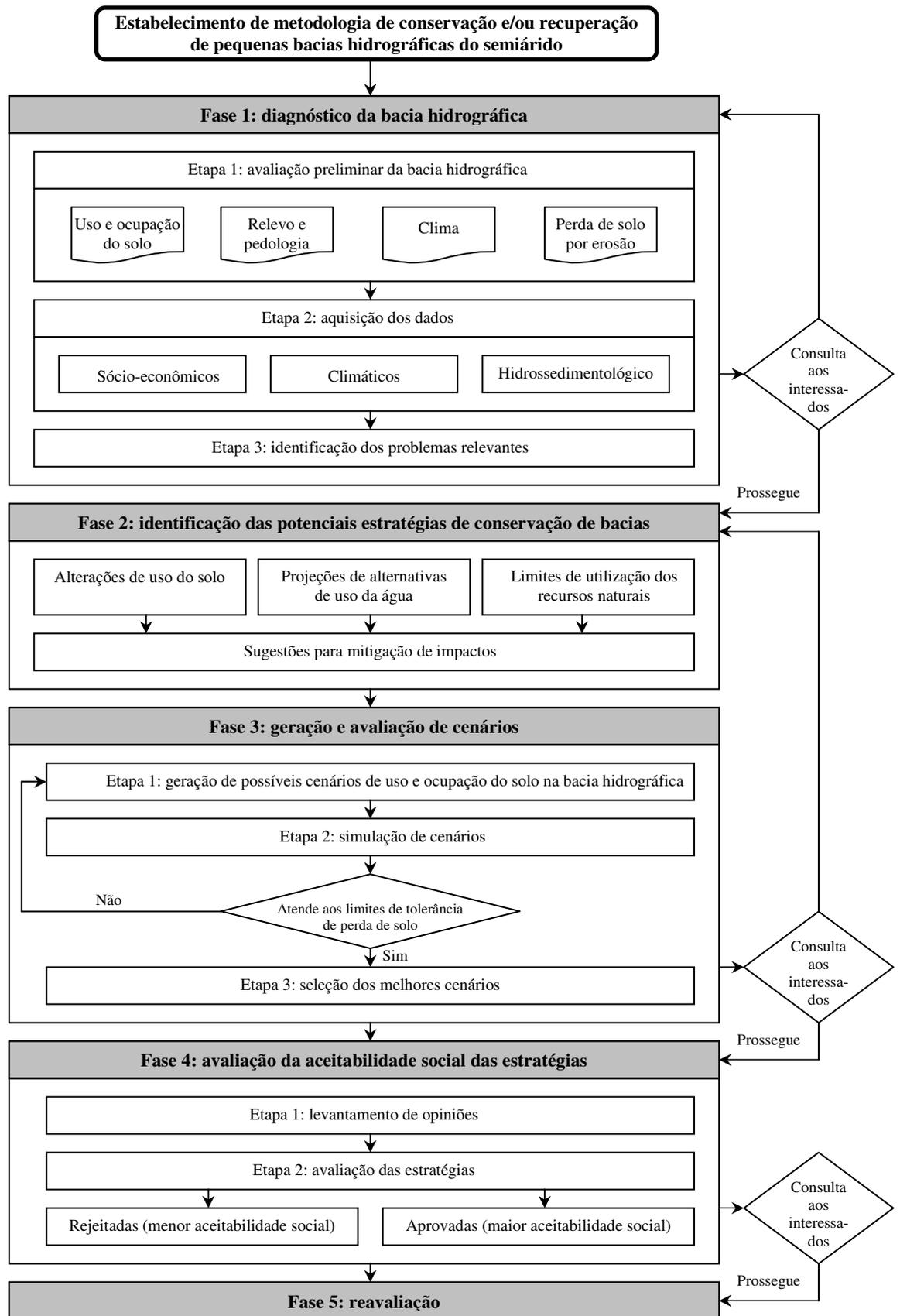


Fonte: do próprio autor

3.2 Metodologia

A metodologia proposta apresenta cinco fases e diversas etapas (Figura 9), que consistem em: (1) realização do diagnóstico da bacia hidrográfica em termos da degradação dos recursos hídricos; (2) identificação das potenciais estratégias de conservação e/ou recuperação de bacias hidrográficas; (3) geração e avaliação de cenários de uso e ocupação de solo na bacia hidrográfica; (4) avaliação da aceitabilidade social das estratégias de conservação e/ou recuperação de bacias hidrográficas; (5) reavaliação das estratégias selecionadas após consulta aos interessados. As etapas de desenvolvimento para estabelecimento das melhores estratégias de conservação e/ou recuperação de pequenas bacias hidrográficas serão descritas em detalhes a seguir.

Figura 9 – Modelo descritivo das fases e etapas de desenvolvimento da metodologia proposta



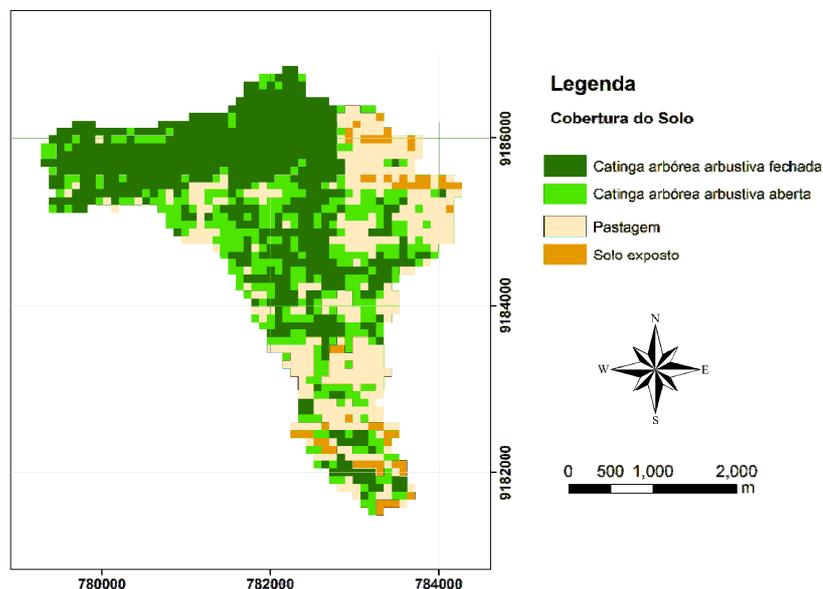
Fonte: do próprio autor

3.2.1 Diagnóstico da bacia hidrográfica

O diagnóstico da bacia hidrográfica foi realizado sob a perspectiva da degradação dos recursos hídricos, avaliando seus aspectos quantitativos, qualitativos e as interações do homem com o ambiente. A bacia hidrográfica foi considerada a unidade básica de avaliação do estudo, onde foram considerados seus aspectos físicos como área, perímetro, relevo, pedologia, cobertura vegetal, densidade de drenagem, morfologia fluvial e a presença ou não de reservatórios superficiais ou aluviões em sua rede de drenagem. As características climáticas, das perdas de solo através da erosão e produção de sedimentos foram avaliadas preliminarmente com dados obtidos na Bacia Experimental de São João do Cariri, uma sub-bacia hidrográfica da bacia do rio Taperoá, que opera em regime permanente desde a década de 80 do século XX.

As características de uso e ocupação do solo foram obtidas a partir da classificação supervisionada de imagens do satélite LANDSAT 5. A imagem utilizada é referente à passagem do satélite no dia 29 de julho de 2005 e foi adquirida junto a Divisão de Geração de Imagens (DGI) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Para este estudo foram utilizadas cinco classes de tipo de cobertura do solo, selecionadas de acordo com a resposta espectral de cada alvo, sendo uma destas classes a água, que não está presente na área da bacia. A Figura 10 indica o mapa de cobertura do solo resultante do processo de classificação que também é utilizado como dado de entrada no modelo SWAT para a estimativa da erosão e produção de sedimentos.

Figura 10 – Mapa de cobertura do solo para a bacia hidrográfica Marias Pretas



Fonte: do próprio autor

As características físicas e morfológicas da bacia hidrográfica em estudo foram obtidas do Modelo Digital de Elevação gerado pelo projeto TOPODATA (VALERIANO, 2004), que oferece dados topográficos e suas derivações básicas em cobertura nacional, ora elaborados a partir dos dados SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) além de mapas topográficos produzidos em levantamentos de campo na Bacia Representativa do Rio Taperoá (BRRT). A Tabela 1 apresenta algumas características da bacia Marias Pretas.

Tabela 1 – Características físicas e morfológicas da bacia Marias Pretas

Características	Valor
Área (km ²)	11,17
Perímetro (km)	23,34
Comprimento axial (km)	5,49
Índice de compactidade	1,96
Índice de forma	0,35
Declividade média da bacia (%)	4,4
Densidade de drenagem (km.km ⁻¹)	1,78
Altitude máxima (m)	520,0
Altitude média (m)	461,4
Altitude mínima (m)	421,0

Fonte: do próprio autor

Cadier e Freitas (1982) descreveram a pedologia da BES com solos predominantes classificados como Luvissole Hipocrômico Órtico típico, anteriormente classificado como bruno não-cálcico litólico, como pouco espessos, pedregosos, com permeabilidade moderada e o Luvissole Crômico Órtico típico, anteriormente classificado como Bruno não-cálcico vértico, como sendo um pouco mais profundo que o primeiro. Estes tipos de solo são observados na bacia de Marias Pretas, mas no levantamento exploratório da EMBRAPA (1999) e disponibilizado por meio da AESA (PARAÍBA, 2004), apenas o Luvissole Crômico Órtico típico está presente na área da bacia. As classes de solos encontradas no Estado da Paraíba foram disponibilizadas por meio da AESA (PARAÍBA, 2004), foram geradas a partir do uso de imagens LANDSAT (escala 1:100.000) com apoio de fotografias aéreas (1:70.000) e trabalho de campo.

Lopes (2003) determinou a condutividade hidráulica saturada para as manchas de solos da BRS encontrando o valor de 3,5 mm/h para o solo Luvissole Crômico Órtico típico.

De acordo com U. S. Natural Resource Conservation Service (NRCS Soil Survey Staff, 1986), os solos são classificados em quatro grupos hidrológicos (A, B, C e D) em função dos valores de condutividade hidráulica (mm/h) de cada classe de solo nos seus distintos horizontes, onde:

- Grupo hidrológico A – solos com alta taxa de infiltração, condutividade hidráulica saturada > 150 mm/h, solos constituídos de areias grossas e excessivamente drenados, estes solos têm alta taxa de transmissão de água;
- Grupo hidrológico B – solos com moderada taxa de infiltração, condutividade hidráulica saturada entre 5 e 150 mm/h, solos constituídos de sedimentos moderadamente grossos a moderadamente finos, estes solos têm moderada taxa de transmissão de água;
- Grupo hidrológico C – solos com baixa taxa de infiltração, condutividade hidráulica saturada entre 1 e 5 mm/h, com textura moderadamente fina a fina, que impedem o movimento de água nos horizontes, estes solos têm baixa transmissão de água;
- Grupo hidrológico D – solos com baixíssima taxa de infiltração, condutividade hidráulica satura menor que 1 mm/h, são solos potencialmente argilosos com altíssimo escoamento potencial, estes solos têm baixíssima taxa de transmissão de água.

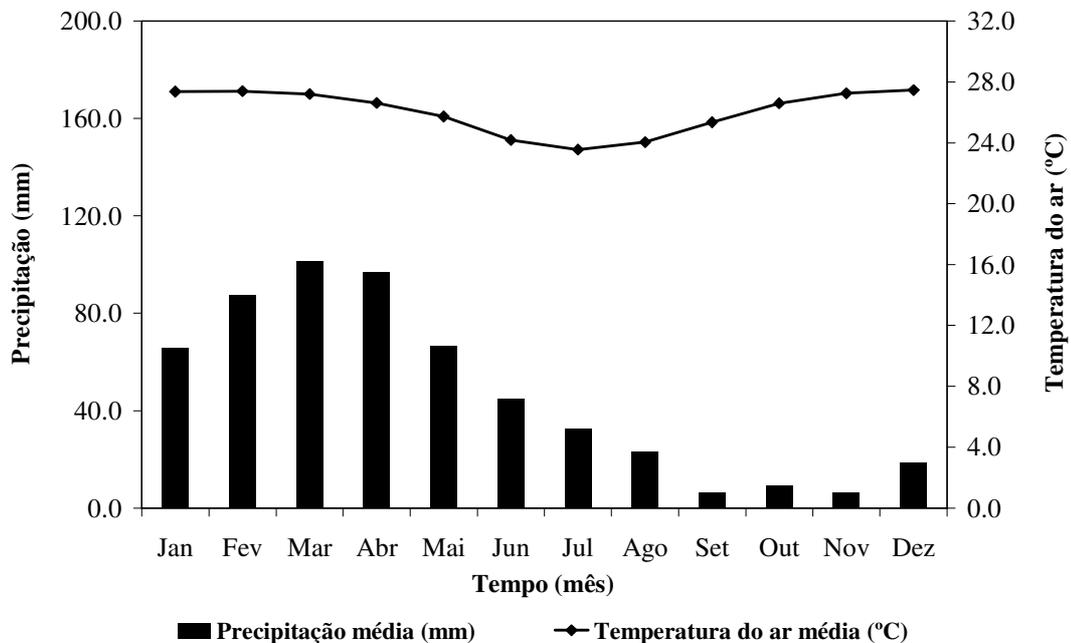
A definição do grupo hidrológico associado à pedologia da bacia foi estabelecida de acordo com os valores de condutividade hidráulica saturada estabelecida por Lopes (2003) para a BES. Desta forma, o solo do tipo Luvissole Crômico Órtico típico foi inserido no grupo hidrológico C.

A porosidade foi determinada por Rawls *et al.* (1982) com valor de 0,398. De acordo com Carvalho Neto (2011) a densidade aparente e o albedo foram estabelecidos como sendo $1,65 \text{ g/cm}^3$ e 0,17 respectivamente.

Os dados climáticos obtidos por meio de estações climatológicas de superfície convencional e automática em funcionamento na Bacia Experimental de São João do Cariri (BESJC), no período de 1985 a 2012, permitiram a identificação do subtipo climático, o clima seco semiárido, apresentando paisagens bastante secas e quentes, com pluviosidade

concentrada em um período do ano que pode variar de dois a quatro meses, com totais precipitados anuais variando de 82,3 mm a 1301,6 mm, marcada por irregularidades espaciais e temporais. As temperaturas são elevadas, das quais o climatograma evidencia pequena variação térmica anual, caracterizando um período mais quente, que coincide com a primavera e o verão, com médias acima de 26,0 °C, e um menos quente, o mês de julho, com média de 23,5 °C (Figura 11). As chuvas marcam dois períodos distintos: final do inverno e primavera relativamente secos, entre agosto e novembro, com precipitação média mínima igual a 6,3 mm, além do verão, outono e início de inverno relativamente úmidos, destacando-se os meses de março e abril, com precipitação média mensal de aproximadamente 99,1 mm.

Figura 11 – Climatograma para o município de São João do Cariri, PB, período de 1985 à 2012



Fonte: do próprio autor

O monitoramento hidrossedimentológico na Bacia Experimental de São João do Cariri vem sendo realizado no âmbito do projeto Bacias Experimentais e Representativas do Semiárido, vinculada a Rede de Hidrologia do Semiárido, em parcelas de erosão tipo Wischmeier de 100,0 m², micro-bacias com ordem de grandeza de até 1,0 ha e bacias de até 14,0 km². O escoamento superficial e a produção de sedimentos são quantificados após cada cheia e foram utilizados para avaliar a ordem de grandeza da produção de sedimentos em escala de parcela, micro-bacias e sub-bacias.

Para entender as interações do homem com o meio na área da bacia foram levantados os aspectos sócio-econômicos dos produtores rurais e seus modos produtivos com auxílio de um diagnóstico rápido e participativo conforme recomendado por Jardim e Pereira (2009). Foram realizadas visitas de reconhecimento, entrevistas semi-estruturadas e debates com grupos focais envolvendo proprietários, produtores rurais e moradores das comunidades que utilizam de alguma forma os recursos naturais presentes na bacia Marias Pretas, no período de julho de 2011 a dezembro de 2012. Quarenta e quatro famílias foram entrevistadas, sendo 27 famílias da comunidade rural de Poço de Pedras e 17 famílias da comunidade rural de Curral do Meio. Das 44 famílias entrevistadas, 27 utilizam direta ou indiretamente os recursos naturais existentes na área de drenagem da bacia. Desses 27 produtores rurais, 15 possuem propriedade rural inserida total ou parcialmente na área de drenagem de Marias Pretas. Três proprietários rurais não autorizaram a realização do trabalho em suas propriedades.

Técnicas individuais e coletivas foram utilizadas para a realização da coleta de dados e informações. Entre as técnicas individuais a caminhada transversal e as entrevistas semi-estruturadas foram selecionadas para facilitar o diagnóstico sócio e econômico dos produtores rurais além de auxiliar o diagnóstico ambiental das áreas em nível de propriedade rural. Entre as coletivas a eleição de prioridades e realidade/desejo foram preferidas. Um interlocutor local que tem liderança nas comunidades rurais visitadas auxiliou nos primeiros contatos com os produtores rurais e posteriormente na caminhada transversal.

A caminhada transversal consistiu em percorrer as propriedades e comunidades rurais, acompanhado de um informante que conhece bem o local e a região, observando todo o agroecossistema (JARDIM e PEREIRA, 2009). Todo o percurso foi representado através de esquemas pelo “anotador” que, além de estar atento à “paisagem”, deve estar indagando ao informante sobre questões pertinentes àquele local, como, por exemplo, forma de ocupação, posse da terra, problemas ambientais, situação do passado, realidade presente e perspectivas futuras. O mapeamento e a localização das propriedades foram realizados com auxílio de um GPS (Garmin 76CS). Estas informações ajudaram a compor os esquemas, facilitando o entendimento do uso e ocupação do solo em nível de propriedade rural na área de drenagem da bacia. De preferência as anotações, esquemas que representam as propriedades, a identificação dos pontos salvos por meio do GPS devem ser realizadas pelo pesquisador que conduz os trabalhos de campo para evitar dúvidas e repetições dos levantamentos de campo.

Após as primeiras visitas de reconhecimento foram realizados dois debates com grupos focais, nos dias 22 de janeiro de 2012 e 04 de maio de 2012, onde se procurou ouvir mais do que falar e os problemas relevantes das comunidades rurais foram expostos por meio dos

produtores e moradores das comunidades de Curral do Meio e Poço de Pedras. Os diálogos foram gravados com autorização dos participantes. Durante as reuniões foi possível apresentar a metodologia de conservação e/ou recuperação de pequenas bacias hidrográficas no semiárido onde houve o comprometimento por parte dos produtores rurais na participação do trabalho com o preenchimento do termo de consentimento livre e esclarecido (Apêndice A) conforme recomenda a resolução nº 196/96 do Conselho Nacional de Saúde do Ministério da Saúde, elaborados de acordo com os propósitos deste trabalho.

Aspectos relacionados à caracterização do chefe da família e moradores, descrição geral da residência, abastecimento de água, esgotamento sanitário, resíduos, uso e ocupação do solo foram abordados por meio de pesquisa de *survey* que utilizou um questionário semi-estruturado (BABBIE, 2005). Para a seleção das propriedades rurais observou-se apenas se a área da propriedade rural estava parcial ou totalmente inserida na área de drenagem da bacia hidrográfica analisada e o consentimento do proprietário para a realização da entrevista e dos levantamentos de campo. Todos os proprietários que consentiram a realização do trabalho e que utilizam direta ou indiretamente os recursos naturais da bacia hidrográfica que compõe a área de estudo foram incluídos na avaliação. O questionário proposto neste trabalho foi adaptado de um questionário utilizado anteriormente por meio do projeto Cisternas conduzido em parceria da UFCG com a UEPB que incluiu as comunidades rurais de Curral do Meio e Poço de Pedras, além de outras comunidades rurais do município de São João do Cariri, PB. O modelo do questionário utilizado nesse trabalho encontra-se no Apêndice B.

O pacote estatístico SPSS 12.0 (Statistical Package for Social Sciences) foi usado para a realização da análise dos dados utilizando técnicas descritivas básicas associadas à frequência do padrão de resposta dos produtores rurais.

A aquisição destes dados permitiu a identificação dos problemas relevantes associados às práticas de uso e ocupação do solo. Além disso, a apresentação dos problemas relevantes identificados por meio do diagnóstico preliminar da bacia hidrográfica, aos interessados, como os integrantes das comunidades rurais e ribeirinhas envolvidas, os pequenos produtores rurais e líderes das comunidades, possibilitou a realização de reavaliação do diagnóstico e a indicação das potenciais estratégias de conservação e/ou recuperação de bacias hidrográficas.

3.2.2 Identificação de estratégias de conservação e recuperação

As estratégias de conservação ambiental foram escolhidas com base nas características das propriedades rurais existentes na área da bacia hidrográfica em estudo, tais como inclinação, altitude, tipo de solo, uso e ocupação do solo, atividades econômicas e

participação dos produtores rurais e atores sociais locais com o levantamento de opiniões, considerando a legislação ambiental brasileira em vigor. Parte das informações foram obtidas por meio do processamento e classificação supervisionada de imagens do satélite LANDSAT 5 que foi validada durante as visitas de reconhecimento da área de estudo.

Após a realização do diagnóstico preliminar da bacia foram identificadas as potenciais estratégias necessárias para a implantação de um programa de monitoramento, conservação e/ou recuperação ambiental. Aos atores sociais que participaram das reuniões em grupos focais foram sugeridas a utilização de estratégias para a conservação e/ou recomposição dos recursos naturais, como:

- Educação ambiental;
- Proteção dos ecossistemas e a conservação da diversidade ecológica;
- Manejo adequado do solo, de forma a minimizar a erosão e seus impactos sobre os recursos hídricos;
- Recuperação de áreas degradadas e combate do processo de desertificação;
- Disciplinamento do uso e ocupação do solo;
- Estabelecimento de limites de uso dos recursos naturais;
- Controle da salinização dos mananciais;
- Proteção das nascentes e dos aquíferos;
- Controle de perdas e desperdícios e
- Atendimento a legislação ambiental brasileira.

Após a realização da exposição das estratégias nos encontros com os grupos focais houve um posicionamento prévio dos produtores em relação à possibilidade de utilização de alguma estratégia elencada como forma de avaliação dos impactos ambientais gerados e como poderia haver uma melhora do estado de conservação do meio que utilizam para obtenção de renda e convivência com os recursos naturais. A inserção da educação ambiental foi sugerida para ocorrer de forma contínua nas escolas que funcionam nas comunidades rurais de Curral do Meio e Poço de Pedras.

Entrevistas individualizadas foram realizadas para tentar identificar as estratégias com maior aceitabilidade social por parte da população que compõe a amostra analisada, além de possibilitar a avaliação das propostas escolhidas anteriormente pelos produtores rurais durante os encontros com os grupos focais. Pode haver um padrão de repetição das respostas quando os produtores estão reunidos em grupos, mas individualmente há maior liberdade para realização da escolha mais condizente com os seus interesses.

As estratégias de atuação poderão ser redefinidas, sempre na perspectiva de aproveitamento do conhecimento do homem do campo adquirido ao longo do tempo, passado de geração para geração, através de seus antepassados, propondo melhorias nas técnicas de utilização dos recursos naturais presentes na bacia e de possível conservação e/ou recuperação de áreas já utilizadas de forma irracional e com esgotamento parcial ou total dos recursos naturais em nível de propriedade rural.

3.2.3 Geração, simulação e avaliação de cenários

Após a seleção do modelo de simulação de processos, foram montados e simulados quatro cenários de uso e ocupação do solo em função da maior aceitabilidade social em relação às potenciais estratégias de conservação e/ou recuperação ambiental. Para realização destas alterações, deve-se definir no modelo uma rotina de atualização de uso e ocupação do solo, entre as classes de cobertura vegetal existentes, no caso de bacias rurais, bastando definir o período das rotinas de atualização.

Inicialmente foram simuladas as situações encontradas na época da realização dos trabalhos de campo em cada propriedade rural, denominado de Cenário 1, e os resultados foram comparados aos limites de tolerância de perda de solo estabelecidos em nível mundial. Estes limites foram utilizados para auxiliar a conscientização dos proprietários sobre a necessidade do estabelecimento de limites populacionais dos rebanhos de bovinos, caprinos e ovinos em cada propriedade rural levando em conta a área e os recursos naturais disponíveis, o tipo de manejo utilizado, se existir, a utilização de culturas agrícolas associadas à atividade pastoril e a perspectiva de mudança de atitude de cada produtor rural.

O Cenário 2 incluiu alterações de uso e ocupação do solo em quatro propriedades rurais em que os produtores aceitam utilização de práticas conservacionistas em nível de propriedade. Coincidentemente são as áreas das propriedades localizadas na parte leste da bacia que possuem maior degradação ambiental. O Cenário 3 incluiu além das quatro propriedades citadas anteriormente, oito propriedades em que os produtores permanecem indecisos quanto a utilização de novas alternativas de uso e ocupação do solo. Foram considerados indecisos os proprietários rurais que não tem a intenção de utilizar alternativas produtivas conservacionistas atualmente, mas informaram que se seus filhos desejarem no futuro podem promover as devidas alterações. Estes produtores possuem mais de 70 anos de idade e afirmaram que enquanto estiverem vivos não pretendem mudar o seu modo produtivo.

O Cenário 4 considerou o reflorestamento das áreas cobertas por solo exposto, pastagem e caatinga arbórea arbustiva aberta com a vegetação do tipo caatinga arbórea

arbustiva fechada em toda a área da bacia, o ideal se todos os proprietários concordassem realizar estas alterações de uso e ocupação.

Se os resultados da simulação dos cenários atendem aos limites de tolerância de perda de solo estes são indicados como um dos preferenciais para a tomada de decisão posterior. Caso contrário, há uma revisão da primeira etapa da terceira fase que contempla a geração dos possíveis cenários de uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica (Figura 9). Os resultados são novamente informados aos interessados para relacioná-los com as práticas utilizadas anteriormente em suas propriedades e como os mesmos poderiam ao longo do tempo gerar situações de equilíbrio entre a utilização racional dos recursos naturais, a geração de renda baseada na agricultura familiar e na pecuária, além da redução dos impactos ambientais gerados por meio de uma nova forma de uso e ocupação do solo.

3.2.3.1 O modelo de simulação de processos ambientais (SWAT)

O SWAT (*Soil and Water Assessment Tool*) é um modelo matemático conceitual, distribuído, contínuo e de base física que foi desenvolvido por meio do Serviço de Pesquisas Agronômicas do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA-ARS) para prever o efeito das alterações de uso e ocupação do solo em bacias hidrográficas agrícolas, mesmo não sendo instrumentadas (SRINIVASAN e ARNOLD, 1994). O modelo incorpora fundamentos de vários modelos específicos como o SWRRB (*Simulator for Water Resources in Rural Basins*) que havia sido desenvolvido a partir da intergração dos modelos GLEAMS (*Groundwater Loading Effects on Agricultural Management Systems*), CREAMS (*Chemicals, Runoff, and Erosion from Agricultural Management Systems*) e EPIC (*Erosion-Productivity Impact Calculator*).

As características básicas do modelo SWAT apresentadas por Arnold *et al.* (1998), são:

- o modelo requer informações específicas sobre o clima, propriedades do solo, topografia, vegetação e práticas de manejo do solo que ocorrem na bacia hidrográfica. Os processos físicos associados ao movimento da água, movimento dos sedimentos, crescimento das culturas, ciclagem de nutrientes, entre outros, são diretamente modelados utilizando esses dados de entrada;
- é computacionalmente eficiente, podendo simular extensas bacias hidrográficas sem gastos excessivos de tempo;

- é um modelo contínuo, capaz de simular os efeitos das mudanças no uso e manejo do solo em longos períodos de tempo. Em alguns processos, os resultados são obtidos apenas após a simulação de várias décadas. O modelo não foi desenvolvido para simular eventos isolados de precipitação;
- o modelo não requer calibração, caso não existam informações disponíveis e de qualidade (a calibração não é possível em bacias hidrográficas não instrumentadas);
- amplamente aceito e utilizado com sucesso na simulação do escoamento, da produção de sedimentos e da qualidade da água em bacias hidrográficas.

Segundo Baldissera (2005), o modelo foi desenvolvido para operar em intervalo diário e é capaz de simular longos períodos, para gerar os efeitos das variações de manejo no uso e ocupação do solo. A bacia é discretizada, com base no relevo, em sub-bacias, estas por sua vez, são parametrizadas através das Unidades de Resposta Hidrológica (Hydrologic Response Units – HRU's), correspondendo a uma única combinação de uso e ocupação do solo, tipo do solo e a declividade da superfície.

De acordo com Arnold *et al.* (1998), o escoamento é calculado para cada HRU e propagado para obter o escoamento total para a sub-bacia, o que aumenta a precisão das predições e fornece uma melhor descrição física do balanço hídrico na bacia. A estrutura do modelo é baseada em comandos para propagar o escoamento, os sedimentos e os produtos agroquímicos pela bacia, sendo estes comandos organizados em oito componentes principais, que são hidrologia, clima, sedimentos, temperatura do solo, crescimento vegetal, nutrientes, pesticidas e manejo agrícola (LOPES, 2008). As equações utilizadas nas diversas etapas de simulação do modelo SWAT estão descritas em Taveira (2012) e em sua documentação (SRINIVASAN e ARNOLD, 1994).

Segundo a classificação de Melo (2010) quanto ao relacionamento entre os dados a integração entre o SWAT e o SIG é feita com compartilhamento de dados. Já com relação ao grau de complexidade, há uma integração avançada caracterizada pela incorporação de processos mais complexos de simulação e análise do fenômeno em estudo. Ainda segundo a classificação proposta por Melo (2010), há integração interna entre estas ferramentas, estando o modelo conectado no SIG.

O processo de modelagem com o SWAT se dá inicialmente através da inserção de inúmeros dados relacionados às características físico-climática da bacia. Os dados de entrada

no modelo SWAT correspondem aos planos de informação cartográficos (PIs) e os dados alfanuméricos. Sendo o SWAT um modelo distribuído de base física, há a possibilidade de obter resultados espaciais dos processos de escoamento e produção de sedimentos, permitindo a identificação de áreas críticas por sub-bacia podendo auxiliar no processo de tomada de decisão por parte dos diversos atores que integram a bacia hidrográfica para subsidiar o planejamento ambiental, particularmente para conservação do solo e da água.

3.2.3.2 Dados de entrada do SWAT

Os dados de entrada do modelo SWAT se referem às informações de uso e ocupação do solo, tipo de solo, pedologia e a dados climatológicos. As características de uso e ocupação do solo foram obtidas a partir da classificação supervisionada de imagens do satélite LANDSAT 5, e as características físicas e morfológicas, conforme descrito na seção 3.2.2 que trata da descrição geral bacia.

Os dados climáticos obtidos através de monitoramento nas estações climatológicas de superfície convencional e automática da Bacia Experimental de São João do Cariri, PB, foram utilizados no intuito de realizar as análises climáticas locais e serviram de dados básicos para a realização do balanço hídrico em cada unidade de resposta hidrológica gerada por meio do SWAT.

Uma única série pluviométrica de dezoito anos de dados diários, compreendendo o período de 1995 a 2012, foi utilizada para a simulação da lâmina escoada e produção de sedimentos por meio do SWAT. O SWAT utiliza um período de inicialização ou aquecimento que segundo Cibin *et al.* (2010) tem a finalidade de estabilizar o modelo durante seus processos interativos iniciais minimizando as incertezas para a obtenção dos resultados. Neste trabalho os três primeiros anos foram utilizados como período de aquecimento e sendo assim, a série de resultados de lâmina escoada e produção de sedimentos estabelecida foi de quinze anos compreendendo o período de 1998 a 2012.

A parametrização do modelo para a bacia foi realizada com base no seu banco de dados de parâmetros e de calibração do mesmo modelo para a Bacia Representativa de Sumé, sub-bacia de Umburana, da mesma região hidrológica (TAVEIRA, 2012).

Entre os vários parâmetros relacionados com a cobertura da superfície do solo, disponíveis no banco de dados do SWAT e representados para cada tipo de cobertura vegetal identificado nos trabalhos de campo e no processamento das imagens de satélite utilizadas nesta pesquisa, foram modificados: (a) BLAI ($m^2.m^{-2}$) que é o índice de área foliar máximo, (b) FRGRW1 (fraction) e (c) FRGRW2 (fraction) que são frações para o primeiro e segundo

pontos ideais de desenvolvimento da planta em relação ao índice da área foliar, (d) LAIMX1 (fraction) e LAIMX2 (fraction) que são frações do índice de área foliar máximo para o primeiro e segundo períodos de desenvolvimento da planta, (e) CHTMX (m) que é a altura máxima da copa das árvores e (f) RDMX (m) que é a profundidade máxima das raízes. Para obtenção do BLAI a cada oito dias foi processada uma imagem de satélite (LANDSAT 5) no período de 2000 a 2007. A Tabela 2 mostra os valores dos parâmetros alterados para cada tipo de cobertura vegetal utilizada nas simulações.

Tabela 2 – Parâmetros alterados de cobertura vegetal em relação ao banco de dados do SWAT

Cobertura vegetal	Parâmetro						
	BLAI (m ² .m ⁻²)	FRGRW1 (fraction)	FRGRW2 (fraction)	LAIMX1 (fraction)	LAIMX2 (fraction)	CHTMX (m)	RDMX (m)
Caatinga arbórea arbustiva fechada	5,00	0,15	0,25	0,15	0,85	8,0	3,5
Caatinga arbórea arbustiva aberta	1,25	0,05	0,40	0,05	0,95	6,0	3,0
Pastagem	1,00	0,05	0,40	0,10	0,90	3,0	1,0
Solo exposto	0,50	0,05	0,25	0,05	0,70	0,2	0,3

Fonte: do próprio autor

Os parâmetros pedológicos modificados para o Luvissole Crômico Órtico Típico foram: (a) NLAYERS que representa o número de camadas, sendo utilizado o valor 3, (b) SOL_ZMX (mm) que representa a profundidade máxima do solo, foi adotado o valor 500 mm ou 0,5 m, (c) SOL_Z (mm) a profundidade de cada camada do solo, tendo sido adotado os valores 40 mm, 140 mm e 320 mm, para as três camadas de solo respectivamente, (d) CLAY (%wt.), (e) SILT (%wt.), (f) SAND (%wt.), que são as porcentagens de argila, silte e areia para cada camada do solo, onde foram usados os valores 14,0%, 33,0% e 53,0% para a primeira camada, 21,0%, 26,0% e 53,0% para a segunda camada, e 40,0%, 23,0% e 37,0% para a terceira camada.

A caracterização pedológica realizada para as BES e BESJC indica que não há escoamento de base e desta forma os parâmetros que definem a quantidade de água que recarrega os aquíferos foram minimizados, pois como destaca Carvalho Neto (2011), a ascensão pela franja capilar de toda a água que adentra a zona vadosa, antes que seja possível a recarga subterrânea, pode ser consumida pelos vegetais e/ou estar disponível para evaporação do solo através do processo REVAP.

Os parâmetros relacionados a este processo, que foram modificados, são: (a) ALPHA_BF que é o fator do fluxo de base que determina o número de dias para que o fluxo subterrâneo atinja o canal, foi adotado para este parâmetro o valor 0 anulando assim a recarga de base; (b) GW_REVAP que trata-se do coeficiente de “REVAP”, foi adotado o seu valor

máximo de 0,2 promovendo desta forma, uma ascensão de água conforme a evapotranspiração potencial; (c) REVAPMN, este parâmetro trabalha com o valor limite a ser superado pela lâmina que percola para favorecer o processo de “REVAP”, adotou-se portanto o valor 0 indicando que toda a água que percola está passível do processo “REVAP”; e (d) RCHRG_DP que é a fração do que percola e abastecerá o aquífero subterrâneo profundo, para este parâmetro foi adotado o valor 0. Os valores dos parâmetros alterados em relação ao banco de dados do SWAT estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Parâmetros calibrados para a Bacia Representativa de Sumé, PB

Parâmetro	Definição	Valor adotado
ESCO	Coefficiente de compensação da evaporação do solo	0,1
SOL_AWC	Água disponível no solo	0,4 mm/mm
CN2	Valor de curva número da umidade na condição II	73
SURLAG	Coefficiente de retardo do escoamento	8 dias
SOL_AWC	Condutividade hidráulica saturada	4 mm/h

Fonte: Taveira (2012)

Os parâmetros que governam o escoamento superficial foram calibrados para a Bacia Representativa de Sumé e utilizados na sub-bacia de Umburana para verificação de consistência (TAVEIRA, 2012).

A partir do Modelo de Elevação Digital foi possível a obtenção da rede de drenagem, a delimitação e a discretização em sub-bacias. A sobreposição dos mapas de uso e ocupação do solo, mapa pedológico e classes de declividades definem a composição das Unidades de Resposta Hidrológica (HRUs), estas por sua vez, possuem uma única combinação de mapas e classes supracitados. Segundo Arnold *et al.* (1998), o escoamento é calculado para cada HRU e propagado para obter o escoamento total para a sub-bacia, o que aumenta a precisão das predições e fornece uma melhor descrição física do balanço hídrico na bacia.

3.2.4 Verificação da aceitabilidade social das estratégias

Após a realização dos encontros com os grupos focais nas comunidades rurais de Curral do Meio e Poço de Pedras foram coletadas informações sobre a avaliação realizada pela comunidade para tentar identificar o entendimento ou a percepção da realidade ambiental vivenciada pelos produtores e a seleção das estratégias com maior aceitabilidade social. Os dados coletados por meio dos encontros com os grupos focais e das informações levantadas com a aplicação do questionário semi-estruturado nas comunidades foram avaliados e

confrontados com os possíveis critérios de seleção das estratégias de conservação e/ou recuperação ambiental escolhidos por cada produtor e comunidade rural. Os critérios de seleção das estratégias foram avaliados em função da repetição do padrão de respostas dos produtores rurais e confrontadas com as respostas coletadas nas reuniões em grupos, para identificação do real entendimento das propostas de alterações de uso e ocupação do solo por parte da população analisada.

As estratégias selecionadas com maior indicação por meio dos diversos atores sociais envolvidos em cada comunidade foram consideradas com sendo as de maior aceitabilidade social, tendo sido elencadas a inserção da educação ambiental, destinação de áreas de pousio na propriedade para fins de recomposição natural da vegetação, reflorestamento nas áreas em estado avançado de degradação e utilização das áreas mais conservadas nas propriedades para o suporte à pecuária em moldes tradicionais. As propostas com menor indicação foram consideradas como as de menor aceitabilidade social e, conseqüentemente, rejeitadas.

3.2.5 Reavaliação

Identificadas as propostas de maior aceitabilidade social uma reavaliação final foi realizada para identificação de possíveis falhas de entendimento por parte dos interessados, podendo haver uma redefinição das possíveis estratégias de conservação e/ou recuperação de bacias hidrográficas (Figura 9). Um encontro com os grupos focais foi realizado com objetivo de apresentar os resultados obtidos nas simulações, bem como tentar sensibilizar os produtores rurais sobre a utilização atual dos recursos naturais ainda existentes e debater com as comunidades rurais sobre as vantagens da utilização de novas técnicas produtivas, da racionalização do uso dos recursos hídricos, do aproveitamento racional dos recursos naturais disponíveis, além de enfatizar a importância da conservação dos recursos naturais existentes para o aproveitamento futuro.

Com a identificação dos melhores cenários ambientais e de maior aceitabilidade social foram elencadas as práticas conservacionistas de maior relevância para cada comunidade avaliada.

A grande vantagem da metodologia proposta é que, através de uma lista de parâmetros pré-estabelecidos de indicadores socioeconômicos e ambientais, a comunidade pode participar ativamente da pesquisa de campo, tornando-se parte integrante do gerenciamento dos recursos naturais.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Aspectos sociais, econômicos e produtivos

Os produtores rurais do cariri paraibano têm seu modo produtivo herdado de familiares como pais, avós e bisavós, uma herança oriunda de sua ocupação no século XVI, ainda em sua maioria, dependentes da ocorrência de chuvas regulares, o que raramente ocorre na região. No período de 2000 a 2011, dados obtidos na BESJC indicam que em São João do Cariri, PB, houve um aumento de 53,4% do total precipitado anual médio em relação à média histórica da região, de aproximadamente 400,0 mm, o que, associado às políticas públicas praticadas, fortaleceu o aumento da pecuária extensiva, a comercialização de madeira para a indústria cerâmica e de panificação de centros urbanos adjacentes, além de induzir o pequeno produtor a não utilizar técnicas adequadas de convivência com períodos de estiagem prolongados, como por exemplo, o armazenamento de parte de sua produção de grãos e de ração animal. A maioria destes produtores não utiliza práticas conservacionistas do solo nem possuem assistência técnica e, em consequência, observam rapidamente a queda de produtividade e a degradação ambiental na área fértil de sua propriedade.

Nas propriedades rurais visitadas as principais atividades produtivas são a agricultura e a pecuária, o que corresponde a 66,7% do uso e ocupação do solo da área de estudo. Cerca de 71,0% dos produtores possuem renda de até um salário mínimo proveniente de aposentadoria ou de trabalhos relacionados com a agricultura e pecuária, complementando sua renda com a comercialização de madeira e de animais destinados ao descarte. O nível de escolaridade é baixo onde 83,3% dos moradores do local possuem até o ensino fundamental completo. A idade dos chefes de família que tem propriedade rural inserida parcial ou totalmente na área de estudo varia de 36 a 86 anos. A faixa etária predominante varia de 51 a 70 anos, correspondendo a 62,5% da amostra.

Dos proprietários rurais que utilizam fogão a lenha para cozimento de alimentos cerca de 75,0% remove esta matriz energética da sua propriedade rural com preferência da periodicidade mensal para a retirada de madeira, sendo preferencialmente obtida de espécies nativas da caatinga, pois, segundo os proprietários rurais, produzem uma quantidade muito menor de fumaça do que as espécies exóticas, como por exemplo, a algaroba (*Prosopis juliflora*). A prática de broca e queimada para realização de limpeza de terrenos e preparo para

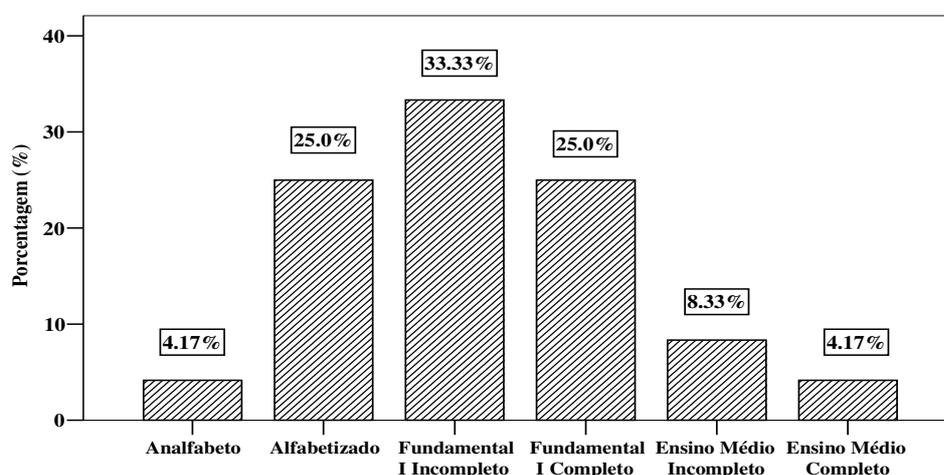
o cultivo da terra ainda são comuns, bem como o não reaproveitamento da matéria orgânica produzida em nível de propriedade rural. Os resíduos produzidos normalmente são queimados ou enterrados no solo e o destino dos efluentes gerados nas residências para 46,0% dos proprietários rurais é a fossa séptica ou a fossa seca para 4,17%, o restante destina o efluente para o ambiente.

Predominantemente a forma de abastecimento de água domiciliar é o abastecimento próprio, ou seja, por meio de água encanada, com auxílio de sistemas simples de bombeamento, armazenada em cisternas ou caixas d'água nas residências. A dependência dos programas governamentais ainda é muito forte na região e apenas um pequeno grupo de produtores participa de associações de produtores rurais nas comunidades rurais de Curral do Meio e Poço de Pedras, tendo estes, assistência técnica de organizações não governamentais. Alguns destes aspectos serão comentados em detalhes a seguir.

4.1.1 Escolaridade

A Figura 12 indica a escolaridade dos chefes de família entrevistados das comunidades rurais de Curral do Meio e Poço de Pedras, município de São João do Cariri, PB, no período de julho de 2011 a julho de 2012. O nível de escolaridade dos chefes das famílias é baixo apesar de que apenas 4,2% são analfabetos, 25,0% são alfabetizados e 33,3% possuem o ensino fundamental I incompleto. Estes resultados indicam uma situação de escolaridade melhor do que os apresentados por Araújo *et al.* (2010), que constataram em 2009, que 59,4% dos produtores rurais do município de São João do Cariri, PB, possuíam, o ensino fundamental I incompleto e 10,6% de analfabetos. Em Cabaceiras, PB, Sousa (2008) constatou que 39,7% dos produtores rurais eram analfabetos.

Figura 12 – Escolaridade dos chefes de família



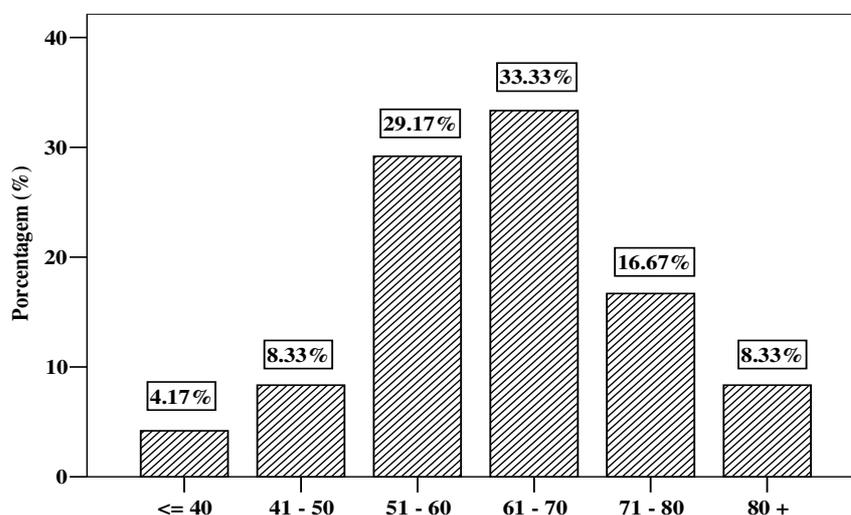
Fonte: do próprio autor

Neste sentido pode-se constatar, mesmo sendo o nível de escolaridade dos chefes das famílias da área de estudo melhor do que os evidenciados por Araújo *et al.* (2010) e Sousa (2008), que há dificuldade de entendimento por meio dos produtores rurais, da necessidade de realização de um planejamento de uso e ocupação do solo em nível de propriedade rural para garantir a viabilidade social, econômica e ambiental destas unidades produtivas.

4.1.2 Faixa etária

A Figura 13 indica a faixa etária dos proprietários rurais entrevistados. A idade dos chefes de família que tem propriedade rural inserida parcial ou totalmente na área de estudo varia de 36 a 86 anos. A faixa etária predominante varia de 51 a 70 anos, correspondendo a 62,50% da amostra populacional residente na área de estudo. Os chefes de família enquadrados nesta faixa etária apresentam uma grande resistência para a alteração de seu modo produtivo e utilização de práticas conservacionistas nas propriedades. Considerando os espaços geográficos semiáridos das unidades da federação e as composições de suas respectivas populações, o semiárido paraibano é o que apresenta o maior percentual de idosos, 12,91%, (MEDEIROS *et al.*, 2012).

Figura 13 – Faixa etária dos chefes de família entrevistados



Fonte: do próprio autor

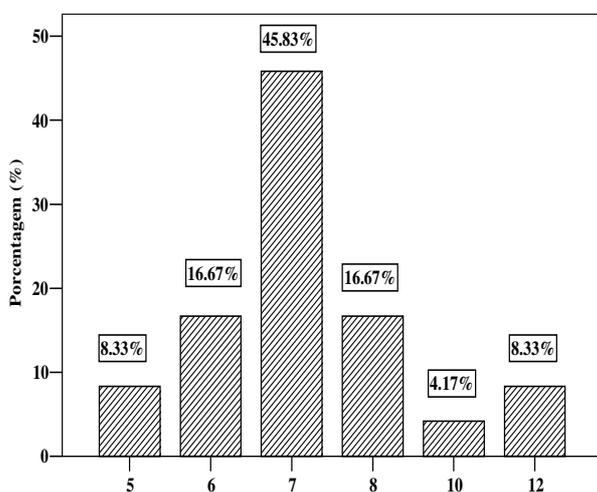
4.1.3 Descrição geral das propriedades e das residências

Os problemas de infra-estrutura nas residências e propriedades rurais são comuns nesta região, mas foi possível observar durante o trabalho de reconhecimento da condição de moradia e de salubridade ambiental que as residências visitadas possuem uma condição de moradia melhor do que moradores da zona rural dos municípios de Amparo, Coxixola, Ouro

Velho, Prata e Sumé, estado da Paraíba, integrantes da bacia hidrográfica do rio Sucuru (ALENCAR, 2008). Nestes municípios, Alencar (2008) observou, mediante trabalhos de reconhecimento de campo, que muitas famílias viviam em estado de “pobreza absoluta”, com moradias precárias de taipa em mau estado de conservação, sem infra-estrutura adequada, sem água de boa qualidade, descartando os resíduos livremente e ausência de fossa séptica, agravando assim, a degradação ambiental.

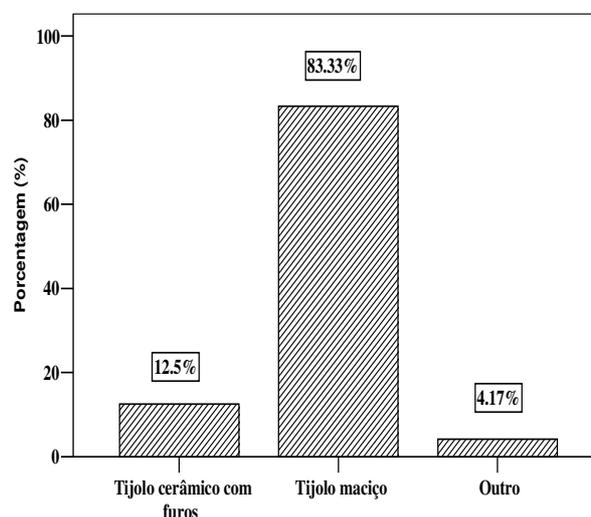
As Figuras 14 e 15 indicam o padrão de repetição do número de cômodos e o tipo de material construtivo predominante das residências. Na área de estudo, as propriedades rurais tem área variando entre 3,0 ha e 900,0 ha, possuem benefícios como cerca de arame tipo farpa e de faxina com embasamento de pedra em seus limites e na divisão de áreas destinadas a pastagem e cultivo agrícola, além de açudes, cisternas, poços e residências. Apenas 4,2% das residências são construídas com taipa e 95,8% são construídas de alvenaria de tijolos, destas 12,5% são de tijolos furados e 83,33% de tijolos maciços com número de cômodos variando entre cinco e doze. Todas as residências são cobertas com telhas cerâmicas e são rebocadas 95,8%. Apenas 4,2% possuem laje de forro ou de coberta.

Figura 14 – Número de cômodos das residências



Fonte: do próprio autor

Figura 15 – Tipo de material construtivo predominante das residências



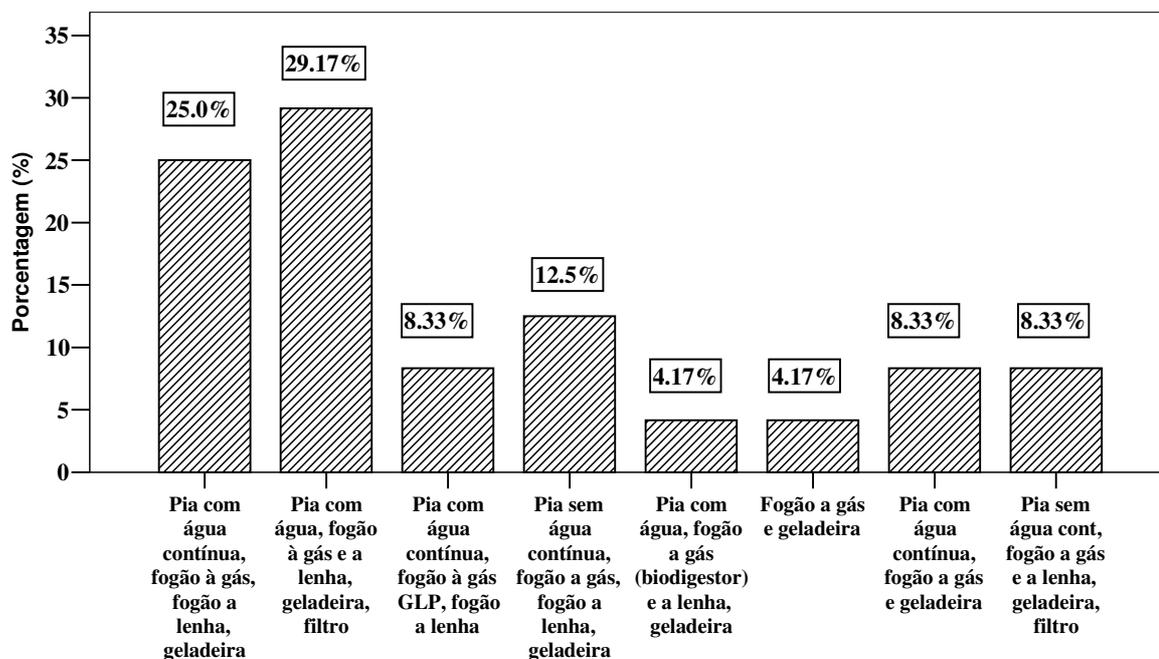
Fonte: do próprio autor

Entre as residências visitadas foi possível identificar que 91,7% delas possuem cozinha em seu interior, 12,5% não possuem água contínua e 29,2% possuem pia com água contínua, fogão a gás e a lenha, geladeira e filtro em sua cozinha. Cerca de 21,0% das residências não

possui fogão a lenha em sua cozinha e 4,2% possuem biodigestor para a produção de gás. Cerca de 92,0% dos produtores rurais são proprietários de fato e de direito da terra.

A Figura 16 indica os equipamentos que estão presentes nas cozinhas das residências que foram visitadas durante a caminhada transversal.

Figura 16 – Equipamentos disponíveis nas cozinhas das residências



Fonte: do próprio autor

4.1.4 Uso de lenha e madeira nas propriedades

A remoção da cobertura vegetal tem efeito direto na erosão e produção de sedimentos e a retirada de espécies vegetais nativas e exóticas nas propriedades tem como finalidade a obtenção de lenha, a produção de carvão, a confecção de porteiras, de estacas e mourões, a separação de áreas por meio de cercas de faxina e a comercialização para complementação de renda quando há uma quantidade considerável.

Dos proprietários rurais que utilizam fogão a lenha para cozimento de alimentos cerca de 75,0% remove esta matriz energética da sua propriedade rural com periodicidade mensal. Cerca de 22,0% dos proprietários rurais informaram que comercializam madeira para a complementação de sua renda. Todos os produtores rurais entrevistados declararam que não produzem carvão para comercialização, mas 12,5% destes informaram que utilizam o carvão produzido em sua própria residência.

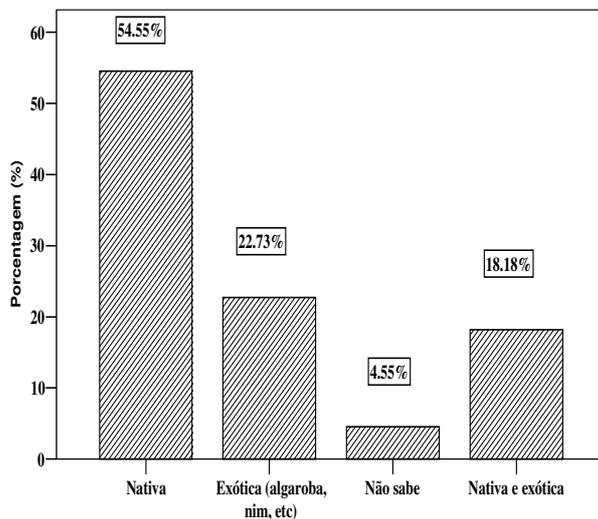
A madeira utilizada para o cozimento de alimentos no fogão a lenha é preferencialmente obtida de espécies nativas da caatinga, como a caatingueira (*Poincianella*

pyramidalis Tul.) e o angico vermelho (*Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan), pois, segundo os proprietários rurais, produzem uma quantidade muito menor de fumaça do que as espécies exóticas, como por exemplo, a algaroba (*Prosopis juliflora*). Também é comum a utilização de cascas de espécies nativas para a produção de medicamentos, como por exemplo, da aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão), do angico vermelho (*Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan) e da jurema preta (*Mimosa tenuiflora* Benth).

Na década de 60 do século XX esta região forneceu cascas de espécies nativas como o angico vermelho (*Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan) para os curtumes instalados na cidade de Campina Grande, PB (ALMEIDA, 1962; JOFFILY, 1977). Estas ações exerceram e ainda exercem uma forte pressão sobre os escassos recursos naturais disponíveis na propriedade e influenciam diretamente na qualidade ambiental do meio.

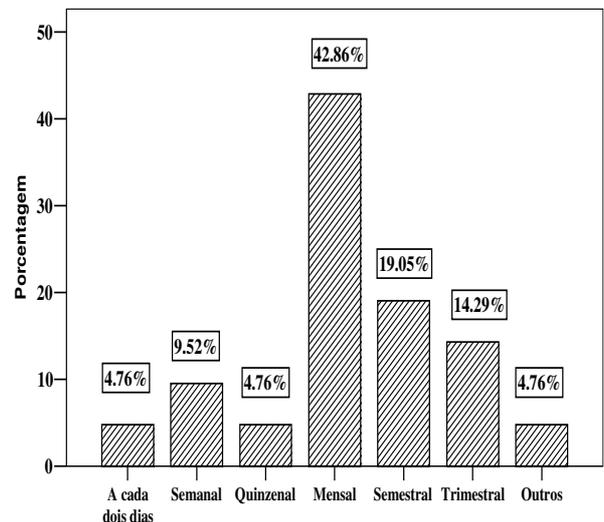
As Figuras 17 e 18, indicam o tipo e a periodicidade de remoção de espécies vegetais utilizadas como matriz energética nas residências. Apenas 12,5% das famílias informaram que possuem assistência técnica por parte dos órgãos governamentais ou não governamentais o que dificulta o planejamento adequado para utilização dos recursos naturais disponíveis em nível de propriedade rural.

Figura 17 – Tipo de espécies vegetais utilizadas como matriz energética nas residências



Fonte: do próprio autor

Figura 18 – Periodicidade de remoção de madeira utilizada nas residências



Fonte: do próprio autor

A Figura 19 mostra um biodigestor instalado por meio de uma ação coordenada pelo PATAC/ASA na comunidade rural de Curral do Meio e em funcionamento desde 2008. De acordo com o relato do produtor que recebeu este benefício, desde a sua instalação que não é

realizada a compra de gás tipo GLP e não se remove madeira da propriedade para a utilização em fogão à lenha e o lodo que se produz pode ser utilizado como adubo posteriormente no cultivo agrícola. São utilizados esterco de bovinos e caprinos misturados com água para a produção de gás.

Figura 19 – Biodigestor de campânula móvel



Fonte: acervo do próprio autor

4.1.5 Abastecimento e armazenamento de água

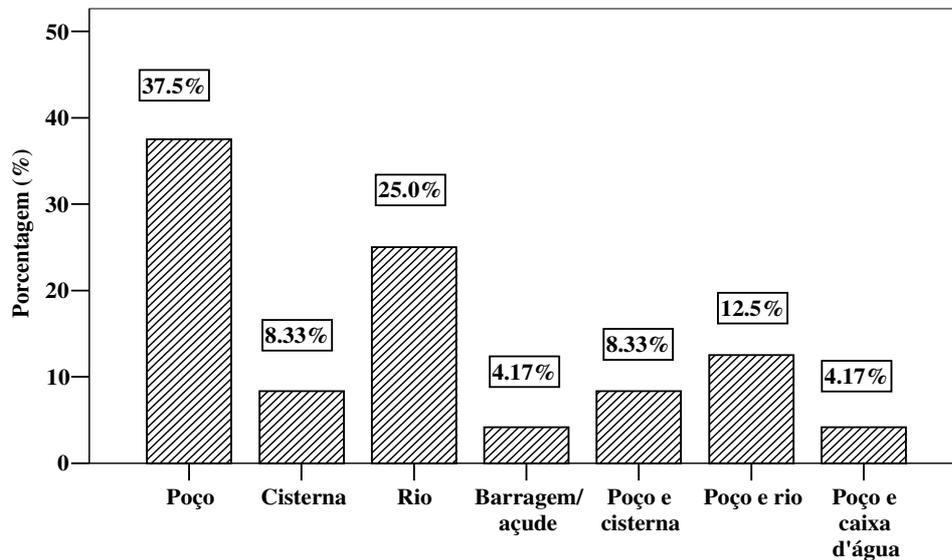
O semiárido brasileiro possui períodos de estiagem prolongada em decorrência da alta variabilidade espacial e temporal da precipitação. Para conviver com a escassez de recursos hídricos o homem do campo tenta amenizar esta situação com sistemas de armazenamento como caixas d'água, cisternas, potes de barro, tanques, tambores, tonéis e por meio do aproveitamento da água disponível em açudes, aluviões de rios, barreiros, cacimbas e poços.

Cerca de 79,0% das propriedades rurais inseridas na área de estudo possuem água encanada bombeada de poços e mesmo conhecendo que a região possui períodos de estiagens prolongadas, 8,7% dos produtores rurais informaram que não realizam nenhum tipo de armazenamento de água para utilização no interior das residências, porém quando não dispõem mais de água recorrem aos parentes que possuem algum sistema de armazenamento de água. A origem da água utilizada para higiene pessoal e outros usos na residência têm como fonte principal o poço amazonas, 37,5%, e o rio como fonte alternativa, 25,0%, mas também utilizam outras fontes como cisternas e açudes.

A Figura 20 indica as principais fontes de água utilizadas na higiene pessoal e nas residências das propriedades rurais visitadas na área de estudo. Predominantemente a forma

de abastecimento domiciliar é o abastecimento próprio, ou seja, por meio de água encanada, com auxílio de sistemas simples de bombeamento, armazenada em cisternas ou caixas d'água nas residências.

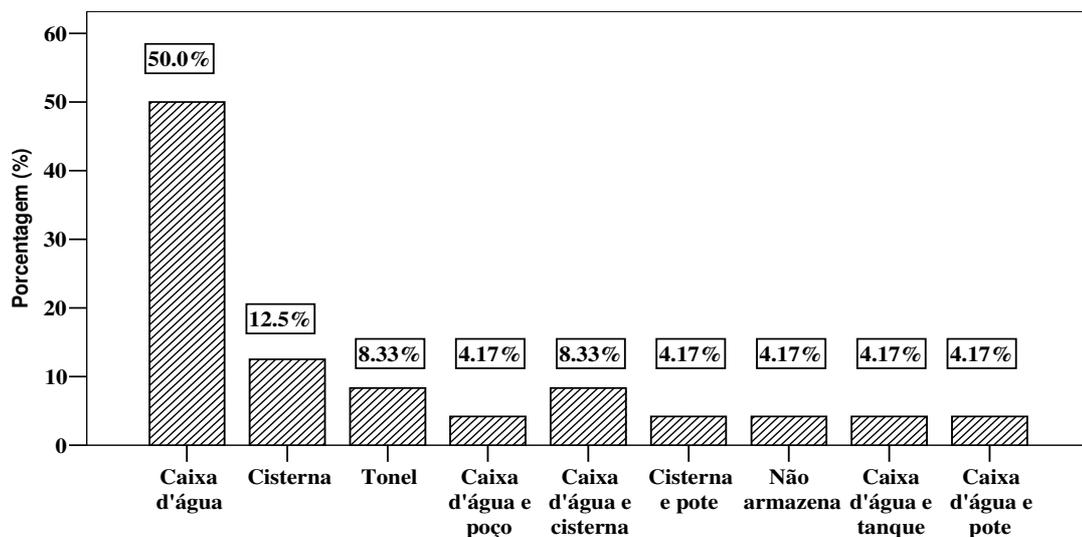
Figura 20 – Fonte de água utilizada para higiene pessoal e na residência



Fonte: do próprio autor

A Figura 21 indica as formas de armazenamento de água para higiene pessoal e na residência. Duas das vinte e sete propriedades rurais visitadas possuem açude em trechos que não estão inseridos na área de drenagem da bacia em estudo.

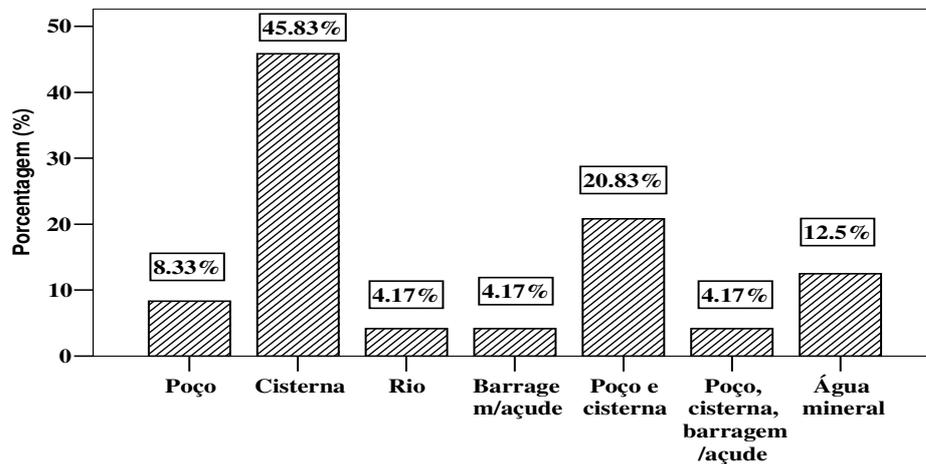
Figura 21 – Formas de armazenamento de água utilizada para higiene pessoal e na residência



Fonte: do próprio autor

A Figura 22 indica origem da água utilizada para consumo humano nas residências das propriedades rurais visitadas. A origem da água que as famílias utilizam para consumo humano tem como fonte principal a cisterna, 45,83%, e a associação do poço e cisterna como fonte de abastecimento para consumo humano corresponde a 20,83% das residências.

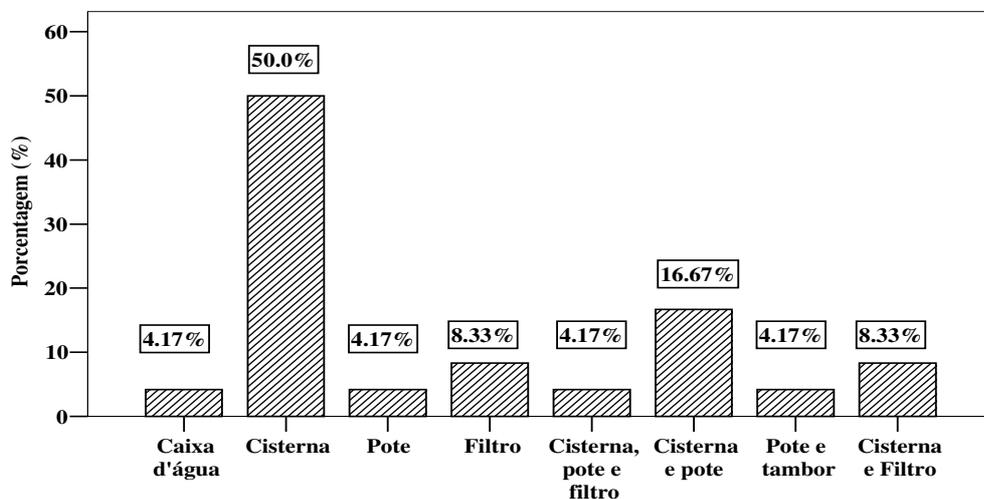
Figura 22 – Origem da água para consumo humano



Fonte: do próprio autor

A Figura 23 indica a forma de armazenamento da água utilizada para consumo humano. A cisterna é utilizada por 79,2% dos entrevistados como um das principais formas de armazenamento de água para o consumo humano, mesmo quando associado ao armazenamento no interior da residência com potes e filtros. Como forma de tratamento da água, 67,0% dos proprietários rurais declararam que usam apenas a cloração, 25,0% declararam que utilizam a filtração e a cloração e cerca de 8,0% declararam não tratar a água que utilizam para consumo humano.

Figura 23 – Forma de armazenamento da água para consumo humano



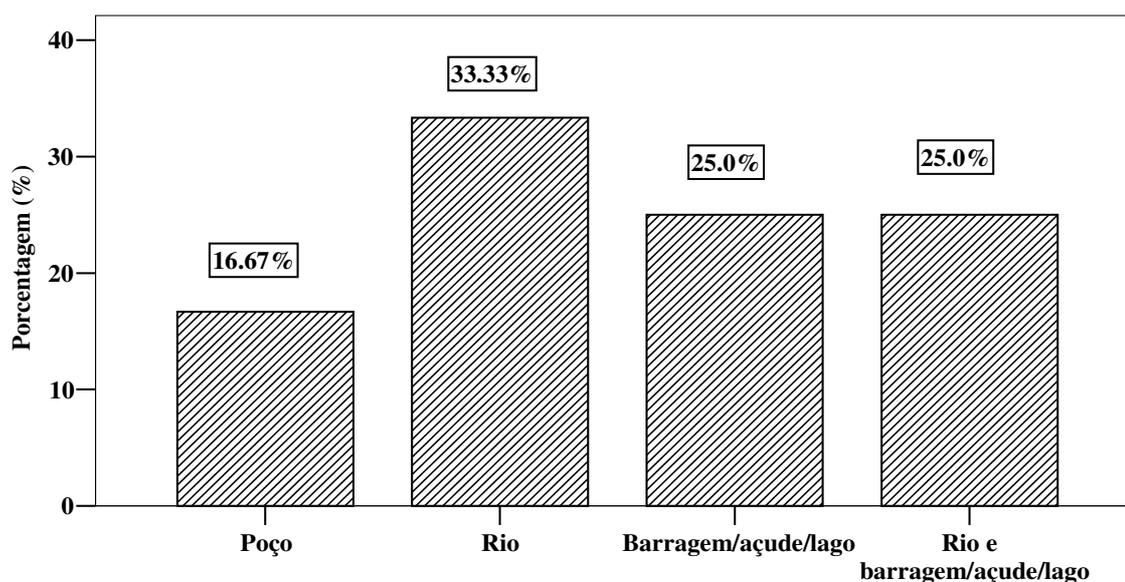
Fonte: do próprio autor

Como tipos de uso da água armazenada em cisternas foram citados o consumo humano, sendo 26,09% da água utilizada para beber, 60,87% para beber e cozinhar, 8,7% para beber, cozinhar, tomar banho, lavar roupa e limpeza, e 4,35% dos proprietários rurais entrevistados declararam não possuir cisterna. De acordo com as informações obtidas 45,45% das cisternas são utilizadas de forma coletiva.

Cerca de 82,0% das unidades foram construídas por meio do P1MC, 9,1% foram construídas pelo próprio produtor rural e 9,1% foram construídas por meio de alguma associação de produtores rurais. As cisternas projetadas por meio do P1MC foram construídas utilizando placas de argamassa de cimento e areia, confeccionadas por trabalhadores locais, utilizando formas pré-fabricadas. Esta forma construtiva mobiliza a comunidade local que se reúne em forma de mutirão para a execução da escavação e são contratados no local o pedreiro e o servente para a mão de obra do serviço e, além disso, se faz a aquisição do material no comércio local, gerando renda para o município e moradores da região.

A Figura 24 indica a distribuição das formas de captação de água para consumo humano antes da existência do Projeto 1 Milhão de Cisternas (P1MC). Antes do surgimento desse projeto o abastecimento de água nas comunidades rurais de Curral do Meio e Poço de Pedras era realizado por meio da captação de água em poços, diretamente do leito dos rios, em açudes ou lagos.

Figura 24 – Formas de captação de água para consumo humano antes do P1MC



Fonte: do próprio autor

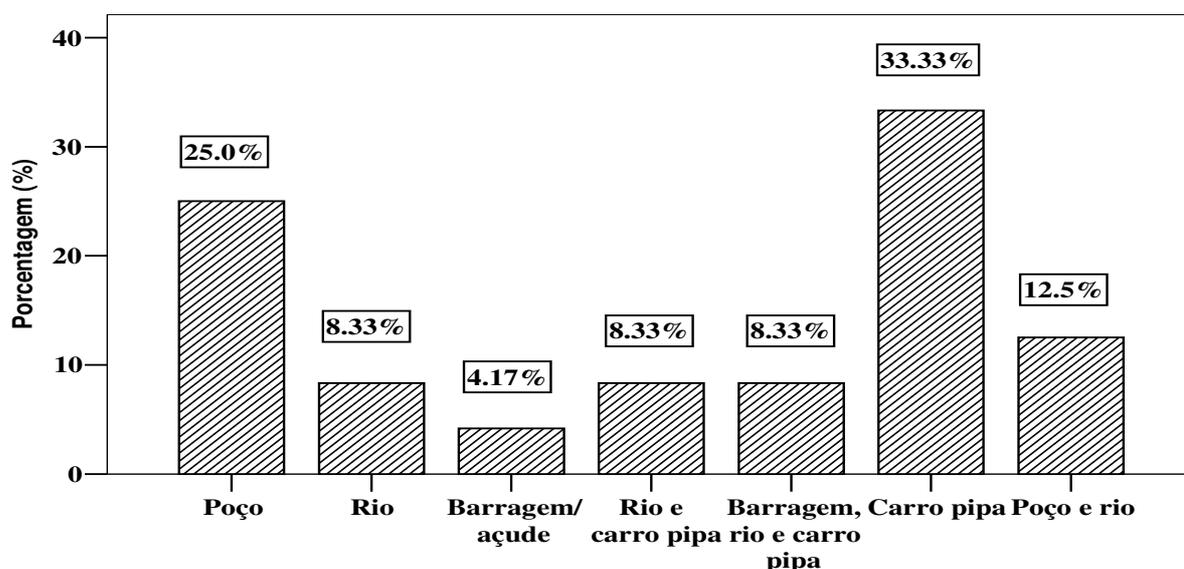
Metade dos produtores rurais entrevistados informou que a água disponível nas cisternas de placas construídas por meio do P1MC é suficiente para um ano, mas 36,36% dos

produtores declararam que a água é suficiente apenas em anos chuvosos e 13,64% declararam que a água armazenada em cisternas deste tipo não é suficiente para os usos da água que realizam.

Os proprietários rurais também declararam que quando a água da cisterna acaba utilizam preferencialmente o poço e o carro pipa para reabastecê-la. A periodicidade em que a cisterna é abastecida por carro pipa apresenta uma variação significativa entre as respostas dos proprietários rurais, ocorrendo desde uma vez por mês até uma vez por ano. Cerca de 11,0% dos proprietários rurais afirmaram que a periodicidade de abastecimento da cisterna por meio de carro pipa é mensal, 5,0% informaram que a periodicidade de abastecimento da cisterna é bimestral, 26,3% trimestral, 32,0% semestral e 26,3% anual.

A Figura 25 indica a forma de obtenção de água das famílias residentes na área de estudo após o término da água de chuva armazenada nas cisternas.

Figura 25 – Forma de obtenção de água para consumo após o término da água de chuva armazenada nas cisternas



Fonte: do próprio autor

A introdução das cisternas no meio rural possibilitou um ganho de qualidade de vida aos moradores, pois reduziu significativamente o tempo de trabalho para a obtenção da água, muitas vezes realizada em fontes de água distantes das residências e trouxe alguns benefícios em termos da saúde das famílias, com a redução dos casos de diarreias e hepatite tipo A, desde que sejam respeitados os cuidados necessários com o manejo da água armazenada em seu interior. Existe a orientação e acompanhamento do uso da água das cisternas por meio de

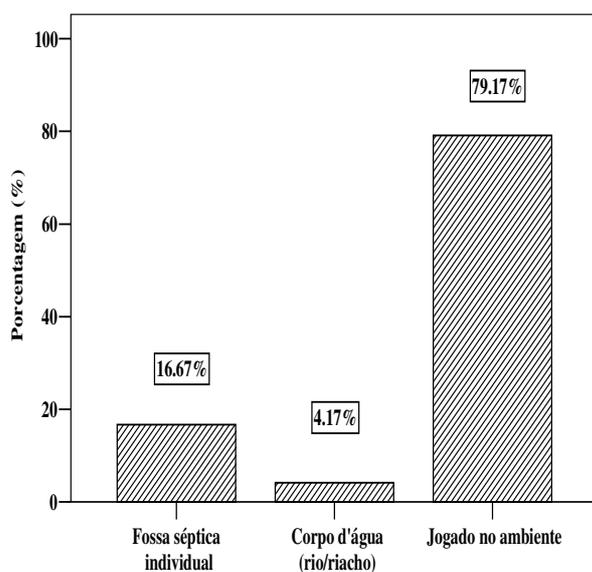
um representante de uma organização não governamental que mora na comunidade de Poço de Pedras.

4.1.6 Esgotamento sanitário e resíduos sólidos

Após a realização da caminhada transversal e das visitas as propriedades e residências das comunidades rurais de Curral do Meio e Poço de Pedras foi possível identificar que em todas as residências há banheiro, sendo que em 91,7% das residências existe apenas um banheiro e em 8,3% existem dois. Destes, 87,5%, estão localizados no interior da residência.

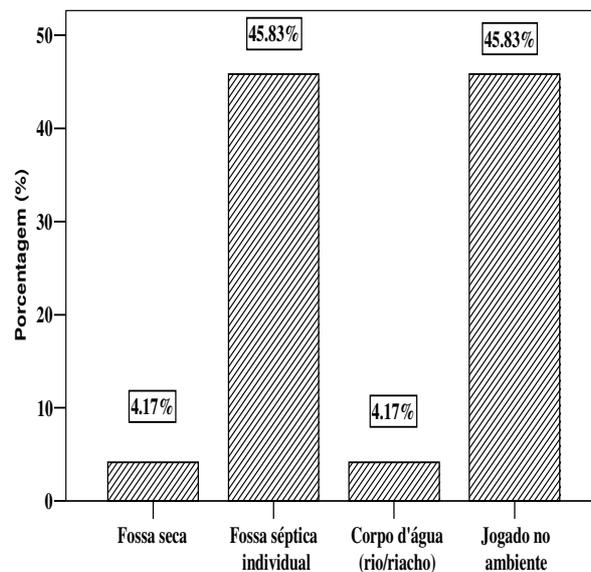
As Figuras 26 e 27 mostram o destino da água utilizada nos banheiros e cozinhas das residências visitadas. O destino da água utilizada nos banheiros em 46,0% dos casos é a fossa séptica. Utilizam a fossa seca para destino da água servida em banheiros, 4,2 % dos proprietários rurais entrevistados. Quando se trata da água servida utilizada na cozinha, 79,1% dos produtores rurais lançam este tipo de água diretamente no ambiente, 16,7% lançam seus efluentes em fossas sépticas individuais. Entre os proprietários que possuem fossa séptica, 36,4% nunca realizaram limpeza da fossa séptica e apenas 18,0% dos proprietários já realizaram sua limpeza. A observação *in-loco* das fossas sépticas instaladas e em funcionamento permitiu identificar que 75,0% das fossas sépticas individuais possuem condição adequada de localização em relação a cisterna e residência.

Figura 26 – Destino da água utilizada nos banheiros



Fonte: do próprio do autor

Figura 27 – Destino da água utilizada nas cozinhas



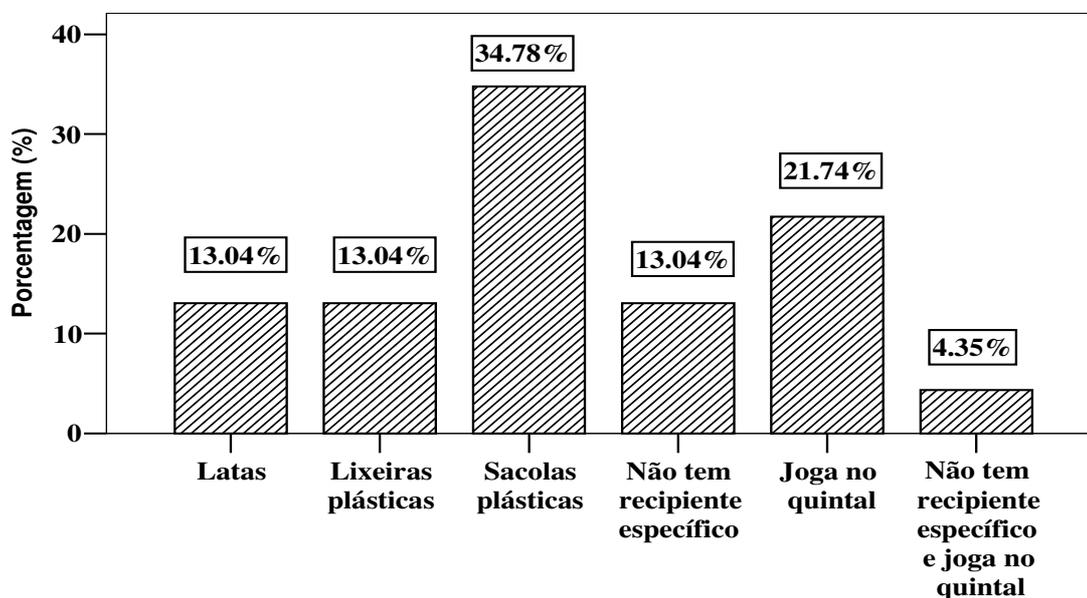
Fonte: do próprio do autor

Dos proprietários que possuem fossa séptica individual, 4,6% possuem este dispositivo de coleta de esgoto a mais de dez anos e cerca de 18,0 % possuem a menos de dez anos. Os demais proprietários não souberam informar o período de utilização deste dispositivo para a coleta das águas servidas ou cloacais. O destino do efluente coletado por meio da fossa séptica é o solo em 78,6% dos casos e os rios e riachos em 7,2%. Não souberam informar o destino ou informaram outro destino dos efluentes 14,29% dos entrevistados.

Em relação ao resíduo (lodo) da fossa, 70,0% dos proprietários rurais que possuem este dispositivo de coleta individual de esgotos informaram que o aplicam diretamente no solo de seus terrenos, não reaproveitando este material como adubo em cultivo agrícola.

A Figura 28 mostra as formas de acondicionamento dos resíduos produzidos nas propriedades rurais visitadas. Dos proprietários entrevistados cerca de 26,0% utilizam o quintal para descartar os resíduos sólidos produzidos nas residências e utilizam latas, lixeiras e sacolas plásticas para acondicionamento dos resíduos, sendo a sacola plástica com maior preferência por parte dos moradores. Metade dos produtores entrevistados declararam não separar os resíduos, 37,5% separaram e 12,5% declararam separar apenas o que pode ser reaproveitado por animais que criam para a obtenção de renda.

Figura 28 – Formas de acondicionamento dos resíduos sólidos

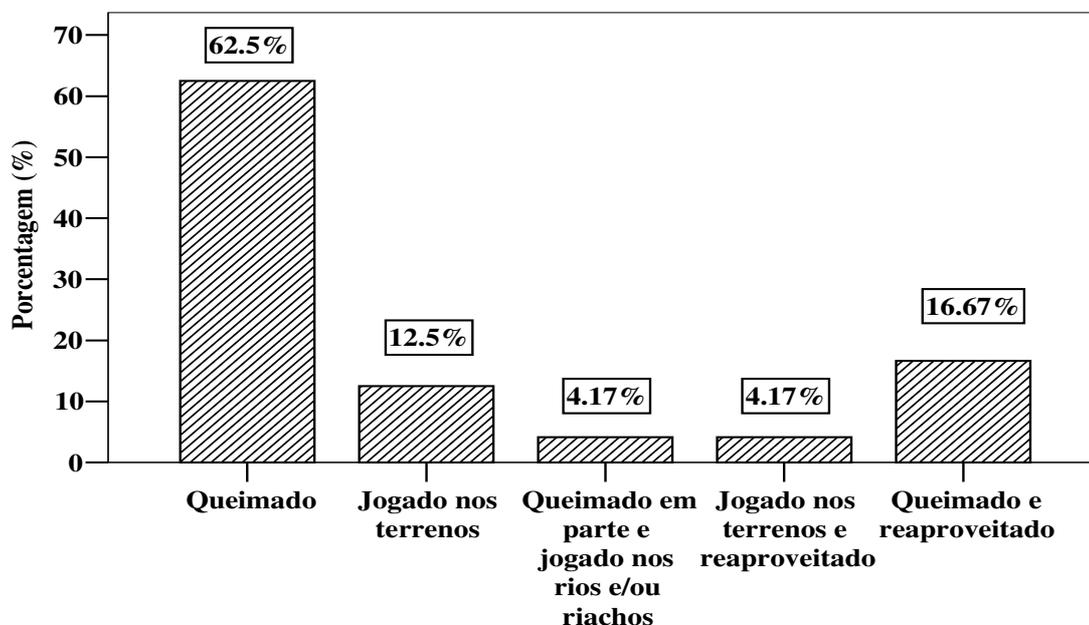


Fonte: do próprio autor

Como destino aos resíduos produzidos na propriedade rural e nas residências, 62,5% dos chefes de família entrevistados informaram que queimam o que é descartado, 12,5% dos resíduos são jogados nos terrenos e 16,7% dos moradores informaram que queimam e reaproveitam os resíduos. A alimentação animal, o artesanato e a produção de adubo são as

formas de reaproveitamento dos resíduos informadas pelos produtores rurais entrevistados. A Figura 29 mostra o destino dado aos resíduos sólidos por meio dos produtores rurais que residem na área da bacia hidrográfica analisada.

Figura 29 – Destino dos resíduos sólidos produzidos nas propriedades e suas residências



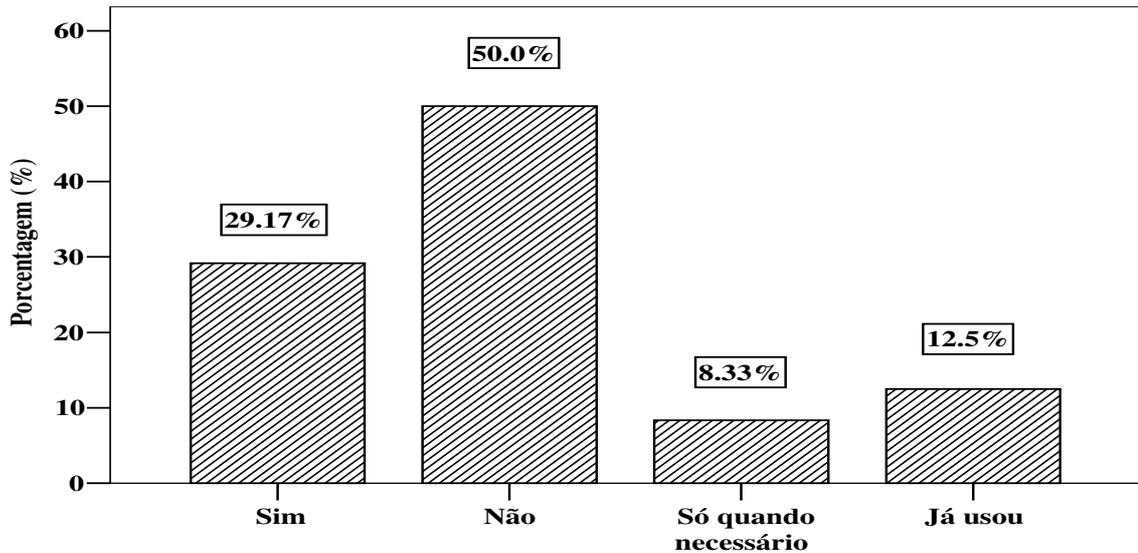
Fonte: do próprio autor

Metade dos entrevistados informou que utilizam agrotóxico para o combate de pragas. Como destino as embalagens vazias de agrotóxicos 41,7% informaram que as queimam, 16,7% as enterram, 33,3% as depositam no terreno e 8,3% informaram que queimam e enterram as embalagens.

Não há local específico para o descarte das embalagens de agrotóxico. Sendo assim, nenhum produtor entrevistado informou que devolve as embalagens nos locais em que fazem a aquisição. De acordo com as respostas obtidas observa-se que não há uma orientação sobre o destino adequado das embalagens de agrotóxico que são utilizadas no combate de pragas, mesmo sendo de conhecimento dos produtores rurais que existem campanhas publicitárias informando as formas de acondicionamento das embalagens vazias de agrotóxico, mas ressaltam que não lembram bem como deve ser realizado o descarte ou como devem proceder com as embalagens vazias após o uso dos produtos. O risco de contaminação por parte do agricultor de origem familiar é alto devido a falta de utilização de equipamentos de proteção individual e do destino das embalagens após o seu uso.

A Figura 30 indica o posicionamento dos produtores rurais quanto a utilização de algum tipo de agrotóxico.

Figura 30 – Utilização de defensivos químicos na agricultura

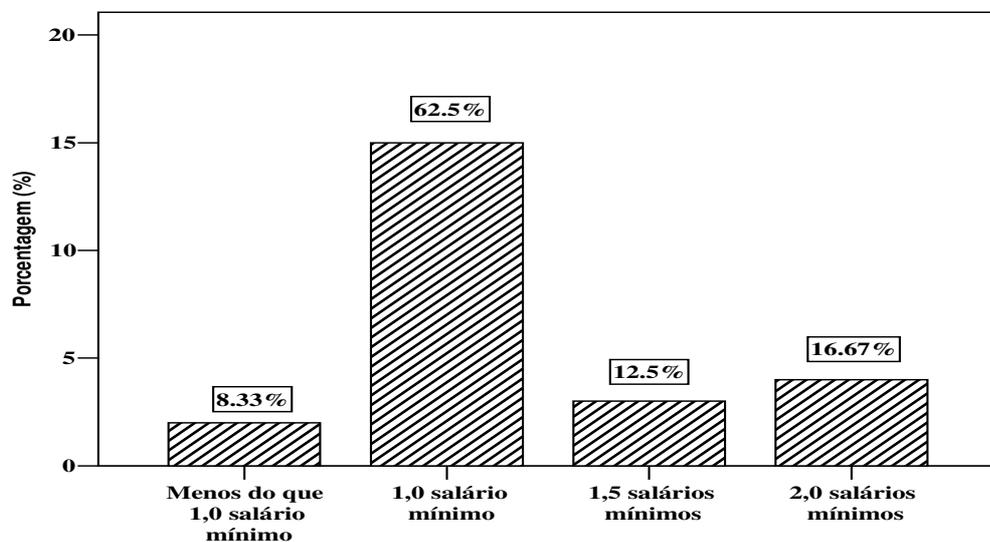


Fonte: do próprio autor

4.1.7 Renda familiar

A Figura 31 indica a renda familiar declarada por meio dos chefes das famílias entrevistados. A renda familiar obtida é proveniente prioritariamente de aposentadoria e de trabalhos desenvolvidos na agricultura e pecuária. Há complementação desta renda com a comercialização de produtos derivados da atividade agropecuária, da comercialização de animais destinados ao descarte e de madeira. Do total de entrevistados 8,3% declararam possuir renda abaixo de um salário mínimo, 62,5% declararam possuir renda de um salário mínimo, 12,5% renda de um salário mínimo e meio, e 16,7% renda de dois salários mínimos.

Figura 31 – Renda familiar declarada

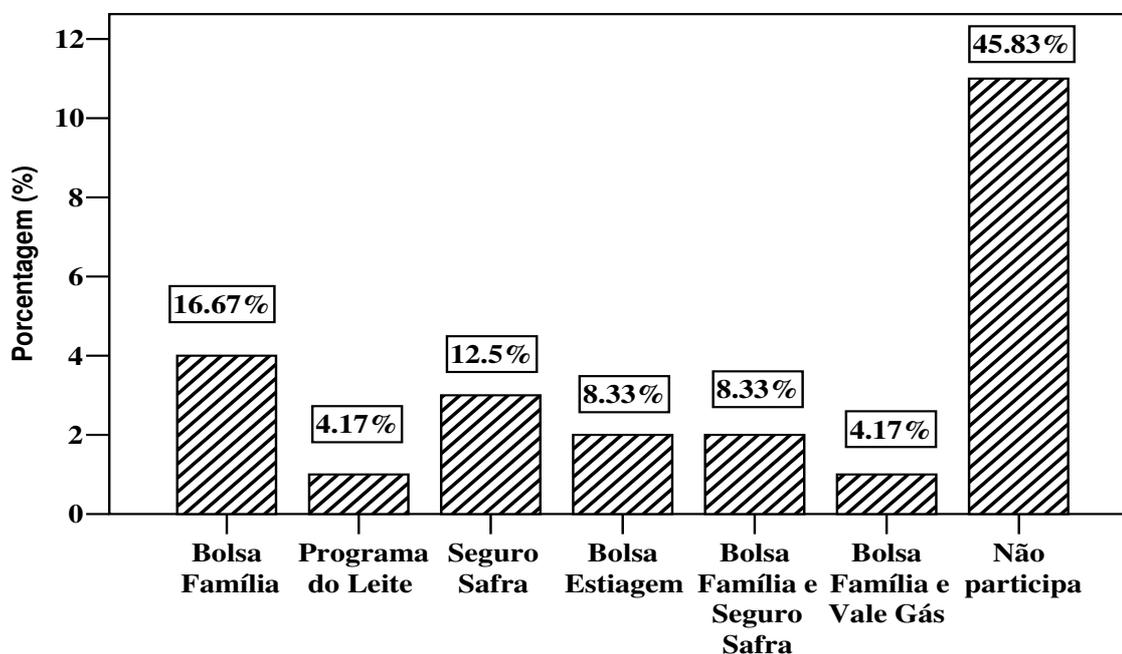


Fonte: do próprio autor

No diagnóstico sócio e econômico dos produtores rurais do município de São João do Cariri, PB, realizado por Araújo *et al.* (2010), apenas 29,9% dos produtores possuíam renda de um salário mínimo e 25,8% sobreviviam com renda abaixo de um salário mínimo, sendo assim, mais favorável a situação econômica dos produtores rurais das comunidades rurais de Curral do Meio e Poço de Pedras entrevistados. Mesmo assim, a renda declarada pelos moradores ainda é baixa o que aumenta o risco da utilização indevida dos recursos naturais existentes na propriedade para garantir a complementação de sua renda. Não foram declarados trabalhos artesanais pelas mulheres para a complementação da renda, mas há realização deste trabalho como ocupação para aposentadas.

A Figura 32 mostra a participação dos produtores rurais entrevistados em algum programa social. Cerca de 46,0% dos produtores rurais residentes na área de estudo deste trabalho declararam não estar inserido em algum programa governamental de assistência social. Constatou-se que 16,67% dos produtores rurais participam apenas do programa Bolsa Família e cerca de 13,0% declararam participar do programa Bolsa Família associado a algum outro programa social como o Seguro Safra e o Vale Gás.

Figura 32 – Participação dos produtores rurais em algum programa social



Fonte: do próprio autor

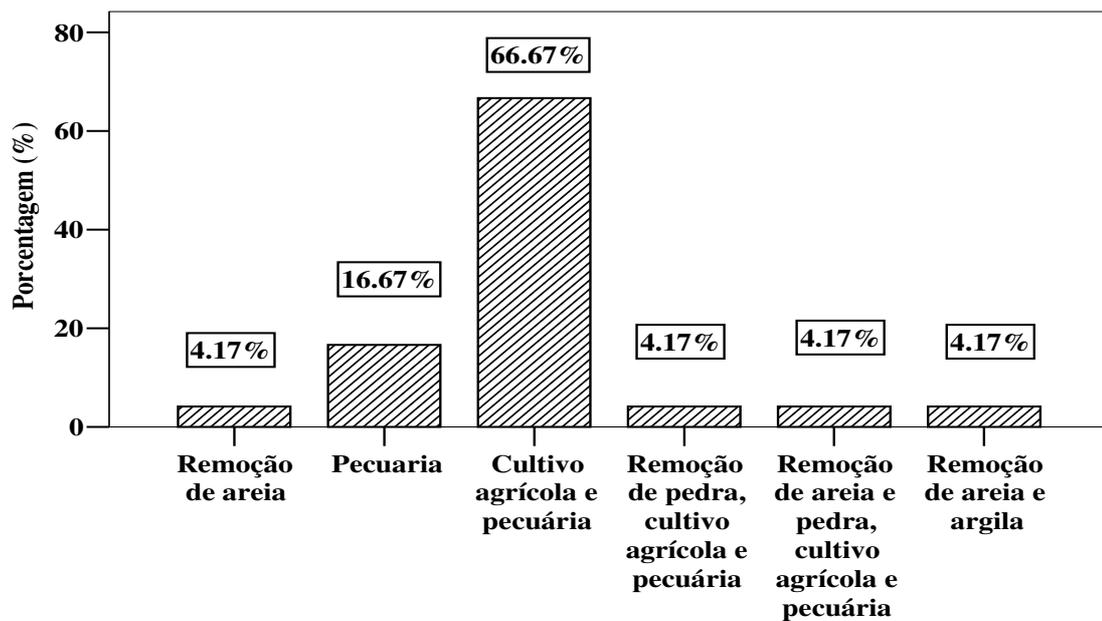
4.1.8 Produção agrícola

Nas áreas das propriedades rurais visitadas os principais tipos de uso e ocupação do solo foram direcionados a produção agrícola e a pecuária, correspondendo a 66,67% do uso e

ocupação do solo na área de drenagem da bacia hidrográfica analisada de acordo com as informações obtidas por meio da pesquisa de “survey” com a aplicação de questionários. Os principais tipos de cultivo do solo também são o milho e o feijão correspondendo a 31,82% segundo informações dos chefes de famílias entrevistados, mas a produção de capim utilizado como suporte forrageiro também é considerável, correspondendo a 18,18% quando este é cultivado sem associação a outro tipo de cultivo e, aproximadamente 40,0%, quando associado a outro tipo de cultura, como milho, feijão e batata-doce.

A Figura 33 indica formas de exploração do solo em nível de propriedade rural. Aproximadamente 96,0% dos produtores rurais declararam que sua produção agrícola é destinada ao auto-consumo e 65,22% informaram que realizam algum tipo de armazenamento da produção com a utilização de garrafas PET para os grãos.

Figura 33 – Exploração do solo nas propriedades

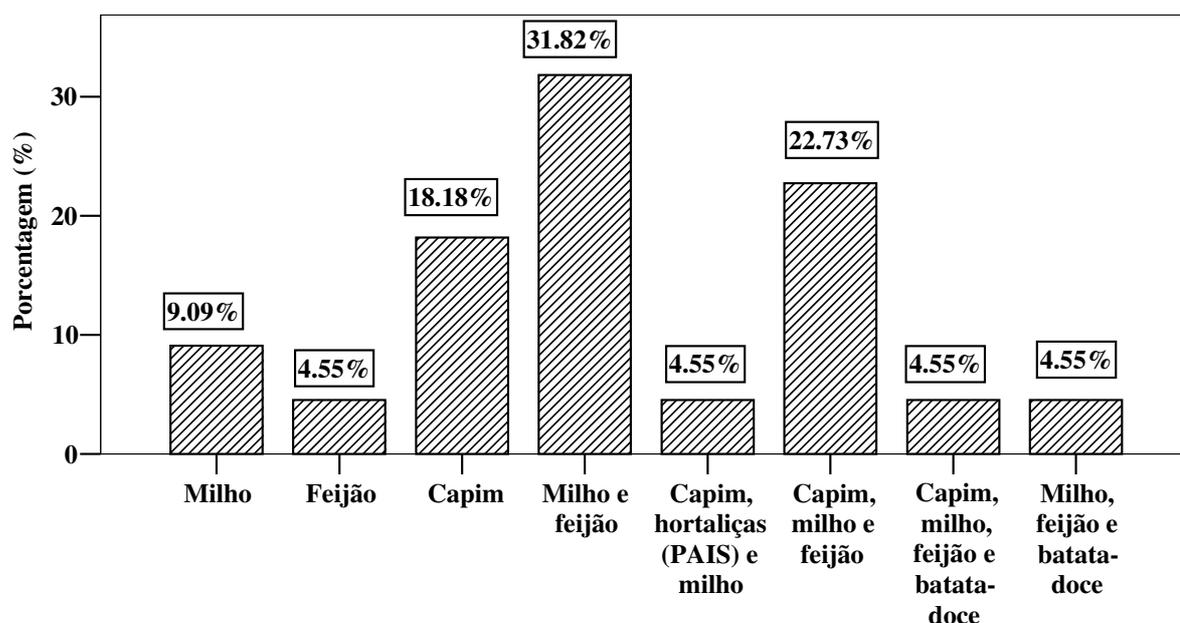


Fonte: do próprio autor

Apenas 20,83% dos produtores rurais entrevistados informaram que conhecem alguma técnica de conservação do solo como o plantio direto e o cultivo em curvas de nível, mas 83,33% declararam que não sabem executar nenhuma obra de conservação do solo o que demonstrou falta de entendimento sobre o que pode ser caracterizado como conservação do solo. Informaram existir erosão em sua propriedade 45,83% dos chefes de família entrevistados. Cerca de 46,0% dos produtores rurais declararam utilizar alguma técnica de irrigação para cultivar o solo de sua propriedade.

A Figura 34 mostra os tipos de cultivo utilizados por meio dos produtores rurais na área de estudo. Metade dos entrevistados declarou que já existiram pragas na propriedade rural, 4,17 % informaram que nunca existiu alguma praga e 45,83% afirmaram que existe algum tipo de praga, sendo a lagarta a que está presente no momento.

Figura 34 – Tipos de cultivo utilizados nas propriedades rurais da área de estudo

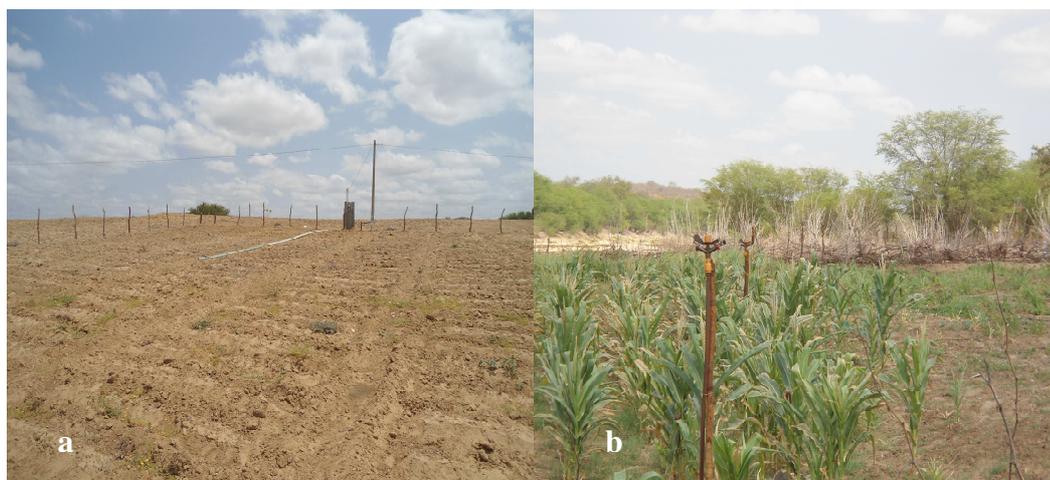


Fonte: do próprio autor

Produtores das comunidades rurais de Curral do Meio e Poço de Pedras estão organizados por meio de uma associação de produtores rurais e recebem orientação técnica por meio da Articulação do Semiárido (ASA), do Programa de Aplicação de Tecnologia Adequada às Comunidades (PATAC) com algumas ações realizadas com o objetivo de melhorar a convivência com o semiárido. Uma destas ações foi a implantação de um sistema de abastecimento de água simplificado em trechos das comunidades rurais de Curral do Meio e Poço de Pedras, e do projeto de Produção Agroecológica Integrada e Sustentável (PAIS) que permitiu a diversificação produtiva em algumas localidades no município de São João do Cariri, PB.

A Figura 35 mostra dois tipos de sistemas de irrigação utilizados em propriedades que estão inseridas na área de estudo, um sistema de irrigação por inundação (a) e outro por aspersão (b). Sistemas de irrigação por gotejamento só foram identificados no cultivo de hortaliças em instalações do projeto de Produção Agroecológica Integrada e Sustentável (PAIS) e em uma pequena área de cultivo de milho na comunidade rural de Curral do Meio.

Figura 35 – Sistemas de irrigação utilizados na área da bacia hidrográfica de Marias Pretas



Fonte: acervo do próprio autor

Os proprietários rurais que recebem orientação técnica, uma minoria, 12,5%, são incentivados a resolver seus problemas com sua própria força de trabalho sem depender de ajuda financeira de órgãos governamentais e não governamentais. A Figura 36 mostra uma área na comunidade de Curral do Meio que foi destinada a implantação do projeto de Produção Agroecológica Integrada e Sustentável (PAIS) que permite ao agricultor familiar a produção de hortaliças e criação de galinhas no centro da área que fica coberta por telhas de barro tipo capa/canal e telada em um mesmo ambiente para consumo próprio e possibilita a comercialização do excedente produzido por meio do Programa de Aquisição de Alimentos.

Figura 36 – Instalações do projeto de Produção Agroecológica Integrada e Sustentável (PAIS) na comunidade rural de Curral do Meio



Fonte: acervo do próprio autor

A Figura 37 mostra um sistema de abastecimento de água simplificado na comunidade rural de Poço das Pedras, na área de drenagem da bacia hidrográfica de Marias Pretas, município de São João do Cariri, PB, que garante água para utilização nas residências. As cisternas de placas garantem para a maioria dos moradores da região água de boa qualidade para cozinhar e beber.

Figura 37 – Sistema simplificado de abastecimento de água na comunidade rural de Curral do Meio



Fonte: acervo do próprio autor

4.1.9 Produção pecuária

Um aumento de até 54,0% da média anual precipitada no período de 2000 a 2011 em relação a média histórica de precipitação da região onde está localizada a bacia de Marias Pretas favoreceu ao aumento da quantidade de animais por propriedade rural, superando, em alguns casos, até 100 vezes a capacidade de suporte recomendada para a região, aumentando assim, o risco da atividade pecuária na região.

No período de levantamento dos dados os produtores rurais estavam vivenciando um período de estiagem prolongada de aproximadamente dois anos e a redução do rebanho e a pequena diversificação produtiva ficou evidente em relação aos dados obtidos por Araújo *et al.* (2010) no município de São João do Cariri, PB. Alguns produtores rurais têm a produção pecuária como forma de obtenção ou complementação de sua renda. Dos animais existentes nas propriedades rurais alguns são criados exclusivamente para a obtenção de renda.

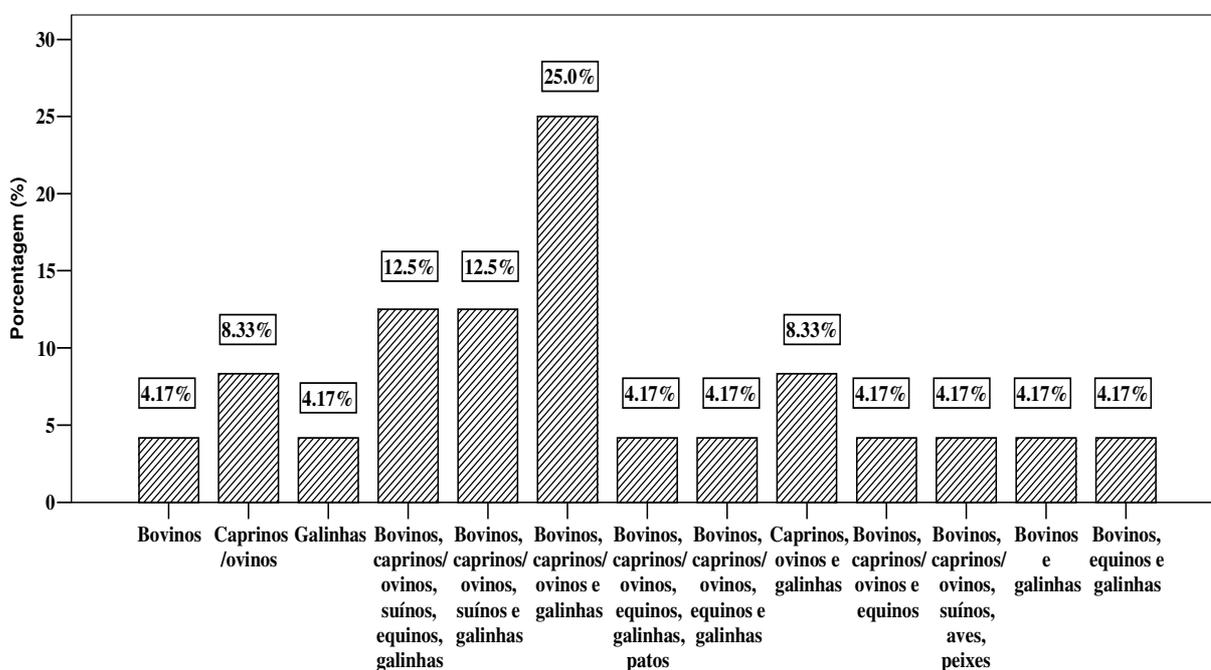
A associação de rebanhos bovino, caprino e ovino com a criação de galinhas apresentou-se como maior atividade produtiva deste período, representando 25,0% do total da

produção. Foi possível identificar que alguns produtores rurais já começam a migrar para a criação de aves em detrimento a criação de gado, caprinos e ovinos. Há no momento uma tentativa de ampliação da criação de aves por meio de alguns grupos avícolas do estado de Pernambuco que fornecem as matrizes e assistência técnica e fazem a aquisição das aves com um prazo e preço determinado. Neste caso o produtor entra com o investimento das instalações físicas e mão de obra para a distribuição da ração que também é fornecida pelos avicultores.

O número de proprietários rurais que possuem a piscicultura como uma atividade complementar ao seu rendimento é reduzido devido a área da bacia não possuir reservatórios superficiais. Apenas duas propriedades rurais que tem parte de suas áreas na bacia hidrográfica de Marias Pretas possuem reservatórios superficiais, mas estes reservatórios não estão localizados na área de drenagem da bacia.

A Figura 38 apresenta o padrão de respostas dos produtores rurais quanto a existência de animais nas propriedades que são utilizados para a garantia de segurança alimentar de suas famílias e complementação de renda.

Figura 38 – Animais existentes nas propriedades rurais visitadas

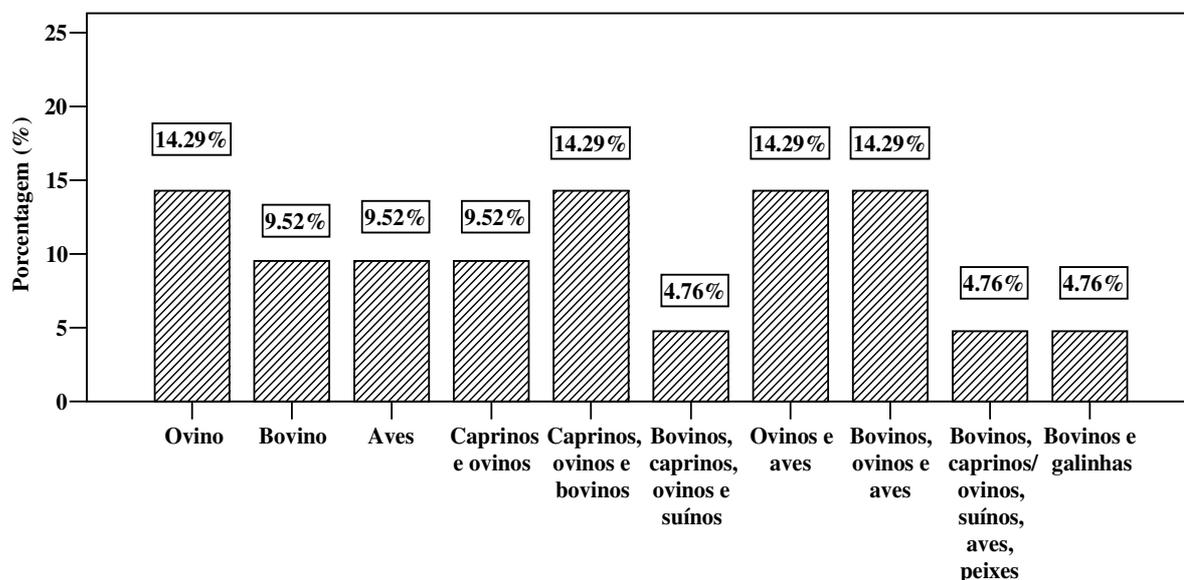


Fonte: do próprio autor

A Figura 39 mostra os animais que são criados para a obtenção de renda na área de estudo. Pode-se observar que não só os bovinos, caprinos e ovinos representam os animais

que são criados como principal fonte de obtenção de renda conforme apresentado por Araújo *et al.* (2010) e Alencar (2004) em análises sócio-econômicas realizadas em São João do Cariri e Sumé, PB.

Figura 39 – Animais criados para a obtenção ou complementação de renda



Fonte: do próprio autor

Quando existe apenas um tipo de rebanho na propriedade, os ovinos em períodos de estiagem prolongada são preferidos em relação aos bovinos e caprinos, apresentando o maior percentual para este tipo de criação, 14,29%, mas vale a pena ressaltar que atualmente o percentual de aves que é igual ao de bovinos, 9,52%, que tradicionalmente apresentou sempre um maior número de cabeças nas propriedades. Metade dos produtores rurais afirma que comercializa em parte a sua produção pecuária, normalmente os animais selecionados para descarte, 33,33% informaram que comercializam sua produção sem restrições e 16,67% declararam não comercializar a sua produção pecuária. Cerca de 52,0% dos produtores rurais declararam que comercializam seus animais no comércio local de São João do Cariri, PB.

Entre os animais presentes na área de estudo, 41,67% são criados soltos e pernoitam em apriscos. Não pernoitam em apriscos 29,17% dos animais que permanecem soltos na propriedade, confinados quando necessário, normalmente para engorda e posterior abate, e em alguns casos, quando existe a associação da criação de aves e bovinos ou de aves e ovinos, parte dos animais são confinados, as aves, e outra parte está solta na propriedade rural. Com relação ao sistema de manejo dos animais todos os produtores rurais informaram que utilizam o sistema de vacinação e vermifugação.

A Figura 40 mostra a criação de bovinos na comunidade rural de Poço de Pedras. Dos proprietários rurais entrevistados 54,17% declararam não possuir acesso a crédito em bancos e 45,83% declararam que possuem acesso a crédito e tem financiamento em algum banco, como por exemplo, o Banco do Nordeste ou Banco do Brasil, contraído para a melhoria de seu rebanho.

Figura 40 – Criação de bovinos na comunidade rural de Poço de Pedras



Fonte: acervo do próprio autor

Uma prática utilizada para manter o rebanho bovino em períodos de estiagem prolongados é chamada pelos produtores de “rifa”, que pode assumir a forma de bingo ou de leilão, em que apenas alguns vizinhos são convidados para que o animal seja comercializado por um preço justo, sem haver perda significativa de seu valor, permitindo que se conheça o destino do animal, que em geral tem valor sentimental muito maior do que comercial.

Em relação aos animais de pequeno porte como caprinos, ovinos e suínos a “rifa” assume a forma de bingo em que são comercializadas partes dos animais entre rodas de vizinhos que se reúnem para se confraternizar e ao mesmo tempo tentar superar as adversidades devido a variabilidade climática da região, a falta de planejamento em termos de limites populacionais dos rebanhos em função da área da propriedade rural e sua capacidade de suporte.

Em relação a caprinos e ovinos a grande maioria do rebanho não possui raça definida (SRD). Para os caprinos foram identificadas algumas raças como a Moxotó e a Anglo-Nubiano e associações com animais sem raça definida. Com relação aos ovinos as raças identificadas foram a Morada Nova, Santa Inês e associações destas raças com animais sem

raça definida. A Figura 41 mostram animais sem raça definida associadas a raça Santa Inês ou Morada Nova na comunidade rural de Poço das Pedras.

Figura 41 – Ovinos presentes na área de estudo



Fonte: acervo do próprio autor

4.2 Identificação das estratégias de conservação e/ou recuperação

Com base na discussão acima, pode-se afirmar que o tradicionalismo na produção agrícola e pecuária observado nas propriedades rurais é uma herança difícil de ser desvinculada do produtor rural de origem familiar e, sendo assim, as propostas alternativas de uso e ocupação do solo não tem uma aceitação consensual entre os membros das comunidades. Entretanto, reconhecem que a forma atual de utilização dos recursos naturais inviabiliza a pecuária e o cultivo agrícola em períodos de estiagem prolongada e concordaram em receber informações de como o planejamento e o manejo adequado de uso do solo em suas propriedades poderiam atender a legislação ambiental brasileira vigente e, ao mesmo tempo, realizar um melhor aproveitamento dos recursos naturais ainda disponíveis, podendo viabilizar suas atividades produtivas.

O total precipitado observado no ano de 2012, no município de São João do Cariri, PB, com 168,4 mm de precipitação anual acumulada, mostrou o retorno de um período prolongado de estiagem, da escassez de pastagem para os animais e da redução da atividade agropecuária devido à forte dependência climática da maioria dos produtores, o que não havia sido vivenciado no período de 2000 a 2011. Este fato facilitou o convencimento dos produtores de que se fazem necessárias alternativas para uma melhor convivência com as variações espaciais e temporais da precipitação, bem como da utilização de técnicas de

armazenamento e planejamento de uso do solo. Neste período os produtores que ainda mantêm a produção agrícola têm suas propriedades localizadas na parte sul da bacia, utilizando a água ainda disponível em aluviões ou de poços tubulares, com sistemas simples de bombeamento para uso em áreas irrigadas por gravidade ou aspersão em plantios de culturas tradicionais próximos a seção final da bacia Marias Pretas. No período de junho de 2012 a junho de 2013 este trecho foi utilizado por apenas dois dos vinte e sete proprietários rurais inseridos na área de estudo com a finalidade do cultivo de capim e milho.

A experiência vivenciada por alguns produtores rurais que recebem orientação técnica de organizações não governamentais e praticam o associativismo nas comunidades foi comentada durante os encontros com os grupos focais, tendo sido fundamental para a identificação e seleção das estratégias de conservação e/ou recuperação de áreas degradadas em nível de propriedade rural.

Entre as estratégias de conservação e/ou recuperação elencadas, como a introdução de técnicas aplicadas na educação ambiental, o estabelecimento de limites de utilização dos recursos naturais ainda disponíveis, a indicação da capacidade de suporte das propriedades rurais para a criação de bovinos, caprinos e ovinos, a utilização de rotação de áreas destinadas a pastagem, a recomposição de espécies vegetais nativas em áreas degradadas e a proteção de áreas sujeitas a processos erosivos, foram aceitas tanto nas reuniões com os grupos focais como identificadas no padrão de respostas do questionário semi-estruturado aplicado individualmente.

Este processo deu origem a quatro cenários de uso e ocupação do solo, sendo um deles o cenário atual (Figura 42). As alterações de uso e ocupação do solo, para todos os cenários, se deram por sub-bacias, levando-se em consideração as propriedades em que os agricultores indicavam a disposição ou não da utilização de práticas conservacionistas e de recuperação ambiental, as características da vegetação existente, sua sucessão natural e de reflorestamento.

As práticas conservacionistas de uso e ocupação do solo consideradas nos cenários alternativos, cenários 2 e 3, foram definidas sempre substituindo um tipo de uso e ocupação do solo com menor cobertura vegetal por um tipo de uso com maior cobertura vegetal e, sucessivamente, até a alteração dos usos com maior cobertura vegetal.

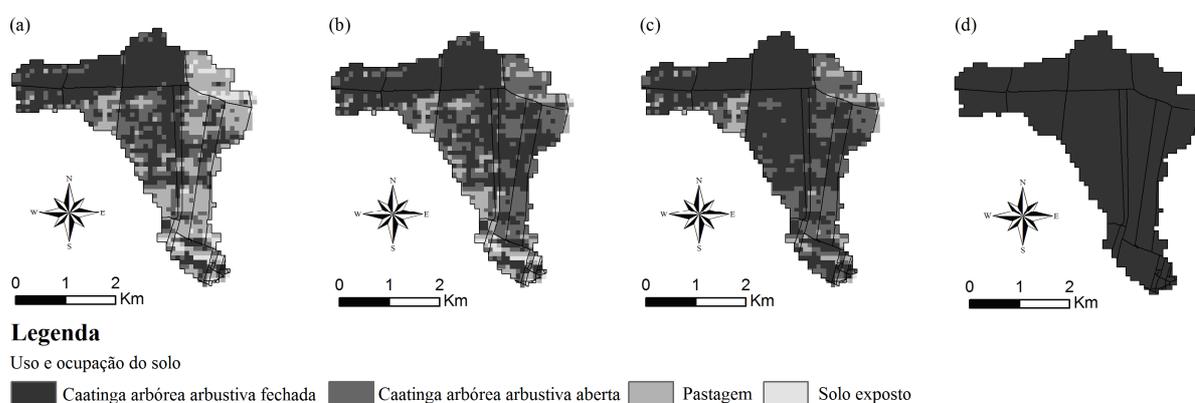
Estas alterações permitiram que as propriedades que possuíam sua área inserida total ou parcialmente na área de drenagem da bacia de Marias Pretas atendessem a exigência da legislação ambiental brasileira, com 20,0% de sua área como sendo de preservação permanente.

O cenário 2, primeiro cenário alternativo de uso e ocupação do solo, levou em conta apenas as áreas de quatro propriedades em que os produtores concordam que as alterações de uso do solo fossem implementadas com auxílio de assistência técnica e ajuda financeira de algum órgão governamental ou organização não governamental. As áreas das propriedades em que seus proprietários não aceitaram ou que permaneciam indecisos quanto à possibilidade de realização de alterações de uso e ocupação do solo não foram inseridas neste cenário para fins de simulação.

O cenário 3 incluiu as áreas das propriedades em que os agricultores estavam indecisos na utilização de práticas conservacionistas e de recuperação de pequenas bacias hidrográficas na região do semiárido, além das áreas já descritas no cenário 2.

O cenário 4 representa a opção de práticas conservacionistas em toda a área de estudo com a cobertura vegetal do tipo caatinga arbórea arbustiva fechada. A Figura 42 mostra os cenários simulados para a bacia hidrográfica de Marias Pretas.

Figura 42 – Cenários atual e alternativos de uso e ocupação do solo para a bacias de Marias Pretas: cenário 1 (a), cenário 2 (b), cenário 3 (c) e cenário 4 (d)



Fonte: do próprio autor

O SWAT foi parametrizado para simular os quatro cenários e as alterações de uso e ocupação do solo da seguinte forma:

- as características da vegetação típica da caatinga, predominante na região do semiárido brasileiro, foram inseridas na classificação da cobertura vegetal existente no banco de dados do modelo, com a alteração dos parâmetros conforme indicado na seção 3.2.3.2.
- as áreas que foram classificadas como sendo de solo exposto foram substituídas por pastagem, as áreas de pastagem foram substituídas por caatinga arbórea

arbustiva aberta, e as áreas de caatinga arbórea arbustiva aberta por caatinga arbórea arbustiva fechada.

- a substituição da cobertura vegetal por sub-bacia ocorreu levando-se em consideração a sucessão natural das espécies quando presentes na área de estudo e do reflorestamento quando necessário em áreas degradadas e de solo exposto no período simulado que teve duração de quinze anos.
- nos cenários 2 e 3 as áreas de caatinga arbórea arbustiva fechada foram destinadas a pastagem dos animais, comumente conhecida na região como “manga”, para garantir a permanência de animais de acordo com capacidade de suporte de cada propriedade rural e, na rotina de alteração de cobertura vegetal do modelo, as áreas de caatinga arbórea arbustiva fechada foram substituídas por caatinga arbórea arbustiva aberta.
- no cenário 4, o ideal em termos ambientais, mas não aceito pela maioria dos produtores rurais, toda a área da bacia foi considerada como sendo coberta por caatinga arbórea arbustiva fechada.

4.3 Avaliação dos impactos das estratégias de conservação e/ou recuperação

Os resultados obtidos refletirão os processos representados pelo modelo e não necessariamente a resposta hidrossedimentológica real da bacia à série de precipitação e também as limitações em sua parametrização, visto que não existem dados observados para a realização da calibração dos parâmetros na bacia escolhida para a estimativa anual da lâmina escoada e da produção de sedimentos. Por outro lado, produzem importante informação para o planejamento ambiental em pequenas bacias do semiárido, que deve ser analisada em termos relativos e avaliando a consistência com as características geomorfológicas e de uso do solo.

A utilização de imagens de satélite no período da simulação permitiu a identificação das áreas com maior degradação ambiental e serviu como informação básica para perceber a forma atual de utilização dos recursos naturais nas propriedades rurais e auxiliar no processo de tomada de decisão para a escolha das estratégias de conservação de pequenas bacias hidrográficas na região do semiárido.

A participação das comunidades rurais e de seus diversos atores sociais na escolha dos possíveis cenários alternativos de uso e ocupação do solo torna-se uma das mais importantes ações para a implementação de um plano de monitoramento, conservação e/ou recuperação ambiental de pequenas bacias hidrográficas do semiárido.

As simulações realizadas por meio do SWAT mostram, para cada cenário, a distribuição espacial da produção anual de sedimentos e da vazão em lâmina ao longo da bacia e a influência das medidas de conservação. Também indicam como pode ser relevante a decisão de adotar uma estratégia de conservação e o papel da variabilidade climática sobre a produção de erosão e sedimentos. Facilmente pode ser verificado que as estratégias de conservação de uso e ocupação do solo podem melhorar consideravelmente a proteção do solo, sem reduzir significativamente o escoamento superficial, um fator muito importante para a captação de água em reservatórios de acumulação, como por exemplo, os pequenos reservatórios superficiais presentes em grande quantidade na região do semiárido.

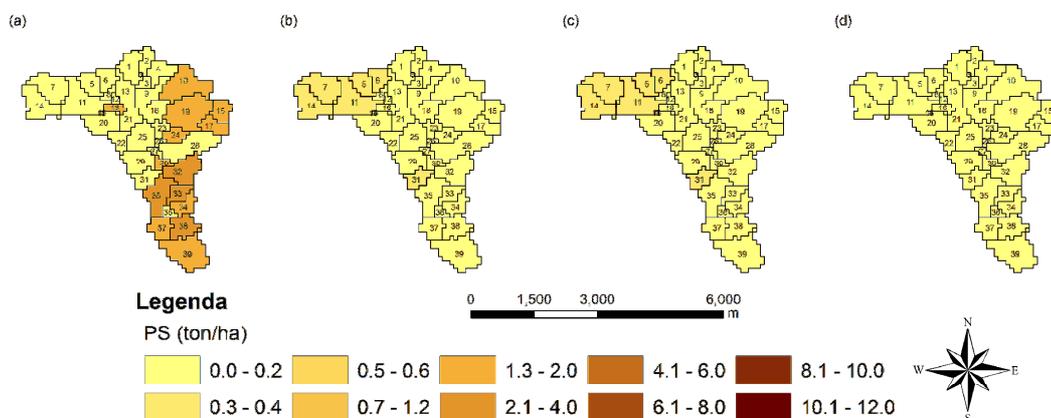
A série pluviométrica utilizada para realização das simulações apresenta nove anos com totais anuais precipitados que superam a média histórica de precipitação da região em que a bacia de Marias Pretas está localizada, que é de aproximadamente 400,0 mm. Três anos da série pluviométrica utilizada nas simulações apresentam totais anuais abaixo da média histórica, 1998, 1999 e 2001, não sendo observado na área da bacia escoamento superficial nem produção de sedimentos devido à escassez hídrica. Os anos de 2003, 2007 e 2012 apresentaram totais anuais precipitados abaixo da média histórica, mas eventos diários de precipitação de grande magnitude, com elevadas intensidades de precipitação, que resultaram em alguns eventos que produziram lâmina escoada e produção de sedimentos por erosão na área da bacia.

A preferência dos produtores rurais pelos cenários 2 e 3 ocorre devido a proposição de utilização das áreas cobertas por vegetação nativa da caatinga, do tipo arbórea arbustiva fechada, por animais de pequeno porte, caprinos e ovinos, e a recomposição de áreas com a presença de solo exposto por áreas de pastagem e as áreas de pastagem por áreas cobertas por vegetação do tipo caatinga arbórea arbustiva aberta, para manter a sustentabilidade na área da propriedade. Estes cenários foram avaliados como os de maior aceitabilidade social.

Os limites de tolerância de perda de solo para solos rasos e de baixa permeabilidade, como o encontrado na área da bacia, o Luvisolo Crômico Órtico Típico, indicados na seção 2.3.5, foram considerados para a escolha das faixas de representação da estimativa da produção de sedimentos por sub-bacia.

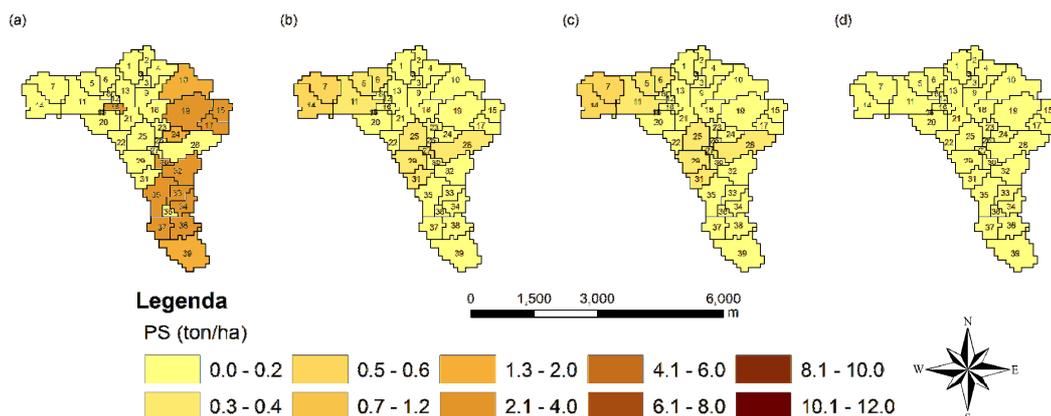
As Figuras 43 a 47 mostram os resultados da distribuição espacial por sub-bacia, considerando os quatro cenários simulados, da estimativa da produção de sedimentos para cinco anos úmidos da série pluviométrica considerada, 2000, 2002, 2004, 2008 e 2011, que apresentaram totais anuais precipitados superando de 1,6 a 3,2 vezes a média histórica de precipitação da área de estudo.

Figura 43 – Estimativa da produção de sedimentos na Bacia Marias Pretas no ano de 2000 para os quatro cenários simulados: cenário 1 (a), cenário 2 (b), cenário 3 (c) e cenário 4 (d)



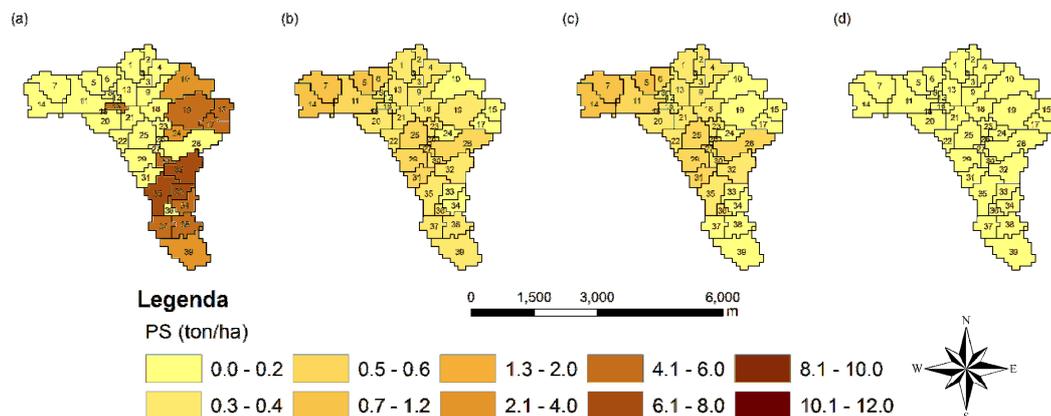
Fonte: do próprio autor

Figura 44 – Estimativa da produção de sedimentos na Bacia Marias Pretas no ano de 2002 para os quatro cenários simulados: cenário 1 (a), cenário 2 (b), cenário 3 (c) e cenário 4 (d)



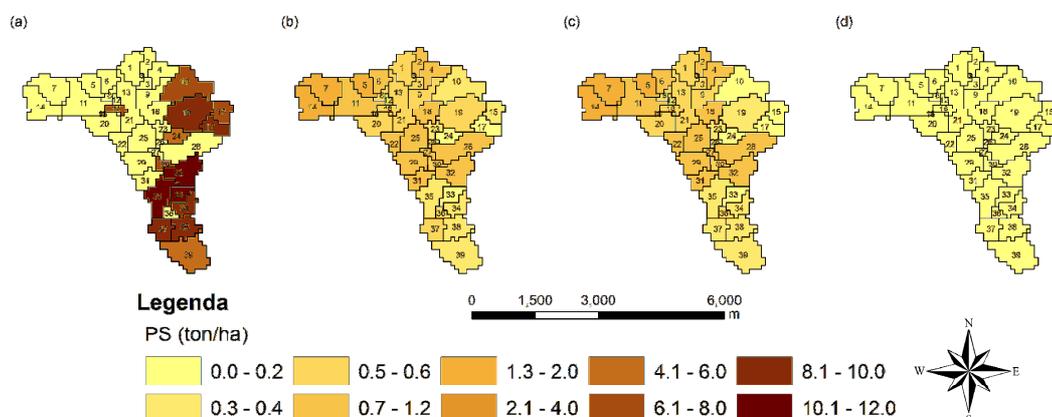
Fonte: do próprio autor

Figura 45 – Estimativa da produção de sedimentos na Bacia Marias Pretas no ano de 2004 para os quatro cenários simulados: Cenário 1 (a), Cenário 2 (b), Cenário 3 (c) e Cenário 4 (d)



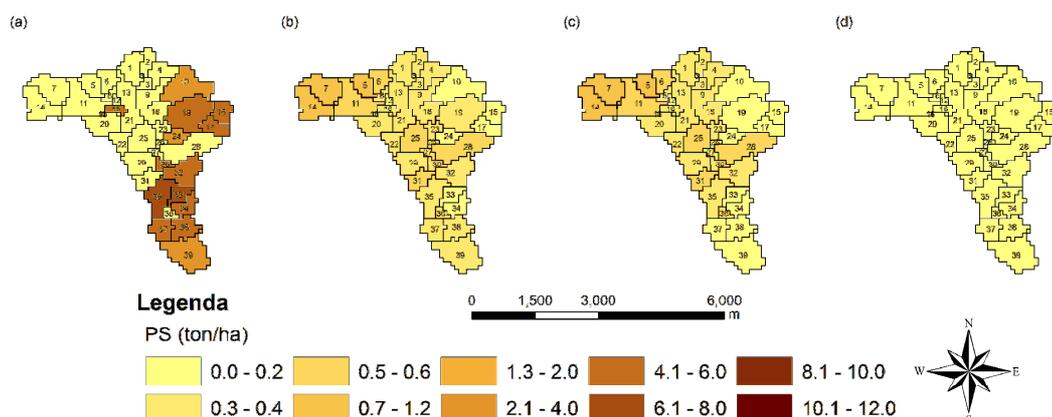
Fonte: do próprio autor

Figura 46 – Estimativa da produção de sedimentos na Bacia Marias Pretas no ano de 2008 para os quatro cenários simulados: cenário 1 (a), cenário 2 (b), cenário 3 (c) e cenário 4 (d)



Fonte: do próprio autor

Figura 47 – Estimativa da produção de sedimentos na Bacia Marias Pretas no ano de 2011 para os quatro cenários simulados: cenário 1 (a), cenário 2 (b), cenário 3 (c) e cenário 4 (d)



Fonte: do próprio autor

A estimativa anual da lâmina escoada e da produção de sedimentos obtida por meio das simulações usando o SWAT apresentou uma grande variação associada aos valores dos totais anuais precipitados. A ausência de relação direta entre os totais anuais de chuva e a produção anual de sedimentos evidencia a influência da distribuição temporal da precipitação diária na estimativa da perda de solo por erosão.

A Tabela 4 apresenta os valores estimados anuais de lâmina escoada e da produção de sedimentos para o período simulado, 1998 a 2012, considerando os quatro cenários de uso e ocupação do solo.

Tabela 4 – Lâmina escoada (Q) e produção anual de sedimentos (PS)

Ano	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
P (mm)	124,9	186,4	887,7	398,5	641,8	326,2	745,8	702,5	417,2	361,4	789,6	729,7	751,1	1301,6	206,7	
Cenário 1	Q (mm)	0,00	0,00	21,74	0,00	27,25	8,38	70,48	22,39	24,47	8,65	129,78	9,15	42,24	229,27	1,04
	PS (ton.ha ⁻¹)	0,00	0,00	0,76	0,00	1,05	0,09	2,08	0,12	0,07	0,37	3,42	0,03	0,12	2,03	0,02
Cenário 2	Q (mm)	0,00	0,00	20,39	0,00	23,36	8,38	56,01	19,3	24,44	8,65	122,15	4,68	41,52	208,17	1,01
	PS (ton.ha ⁻¹)	0,00	0,00	0,14	0,00	0,19	0,02	0,37	0,02	0,01	0,07	0,65	0,01	0,02	0,35	0,00
Cenário 3	Q (mm)	0,00	0,00	20,42	0,00	23,48	8,38	56,62	19,43	24,44	8,65	122,33	4,77	41,53	208,95	1,01
	PS (ton.ha ⁻¹)	0,00	0,00	0,13	0,00	0,18	0,02	0,35	0,02	0,01	0,06	0,62	0,01	0,02	0,33	0,00
Cenário 4	Q (mm)	0,00	0,00	23,24	0,00	31,77	8,38	87,49	25,96	24,5	8,66	138,25	14,19	43,07	252,59	1,06
	PS (ton.ha ⁻¹)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00

Fonte: do próprio autor

Os valores estimados da produção anual de sedimentos por meio das simulações para os quatro cenários de uso e ocupação do solo para a bacia Marias Pretas (11,17 km²) não ultrapassam o limite superior de tolerância de perda de solo indicado pela FAO (1965), que varia de 2,0 a 4,0 ton.ha⁻¹.ano⁻¹, sendo considerados como aceitáveis para solos rasos e de baixa permeabilidade. Entre os limites de tolerância de perda de solo estabelecidos em nível mundial, os estabelecidos por meio da FAO (1965), apresentam a menor faixa de valores considerados como aceitáveis. Esta bacia apresenta pequena área ocupada por solo exposto e maior área ocupada pelas classes arbórea arbustiva fechada, arbórea arbustiva aberta e de pastagem. O trecho da bacia com maior área de solo exposto está presente na região próxima a sua seção final, utilizada em anos chuvosos para o cultivo agrícola.

Os valores da produção anual de sedimentos em algumas sub-bacias ultrapassa os limites de tolerância de perda de solo estabelecidos para solos rasos e de baixa permeabilidade pela FAO (1965) e Oliveira *et al.* (2008), conforme os resultados apresentados por meio simulações, sendo estas áreas preferencialmente selecionadas para a utilização de técnicas de conservação do solo, redução da quantidade de animais por unidade de área, destinação de parte de sua área para a sucessão natural da vegetação e isolamento da área destinada a preservação permanente para atendimento a legislação ambiental brasileira vigente.

O cenário atual de uso e ocupação do solo, Cenário 1, apresentou para o ano de 2008 valores da estimativa da produção anual de sedimentos nas sub-bacias 15, 16, 17, 19, 30, 32, 33, 34, 35, 37 e 38 superando em até 2,72 vezes o limite superior de tolerância da perda de

solo estabelecido por meio da FAO (1965) e em até 1,73 vezes o limite de tolerância de perda de solo estabelecido por Oliveira *et al.* (2008). Para o Luvisolo Crômico Órtico Típico, parece não ser adequado a utilização do limite superior de tolerância de perda de solo indicado por Hudson (1995) e Wischmeier e Smith (1978) para solos rasos e de baixa permeabilidade nos Estados Unidos, 11,2 ton.ha⁻¹.ano⁻¹ e 11,5 ton.ha⁻¹.ano⁻¹, respectivamente, que estão muito próximos dos limites de tolerância de perda de solo estabelecidos pela FAO (1965) para solos profundos e bem drenados (12,0 ton.ha⁻¹.ano⁻¹). As sub-bacias indicadas possuem a maior parte de sua área coberta por pastagem e solo exposto, mostrando assim, o papel da cobertura vegetal sobre a produção de sedimentos e a produção de água.

As Tabelas 5 e 6 apresentam os resultados da variação anual da vazão em lâmina (mm) e da produção anual de sedimentos (ton.ha⁻¹) quando comparados os cenários alternativos de uso e ocupação do solo em relação ao cenário atual.

Tabela 5 – Variação da lâmina escoada considerando os cenários alternativos de uso e ocupação do solo (C2 – C4) em relação ao cenário atual (C1)

Ano	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
<i>P</i> (mm)	124,9	186,4	887,7	398,5	641,8	326,2	745,8	702,5	417,2	361,4	789,6	729,7	751,1	1301,6	206,7
ΔQ (C2/C1)	0,0	0,0	-6,2	0,0	-14,3	0,0	-20,5	-13,8	-0,1	0,0	-5,9	-48,9	-1,7	-9,2	-2,9
ΔQ (C3/C1)	0,0	0,0	-6,1	0,0	-13,8	0,0	-19,7	-13,2	-0,1	0,0	-5,7	-47,9	-1,7	-8,9	-2,9
ΔQ (C4/C1)	0,0	0,0	6,9	0,0	16,6	0,0	24,1	15,9	0,1	0,1	6,5	55,1	2,0	10,2	1,9

Fonte: do próprio autor

Tabela 6 – Variação da produção de sedimentos considerando os cenários alternativos de uso e ocupação do solo (C2 – C4) em relação ao cenário atual (C1)

Ano	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
<i>P</i> (mm)	124,9	186,4	887,7	398,5	641,8	326,2	745,8	702,5	417,2	361,4	789,6	729,7	751,1	1301,6	206,7
ΔSed (C2/C1)	0,0	0,0	-81,6	0,0	-81,9	-77,8	-82,2	-83,3	-85,7	-81,1	-81,0	-66,7	-83,3	-82,8	-100,0
ΔSed (C3/C1)	0,0	0,0	-82,9	0,0	-82,9	-77,8	-83,2	-83,3	-85,7	-83,8	-81,9	-66,7	-83,3	-83,7	-100,0
ΔSed (C4/C1)	0,0	0,0	-100,0	0,0	-100,0	-100,0	-100,0	-100,0	-100,0	-100,0	-99,7	-100,0	-100,0	-99,5	-100,0

Fonte: do próprio autor

A lâmina escoada anual apresentou uma variação de – 48,9% a + 55,1% e a produção anual de sedimentos de – 100,0% a – 66,7% quando comparados os três cenários alternativos de uso do solo com o cenário atual. De acordo com os cenários alternativos propostos de uso e ocupação do solo as áreas que possuem maior quantidade de vegetação do tipo arbórea arbustiva fechada devem ser utilizadas preferencialmente para suporte alimentar dos animais e as áreas de solo exposto, de pastagem e arbórea arbustiva aberta sendo recompostas naturalmente, com pousio variável de acordo com a variabilidade climática da região, podendo este período perdurar por até cinco anos. Com estas alterações os Cenários 2 e 3 apresentaram uma pequena redução da vazão em lâmina mas uma redução significativa da

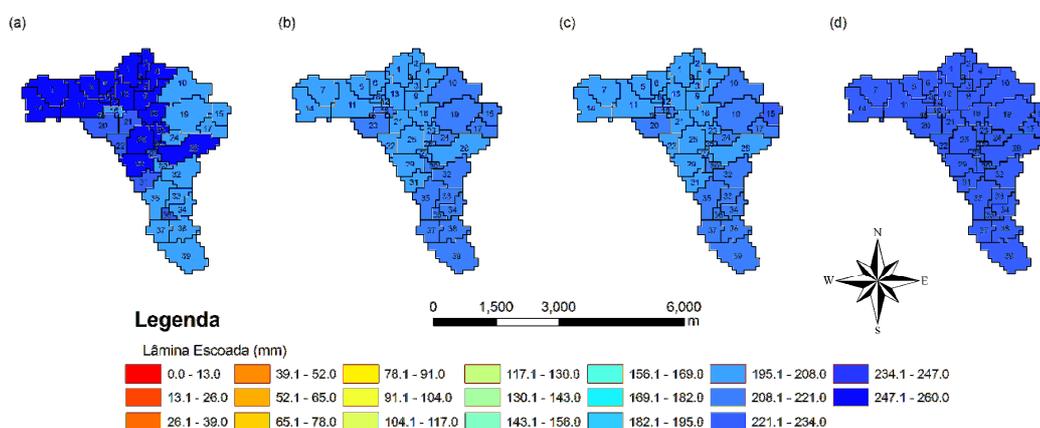
produção de sedimentos, conforme indicado nas tabelas 5 e 6. O Cenário 4 apresenta a maior redução da produção anual de sedimentos e aumento da produção de água, em termos de sua lâmina escoada, mas não foi aceito pelos produtores como possível de realização na prática.

Uma redução ainda maior da produção de sedimentos e o aumento da vazão em lâmina anual poderiam ser observados se aspectos sociais como o compartilhamento de áreas das propriedades fosse realizado como na África (CATLEY *et al.*, 2012), em que áreas das propriedades são destinadas ao pousio e a recomposição natural da vegetação nativa, apoiadas por associações pastoris locais, que promovem uma rotatividade da população dos animais entre os produtores.

A destinação de 20,0% das áreas das pequenas propriedades rurais como sendo de preservação permanente e a recomposição natural da vegetação nas áreas que apresentam classificação do solo como exposto e de pastagens, promovidos por meio de rotatividade e da retirada dos animais nas áreas com maior degradação ambiental, inserindo-os nas áreas de vegetação nativa, podem promover, de acordo com as simulações, uma redução de até 100,0% da produção de sedimentos e um aumento de até 55,1% da lâmina escoada, quando comparados os cenários alternativos de uso e ocupação do solo (C2 – C4) em relação ao cenário atual (C1).

A Figura 48 apresenta a distribuição espacial da lâmina escoada por sub-bacia para o ano de 2011, um dos mais chuvosos da série analisada. Os valores obtidos por meio das simulações indicam uma pequena redução da lâmina escoada estimada nos cenários 2 (– 9,2%) e 3 (– 8,9%) em relação ao cenário 1, mas um aumento de 10,2% do volume de água produzido no Cenário 4 em relação ao Cenário 1.

Figura 48 – Estimativa da lâmina escoada (mm) na Bacia Marias Pretas no ano de 2011 para os quatro cenários simulados: cenário 1 (a), cenário 2 (b), cenário 3 (c) e cenário 4 (d)



Fonte: do próprio autor

Os limites de tolerância de perda de solo em nível mundial são atendidos em todos os cenários alternativos de uso e ocupação do solo por sub-bacia na área de estudo. A redução da produção de sedimentos entre os cenários 2 e 3 é muito pequena e não há certeza de que os proprietários rurais realizarão as alterações necessárias para a obtenção dos resultados desejados por meio das alterações sugeridas no cenário 3, pois estão indecisos sobre a possibilidade de utilização de práticas conservacionistas na área das propriedades (Tabela 5).

As Figuras 49 a 55 mostram a estimativa anual da produção de sedimentos para os demais anos do período simulado (Apêndice C). As Figuras 56 a 66 apresentam a distribuição espacial na área da bacia da lâmina escoada no período analisado (Apêndice D).

Os valores mensais estimados para a produção de sedimentos indicaram variação para valores precipitados de mesma magnitude com forte dependência da condição de umidade antecedente do solo e da declividade da bacia. Os valores extremos da estimativa da produção de sedimentos gerados por meio das simulações para o cenário atual de uso e ocupação do solo, Cenário 1, indicam a dependência de totais precipitados diários elevados ou de uma seqüência de dias chuvosos que interferem diretamente na condição antecedente da umidade do solo para a geração do escoamento e na produção de sedimentos. Exemplos para estes fatos ocorrem nos meses de fevereiro de 2000 e outubro de 2010, junho de 2006 e janeiro de 2011, fevereiro de 2007 e abril de 2011. Os meses de março e abril de 2000 apresentam respectivamente totais mensais precipitados iguais a 146,4 mm e 145,5 mm e estimativa da produção de sedimentos no mês de abril que é igual a 5,0 vezes maior que a do mês de março deste mesmo ano.

Comparando-se os anos de 2000 e 2010 verifica-se que a estimativa da produção de sedimentos em outubro de 2010 é 50,0 vezes maior do que a estimativa no mês de fevereiro de 2000, para totais precipitados mensais que tem apenas 5,8 mm de diferença. Os meses de junho de 2006, janeiro e março de 2011 apresentam totais mensais de mesma magnitude, 188,4 mm, 190,1 e 182,9 mm, respectivamente, mas uma estimativa da produção de sedimentos variando de 10,67 a 13,67 vezes a quando comparamos os meses de janeiro e março de 2011 com o mês de junho de 2006.

Analisando os dados diários de precipitação destes meses podemos observa-se que a distribuição temporal da precipitação nos meses supracitados é bastante irregular. O mês de janeiro de 2011 apresentou cinco dias em seqüência com precipitações variando de 18,3 mm a 51,0 mm, correspondendo a 94,79% do total precipitado do mês. No mês de março de 2011 apenas três chuvas representaram um total de 91,19% do total precipitado mensal, com volume precipitado de 55,7, 81,0 e 25,0 mm sem a observância da seqüência de dias

chuvosos. O mês de abril de 2009 apresentou doze dias com chuva e totais diários variando de 0,8 mm a 43,0 mm, com apenas cinco dias com chuvas acima de 20,0 mm, com interstício entre as precipitações de pelo menos cinco dias. O mês de maio de 2009 apresentou treze dias com chuva sendo que apenas em três eventos a precipitação superou o total diário de 20,0 mm, com totais acumulados diários de 22,0 mm, 53,1 mm e 33,2 mm e interstício de pelo menos seis dias entre estes eventos.

A Tabela 7 (a) indica os valores da estimativa da produção de sedimentos e sua relação com os totais mensais precipitados para os anos de 2000 e 2010 e a Tabela 7 (b) mostra a comparação entre os valores da produção de sedimentos e a sua relação com a precipitação para os anos de 2006 e 2011.

Tabela 7 – Totais mensais de precipitação e da estimativa da produção de sedimentos

(a)					(b)				
Ano	2000		2010		Ano	2006		2011	
Mês	Chuva (mm)	PS (ton.ha ⁻¹)	Chuva (mm)	PS (ton.ha ⁻¹)	Mês	Chuva (mm)	PS (ton.ha ⁻¹)	Chuva (mm)	PS (ton.ha ⁻¹)
1	172,1	0,20	107,8	0,09	1	0,0	0,00	190,1	0,41
2	157,8	0,50	51,3	0,00	2	64,4	0,04	247,8	0,83
3	146,4	0,01	71,9	0,00	3	47,5	0,00	182,9	0,32
4	145,5	0,05	71,5	0,00	4	67,2	0,00	121,8	0,03
5	50,8	0,00	107,4	0,02	5	28,2	0,00	409,6	0,44
6	37,0	0,00	115,8	0,00	6	188,4	0,03	33,3	0,00
7	58,8	0,00	12,3	0,00	7	9,4	0,00	79,9	0,00
8	42,8	0,00	8,0	0,00	8	4,2	0,00	25,1	0,00
9	20,9	0,00	17,2	0,00	9	0,6	0,00	0,0	0,00
10	3,9	0,00	152,0	0,01	10	3,4	0,00	0,0	0,00
11	1,7	0,00	0,0	0,00	11	3,6	0,00	11,1	0,00
12	50,0	0,00	35,9	0,00	12	0,3	0,00	0,0	0,00
Total	887,7	0,76	751,1	0,12	Total	417,2	0,07	1301,6	31,66

Fonte: do próprio autor

Uma menor variação ocorre quando comparamos os meses de março e abril de 2008 e o mês de janeiro de 2004, que possuem totais mensais precipitados iguais a 279,2 mm, 271,5 mm e 268,5 mm, mas uma estimativa da produção de sedimentos variando de 1,55 a 2,62 vezes a estimativa de janeiro de 2004. A Tabela 8 mostra os valores da estimativa da produção de sedimentos e sua relação com os totais mensais precipitados para os anos de 2004 e 2008.

O mesmo comportamento foi observado nos meses de março de 2005, fevereiro de 2007, maio de 2008 e outubro de 2010, com totais precipitados variando entre 139,3 mm e 152,0 mm. Uma grande variação da estimativa da produção de sedimentos também foi

verificada nos meses de janeiro de 2004, março e abril de 2008, fevereiro de 2011, que observaram totais precipitados variando entre 247,8 mm e 279,2 mm.

Tabela 8 – Totais mensais de precipitação e da estimativa da produção de sedimentos

Ano	2004		2008	
	Chuva (mm)	PS (ton.ha ⁻¹)	Chuva (mm)	PS (ton.ha ⁻¹)
1	268,5	0,82	16,9	0,00
2	170,8	1,23	5,1	0,00
3	77,3	0,03	279,2	1,27
4	15,7	0,00	271,5	2,15
5	40,8	0,00	126,5	0,00
6	54,9	0,00	40,3	0,00
7	100,9	0,00	33,7	0,00
8	9,5	0,00	8,6	0,00
9	6,3	0,00	2,1	0,00
10	0,0	0,00	0,8	0,00
11	0,3	0,00	0,0	0,00
12	0,8	0,00	4,9	0,00
Total	745,8	2,08	789,6	3,42

Fonte: do próprio autor

O cenário que apresenta a maior possibilidade de implantação na prática é o cenário 2, pois há concordância de apenas quatro proprietários rurais para utilização de alterações de uso e ocupação do solo com práticas conservacionistas. Este fato proporcionou uma redução significativa da produção anual de sedimentos por sub-bacia, com uma variação de – 100,0% a – 66,7%, quando comparado ao cenário 1. As áreas destas propriedades cobrem o trecho da bacia com maior degradação ambiental e menor disponibilidade de recursos naturais, o que aumenta o risco das atividades agrícola e pecuária.

Os valores extremos da variação da lâmina escoada anual foram observados no ano de 2009, quando comparados os cenários alternativos (C2 – C4) com o cenário atual, o cenário 1, muito mais associado à intensidade da precipitação ocorrida na área da bacia e de sua distribuição espacial e temporal. Nos demais anos da série simulada os valores de redução da produção de água para os cenários 2 e 3 variaram de – 20,5% a – 0,1% quando comparados ao cenário de referência, o cenário 1. O aumento da produção de água foi observado para o Cenário 4, com variação de + 0,1% a + 55,1%, em relação ao Cenário 1 (Tabela 5).

CAPÍTULO V

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1 Conclusões

As principais conclusões desta investigação sobre as estratégias de conservação de bacias, considerando os fatores hidrológicos e sociais, são:

- a metodologia proposta permitiu incorporar em um mesmo arcabouço o ferramental de simulação ambiental, o ferramental de diagnóstico social, econômico, cultural e do sistema produtivo, e a participação dos interessados no processo de tomada de decisão para o estabelecimento das estratégias conservacionistas de uso e ocupação do solo;
- o processo de tomada de decisão para a seleção de estratégias de conservação de pequenas bacias hidrográficas no semiárido pode ser auxiliado por meio da modelagem hidrológica e do sensoriamento remoto, principalmente no que se refere à sensibilização dos produtores rurais para a utilização de práticas de conservação do solo;
- a participação dos membros das comunidades rurais permitiu a recomendação do tipo de desenvolvimento que deve ser buscado por meio da escolha de estratégias de maior viabilidade social, econômica e ambiental em função de um modelo conservacionista de uso e ocupação do solo;
- o envolvimento da comunidade, nas discussões e negociações, ajuda a incorporar, na análise dos conflitos de uso da água, aspectos sociais e ambientais;
- uma vantagem da metodologia proposta é que, através de uma lista de indicadores socioeconômicos e ambientais, a comunidade pode participar ativamente da pesquisa de campo, tornando-se parte integrante do gerenciamento dos recursos naturais;
- o modelo de simulação SWAT representou bem as diferenças entre as estratégias de conservação e recuperação da bacia;
- as simulações mostram claramente que o fator principal influente na produção de sedimentos é a distribuição temporal dos eventos diários de chuva com forte dependência da condição de umidade antecedente; em seguida, a declividade e

a fração de solo exposto são fatores importantes no processo de degradação dos solos. As medidas, estruturais e não estruturais, de conservação ambiental dessas bacias devem ser planejadas para mitigar a influência desses fatores.

5.2 Recomendações

Como base na metodologia proposta é recomendado para pesquisas futuras que:

- possam ser utilizadas imagens de satélite de melhor resolução que permitam uma classificação de uso e ocupação do solo mais adequada;
- sejam identificados uma maior quantidade de parâmetros da cobertura vegetal que representem melhor a caatinga em seus diferentes estágios de crescimento e densidade;
- seja ampliado o banco de dados de tipos de solos para os estados brasileiros;

REFERÊNCIAS

- ABÍLIO, F. J. P.; FILHO, N. M.; RUFFO, T. L. M.; PEQUENO, O. H. C.; GRANJEIRO, Z. T.; ARAÚJO, F. T.; ALCÂNTARA, H. M.; RAMOS, M. S. M. P.; RAMOS, M. S. C.; ARAÚJO, J. F.; CHARARA, F. M. N.; ARAÚJO, P. J. Cariri paraibano: história, arqueologia e cultura. In: ABÍLIO, F. J. P. **Educação ambiental: formação continuada de professores no bioma caatinga**. João Pessoa: Editora da UFPB, p. 43-77, 2010. 208p.
- ABREU, J. C. de. **Capítulos de História Colonial (1500-1800)**. 7. ed. São Paulo: EdUSP, 1988.
- ABRAMOVAY, R. **O futuro das regiões rurais**. Porto Alegre: Ed. UFRGS, 2003.
- ALENCAR, E.; GOMES, M. A. O. **Ecoturismo e planejamento social**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 103 p.
- ALENCAR, M. L. S. de. Os sistemas hídricos, o bioma caatinga e o social na bacia do rio sucuru: riscos e vulnerabilidades. 2008. 157 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Campina Grande, PB.
- ALENCAR, M. L. S. de. El Niño de 1997/1998: sistemas hídricos, degradação ambiental e vulnerabilidades socioeconômica no Cariri Paraibano. 2004. 170 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciência e Tecnologia, Campina Grande, PB.
- ALMEIDA, E. de. **História de Campina Grande**. Campina Grande: Livraria Pedrosa, 1962, 424p.
- ALMEIDA, R. T. de. A arte rupestre nos Cariris Velhos. João Pessoa, Editora Universitária da UFPB, 1997; In: CABRAL, E. M. (Org.): **Os Cariris Velhos da Paraíba**. João Pessoa: Editora Universitária da UFPB/ A União Editora, 1997.
- ALLAN, J. D. **Stream Ecology**. New York: Chapman & Hall, 1995.
- ALVES, H. M. R.; ALVARENGA, M. I. N.; LACERDA, M. P. C.; VIEIRA, T. G. C. Avaliação das terras e sua importância para o planejamento racional do uso. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, v. 24, n. 220, p. 82-93. 2003.
- AMORE, E.; MODICA, C.; NEARING, M. A.; SANTORO, V. C. Scale effect in USLE and WEPP: application for soil erosion computation from three Sicilian basins. **Journal of Hydrology**, v. 293, p. 100-114, 2004.
- ANDRADE, A. P. de; SOUZA, E. S. de; SILVA D. S. da; SILVA, I. de F. da; LIMA, J. R. S. Produção animal no bioma caatinga: paradigmas dos “pulsos-reservas”. In: SIMPÓSIO DA 43ª REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 2006, João Pessoa. Anais... João Pessoa: SBZ, 2006. CD-ROM.
- ANDRADE, M. C. de. **A terra e o homem do Nordeste: contribuição ao estudo da questão agrária no Nordeste**. 6. ed. São Paulo: Editora Atlas, 1986.
- ARAÚJO FILHO, J. A. de; CRISPIM, S. M. A. Pastoreio combinado de bovinos, caprinos e ovinos em áreas de caatinga no nordeste do Brasil. In: I Conferência Virtual Global sobre Produção Orgânica de Bovinos de Corte, 2002, Concórdia. Anais ... Concórdia: CVPOBC, 2002.

- ARAÚJO, K. D. Variabilidade temporal das condições climáticas sobre as perdas de CO₂ na encosta do açude Namorados, em São João do Cariri-PB. 2005. 101 f. Dissertação (Mestrado em Manejo e Conservação do Solo e Água), Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB.
- ARAÚJO, K. D.; DANTAS, R. T.; ANDRADE, A. P. de; PARENTE, H. N.; BARROS, M. J. V. Aspectos socioeconômicos dos proprietários rurais do município de São João do Cariri, PB. **Revista Geoambiente**. Jataí, GO, n.14, 2010.
- ARNOLD, J. G.; SRINIVASAN, R.; MUTTIAH, R. S.; WILLIAMS, J. R. Large area hydrologic modeling and assessment part I: model development. **Journal of the American water Resources Association**, v. 34, n.1, p.73- 89, 1998.
- BABBIE, E. **Métodos de pesquisa de survey**. Belo Horizonte: Editora da UFMG, 2005.
- BALDISSERA, G. C. Aplicabilidade do modelo de simulação hidrológica SWAT (Soil and Water Assessment Tool), para a bacia hidrográfica do Rio Cuiabá, MT. 2005. 144f. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Mato Grosso, Instituto de Ciências Exatas e da Terra. Mato Grosso, MT.
- BALTOKOSKI, V.; TAVARES, M. H. F.; MACHADO, R. E.; OLIVEIRA, M. P. Calibração de modelo para a simulação de vazão e de fósforo total nas sub-bacias dos rios Conrado e Pinheiros – Pato Branco (PR). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34: p. 253-261, 2010.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. Piracicaba: Livroceres, 1999. 392p.
- BERTOSSI, A. P. A.; CECÍLIO, R. A.; NEVES, M. A.; GARCIA, G. O. Qualidade da água em microbacias hidrográficas com diferentes coberturas do solo no Sul do Espírito Santo. **Revista Árvore**, Viçosa - MG, v. 37, n. 1, p. 107-117, 2013.
- BINGNER, R. L.; THEURER, F. D. AGNPS 98: a suite of water quality models for watershed use. In: 7th Federal Interagency Sedimentation Conference, Reno, NV, p. VII-1/VII-8, 2001.
- BOSCH, J. M.; HEWLETT, J. A. A review of catchment experiments to determine to effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration. **Journal of Hydrology**, v.55, p. 3-23, 1982.
- BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Ministério do Meio Ambiente. Ministério da Ciência e Tecnologia. Portaria Interministerial nº 1. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 2005.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Agrário. Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA). Projetos implantados: geral. [2000_a]. Disponível em: <http://www.incra.gov.br/arquivos/projetos_criados2.jpg>. Acesso em: 18/01/2009.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Agrário. Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA). Diretoria de desenvolvimento de projetos de assentamentos. [2000_b]. Disponível em: <<http://www.incra.gov.br/>>. Acesso em: 10/01/2009.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Agrário. Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA). Projetos de reforma agrária conforme fases de implementação. 2007. Disponível em: <<http://www.incra.gov.br/arquivos/0277102527.pdf>>. Acesso em: 18/01/2009.
- BRIGHT, C. **Estado do Mundo: a impossível revolução ambiental está acontecendo**. Salvador: Editora Uma, 2003. 296p.

- BRITO, J. F. **Pedaços da história de São João do Cariri**. João Pessoa: A União, 1989.
- CABRAL, E. M. **Os Cariris Velhos da Paraíba**. João Pessoa: Editora Universitária da UFPB/ A União Editora, 1997.
- CADIER, E.; FREITAS, B. J. de. **Bacia Representativa de Sumé; primeira estimativa dos recursos de água**. Recife: SUDENE, 1982, 195p.
- CADIER, E.; FREITAS, B. J. de.; LEPRUN, J. C. Bacia Experimental de Sumé, PB: Instalação e primeiros resultados. In: Anais do V Simpósio Brasileiro de Hidrologia e Recursos Hídricos, Blumenau: ABRH. v. 1, p. 69-90, 1983.
- CALDER, I. R.; REID, I.; NISBET, T. R.; GREEN, J. C. Impact of lowland forests in England on water resources: application of hydrological Land Use Change (HYLUC) model. **Water Resources Research**, v. 39, n. 11, 1319, doi:10.1029/2003WR002042, 2003.
- CANIELLO, M. M.; DUQUÉ, G. Agrovila ou casa no lote. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 37, n. 4, 2006.
- CARVALHO NETO, J. G. de. Simulação hidrossedimentológica da bacia do riacho dos Namorados com o modelo SWAT. 2011. 216 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Campina Grande, PB.
- CASTRO, M. L.; CANHEDO JR., S. G. Educação ambiental como instrumento de participação. In: PHILLIP Jr., A.; PELICIONI, M. C. F. (Org.) **Educação ambiental e sustentabilidade**. Barueri: Manole, p. 401-411, 2007.
- CATLEY, A.; LIND, J.; SCOONES, I. Development at the margins: pastoralism in the Horn of África. In: CATLEY, A; LIND, J.; SCOONES, I. (Eds.) **Pastoralism and Development in Africa: Dynamic Change at the Margins**. Routledge, New York, 2012.
- CEDRAS, M. Gestão de recursos hídricos em regiões semiáridas. In: XVII Seminário Internacional CYTED, 2002, Salvador. Anais... Salvador: CYTED/UFBA/UEPS/SRH-BA/MMA-SRH/FAPEX, 2002.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Blucher, 1999.
- CIBIN, R.; SUDHEER, K. P.; CHAUBEY, I. Sensitivity and identifiability of stream flow generation parameters of the SWAT model. **Hydrological Process**, v. 24, p. 1133-114. 2010.
- CLARK, S.; WHARTON, G. Sediment nutrient characteristics and aquatic macrophytes in lowland English rivers. **Science of the Total Environment**, v. 266, p. 103 – 112, 2001.
- CNRBC. Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Caatinga. **Cenários para o Bioma Caatinga**. Recife: SECTMA, 2004. 283p. il.
- COLLINS, A. L.; ANTHONY, S. G.; TURNER, T.; HAWLEY, J. Predicting the impact of projected change in agriculture by 2015 on annual mean fluvial suspended sediment concentrations across England e Wales. In: WEBB, B.W.; de BOER, D. (Eds.) **Water quality and sediment behaviour of the future: predictions for the 21st Century**. Wallingford: IAHS. p.29-37, 2007.
- CRESTANA, S. Harmonia e respeito entre homens e natureza: uma questão de vida – a contribuição da agricultura. In: CASTELLANO, E. G.; CHAUDHRY, F. H. (Ed.), **Desenvolvimento sustentado: problemas e estratégias**. São Carlos: EESC-USP. Cap. 9, p. 169-180, 2000.

- DINIZ, P. C.; DUQUÉ, G. Estimulando o debate sobre convivência com o semiárido: os bancos de sementes comunitários no agreste da Paraíba. In: DUQUÉ, G. (Org.) **Agricultura familiar, meio ambiente e desenvolvimento: ensaios e pesquisas em sociologia rural**. João Pessoa: Editora Universitária da UFPB, 2002.
- DUQUÉ, G. Estrutura fundiária e pequena produção. Um estudo de caso no Cariri Paraibano. **Raízes: Revista de Ciências Sociais e Econômicas**, Campina Grande, ano IV, n. 4-5, p. 168-196, 1985.
- DUQUE, J. G. **O Nordeste e as lavouras xerófilas**. 4. ed. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2004. 330p.
- DUFUMIER, M. **Projetos de desenvolvimento agrícola: manual para especialistas**. Salvador-BA: EDUFBA, 2007.
- DWORAK, T.; GONZÁLES, C., LASSER, C.; INTERWIES, E. The need for new monitoring tools to implement the WFD. **Environmental Science & Policy**, v. 8, n. 3, p. 301–306, 2005.
- EELES, C. W. O.; BLACKIE, J. R. Land-use changes in the Blaquidder catchments simulated by a daily streamflow model. **Journal of hydrology**, v. 145, p. 315-336, 1993.
- EL-SWAIFY, S. A.; DANGLER, F. W. Rainfal Erosion in the Tropics: A State-of-the Art. In: EL-SWAIFY, S. A. et al. (Orgs.) **Soil Erosion and Conservation in the Tropics**. Madison. American Society of Agronomy. Special Publication Number 43. Cap. 1. p. 1-25, 1982.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília, 1999.
- EPA. **Index of Watershed Indicators. An Overview**. USEPA, 2002.
- EPA. **Draft Report on the Environment 2003**. United States: EPA, 2003.
- ESHLEMAN, K. N. Hydrological consequences of land use change: a review of state-of-science. *Ecosystems and Land Use Change*. Geophysical Monograph Series 153. The American Geophysical Union. Washington, DC. p. 13-25, 2004.
- FAO. **Soil Erosion by water: some measures for its control on cultivated lands**. Rome, Italy: FAO, 1965, 284p.
- FAO. **Water and sustainable agricultural development**. Rome, Italy: FAO, 1990. 48p.
- FAO. **State of the world's forest**. Rome, Italy: FAO, 2001. 181p.
- FAO. Global forest resources assessment, 2010 – Main report. **FAO Forestry Paper 163**. Rome, Italy, 2010a.
- FAO. **State of the world's forest**. Rome, Italy: FAO, 2011. 179p.
- FLORES, C. A.; MANZATTO, C. V.; SÁ, I. B.; ACCIOLY, L. J. O.; SÁ, T. D. A.; SILVA, F. H. B. B.; SILVA, T. C. C. Outras formas de degradação do solo. In: MANZATTO, C. V.; FREITAS JUNIOR, E.; PERES, J. R. R. (Eds.) **Uso Agrícola dos Solos Brasileiros**. Rio de Janeiro, 2002. Embrapa Solos. p. 93-104. 2002.
- FRAGOSO Jr., C. R.; FERREIRA, T. F.; MARQUES, D. M. **Modelagem ecológica em ecossistemas aquáticos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 304p.
- FUNDAÇÃO IBGE. Censo demográfico, 2000. Rio de Janeiro, 2000.
- FUNDAÇÃO IBGE. Censo demográfico, 2010. Rio de Janeiro, 2010.

- GASSMAN, P. W.; REYES, M. R.; GREEN, C. H.; ARNOLD, J. G. The soil and water assessment tool: historical development, applications, and future research directions. **Trans. ASAE**, v. 50, n. 4, p. 1211–1250, 2007.
- GARRIDO, J. M. Aplicação de Modelo Matemático de Simulação com Utilização de SIG à Bacia do Rio Jiquiriçá – Bahia. 2003. 186f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos). Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Brasília, DF.
- GIRMAY, G.; SINGH, B. R.; NYSSSEN, J.; BORROSEN, T. Runoff and sediment-associated nutrient losses under different land uses in Tigray, Northern Ethiopia. **Journal of Hydrology**, v. 376, n. 1, p. 70-80, 2009.
- GOMES, M.; RODRIGUES, R. **Modelação hidrológica distribuída: aplicação à bacia do Guadiana**. Congresso da Água, v. 4, Lisboa, 1998.
- GOMES, M. A. O.; SOUZA, A. V. A.; CARVALHO, R. S. de. Diagnóstico Rápido Participativo (DRP) como mitigador de impactos socioeconômicos negativos em empreendimentos agropecuários. In: BROSE, M. **Metodologia participativa: uma introdução a 29 instrumentos**. Porto Alegre: Tomo Editorial, 2001. p. 63-78.
- GOWARD, S.; D. WILLIAMS Landsat and earth system science: development of terrestrial monitoring. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 63, p. 887-900, 1997.
- GRIEG, S. M.; SEAR, D. A.; CARLING, P. A. The impact of fine sediment accumulation on the survival of incubating salmon progeny: implications for sediment management. *Science of the Total Environment*, v. 344, p. 341–358, 2005.
- GRISI, B. M. Sistemas de meio ambiente e proteção ambiental. In: ANDRADE, M. O. (Org.) **Meio ambiente e desenvolvimento: bases para uma formação interdisciplinar**. João Pessoa: Ed. UFPB. p. 171–200, 2008.
- GUSTARD, A.; WESSELINK, A. J. Impact of land-use change on water resources: Balquidder catchments. **Journal of hydrology**, v. 145, p. 389-401, 1993.
- HAGMANN, T.; SPERANZA, C. I. New avenues for pastoral development in sub-Saharan Africa. **European Journal of Development Research**, n. 22, p. 593–604. 2010. doi:10.1057/ejdr.2010.46.
- HANSEN, M.; R. DeFRIES. Detecting long term forest change using continuous fields of tree cover maps from 8km AVHRR data for the years 1982-1999. *Ecosystems and Land Use Change*. Geophysical Monograph 153. American Geophysical Union. Washington, DC, 2004.
- HERRICK, J. E.; SCHUMAN, G. E.; RANGO, A. Monitoring ecological processes for restoration projects. **Journal for Nature Conservation**, v. 14, n. 3, p. 161-171, 2006.
- HOLANDA, S. B. de. **História geral da civilização brasileira. Tomo I – A época colonial. 2º volume: Administração, Economia, Sociedade**. 7. ed. São Paulo: Bertrand Brasil, 1993.
- HORNBECK, J. W.; PIERCE, R. S.; FEDERER. Streamflow changes after forest clearing in New England. **Water Resources Researches**, v. 6, n. 4, p. 1124-1132, 1970.
- HUDSON, N. **Soil conservation**. 3th ed. London: Batsford Limited, 1995. 391p.
- JARDIM, A. C. S.; PEREIRA, V. S. Metodologia qualitativa: é possível adequar as técnicas de coleta de dados aos contextos vividos em campo? In: 47º Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 2009, Porto Alegre, RS. Anais... Porto Alegre: SOBER, 2009.

- JETTEN, V.; DE ROO, Ad.; FAVIS-MORTLOCK, D. Evaluation of field-scale and catchment-scale soil erosion models. *Catena*, v. 37, n. 3, p. 521-541, 1999.
- JIMENEZ, E. **Nuevos enfoques teóricos, evolución de las políticas regionales e impacto territorial de la globalización**. Santiago de Chile: ONU/CEPAL/ILPES, 2002.
- JOFFILY, I. **Notas sobre a Paraíba**. Brasília: Thesaurus Editora, 1977.
- JOLLIVET, M. Agricultura e meio ambiente: reflexões sociológicas. *Estudos Econômicos*, v. 24, p. 183-198, 1994.
- JUSTICE, C. O.; TOWNSHEND, J. R. G.; VERMOTE, E. F.; MASOUKA, E.; WOLFE, S. SALEOUS; ROY, D. P.; MORISETTE, J. T. An overview of MODIS Land data processing and products status. *Remote Sensing of Environmental*, v. 83, n. 1, p. 3-15, 2002.
- KITE, G.; DROOGERS, P. **Integrated Basin Modelling**. Research Report 43. International Water Management Institute. Colombo, 2000.
- KORTEN, D. C. Community organization and rural development: a learning process approach. *Public Administration Review* 20, p. 480-511, 1980.
- LACERDA, A. V. **A semiaridez e a gestão em bacias hidrográficas: visões e trilhas de um divisor de ideias**. João Pessoa: Editora Universitária da UFPB, 2003.
- LACERDA, A. V.; NORDI, N.; BARBOSA, F. M.; WATANABE, T. Levantamento florístico do componente arbustivo-arbóreo da vegetação ciliar na bacia do rio Taperoá, PB, Brasil. *Acta Botânica Brasílica*, v. 19, n. 3, p. 647-656, 2005.
- LAHLOU, M.; SHOEMAKER, L.; CHOUDRY, S.; ELMER, R.; HU, A., MANGUERRA, H.; PARKER, A. Better assessment science integrating point and nonpoint sources: BASINS 2.0 user's manual. US-EPA Report EPA-823-B-98-006, U.S. EPA, Washington, DC, 1998.
- LEAL, I. R.; SILVA, A. V. da; TABARELLI, M. Herbivoria por caprinos na caatinga da região de Xingó: uma análise preliminar. In: LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; CARDOSO, J. M da S. (Orgs.). **Ecologia e conservação da Caatinga**. Recife: Editora da Universidade Federal de Pernambuco, p.695-715, 2003.
- LEFF, E. **Epistemologia Ambiental**. São Paulo: Cortez, 2006.
- LEFF, E. Complejidad, racionalidad ambiental y diálogo de saberes: hacia una pedagogía ambiental. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, n. 16, p. 11-19, 2007.
- LÉLIS, T. A.; CALIJURI, M. L. Modelagem hidrossedimentológica de bacia hidrográfica na região sudeste do Brasil, utilizando o SWAT. *Revista Ambiente e Água*, v. 5, n. 2, p. 158-174, 2010. doi: 10.4136/1980-993X.
- LEONARDI, M. L. A. A sociedade global e a questão ambiental. In: CAVALCANTI, C. (Org.). **Desenvolvimento e natureza: estudos para uma sociedade sustentável**. 2. ed. São Paulo: Cortez; Recife, PE: Fundação Joaquim Nabuco, 1998.
- LIMA, J. R. de; RODRIGUES, W. **Estratégia de combate a desertificação**. Módulo 18. Campina Grande: UFCGABEAS, 2005, 55p.
- LOPES, N. H. Y. Análise da produção de água e sedimentos em microbacias experimentais utilizando o modelo SWAT. 2008. 154f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.
- LOPES, W. T. A. Efeitos de escala na modelagem hidrossedimentológica na região semiárida da Paraíba. 2003. 174 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental), Programa

de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB.

MACEDO, R. K. A importância da avaliação ambiental. In: TAUKE, S. M. (Org.) **Análise Ambiental: uma visão multidisciplinar**. São Paulo: Editora UNESP. p. 11-26, 1991.

MACHADO, R. E. Simulação de Escoamento e de Produção de Sedimentos em uma Microbacia Hidrográfica utilizando Técnicas de Modelagem e Geoprocessamento. 2002. 166 f. Tese (Doutorado em Agronomia), Escola Superior Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

MACHADO, R.; VETORAZZI, C. A.; XAVIER, A. C. Simulação de cenários alternativos de uso da terra em uma microbacia utilizando técnicas de modelagem e geoprocessamento. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 27, p. 727-733, 2003.

MANZATTO, C. V.; FILHO, A. R.; COSTA, T. C. C.; SANTOS, M. L. M.; COELHO, M. R.; SILVA, E. F.; OLIVEIRA, R. P. Potencial de uso e uso atual das terras. In: MANZATTO, C. V.; FREITAS JUNIOR, E.; PERES, J. R. R. (Eds). **Uso Agrícola dos Solos Brasileiros**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, p. 13-21, 2002.

MARTIN, G. **Pré-história do Nordeste do Brasil**. 3. ed. Recife, Editora Universitária da UFPE, 1999.

MARTOS, H. L.; MAIA, N. B. **Indicadores Ambientais**. Sorocaba: ESALQ/USP. 1997. 266p.

MAYRING, Ph. **Einführung in die qualitative Sozialforschung. Introdução à pesquisa social qualitativa**. 5. ed. Weinheim: Beltz, 2002.

MEDEIROS, S. S.; CAVALCANTE, A. M. B.; MARIN, A. M. P.; TINÔCO, L. B. M.; SALCEDO, I. H.; PINTO, T. F. **Sinopse do censo demográfico para o semiárido brasileiro**. Campina Grande: INSA, 2012. 103p.

MELO, J. A. B; PEREIRA, R. A.; NETO, J. D. Atuação do estado brasileiro no combate à seca no nordeste e ampliação das vulnerabilidades locais. In: II Semiluso - Seminário Luso Brasileiro sobre agricultura familiar e desertificação, 2008, João Pessoa, Anais... João Pessoa: SEMILUSO, 2008.

MELO, H. de A. Integração entre modelos hidrológicos e sistemas de informações geográficas: uma avaliação metodológica. 2010. 119f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Campina Grande, PB.

MENDES, B. V. **Biodiversidade e desenvolvimento sustentável do Semiárido**. Fortaleza: SEMACE. 108p. 1997.

MENDES, B. V. O Semiárido brasileiro. In: II Congresso Nacional sobre Essências Nativas, 1992, São Paulo, SP. Anais... São Paulo: CNEN, 1992. p. 394-399.

MENDES FILHO, W. M.; VENDRAME I. F.; CARVALHO, R. G. Utilização de sistema de informações geográficas para o mapeamento do potencial de retenção de águas pluviais no município de São José dos Campos, SP. In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2007, Florianópolis. Anais... Florianópolis: SBSR, 2007. p. 3453-3460.

MINOTI, R. T.; CRESTANA, S. A perda de solo como indicador de vulnerabilidade de bacias hidrográficas: artigos publicados na Revista Brasileira de Ciência do Solo e em Congressos Brasileiros de Ciência do Solo, Manejo e Conservação. In: Espíndola, E.L.G.;

SCHALCH, V. (Orgs.), **Bacia hidrográfica: diversas abordagens em pesquisa**. São Carlos: RIMA, 2004. p. 47-54.

MINOTI, R. T. **Abordagens qualitativa e quantitativa de micro-bacias hidrográficas e áreas alagáveis de um compartimento médio Mogi-superior/SP**. 2006. 231f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP.

MOREIRA, E. de R. F. (Org.). **Mesorregiões e Microrregiões da Paraíba: delimitação e caracterização**. João Pessoa: GAPLAN, 1988, 74p.

MOREIRA, E.; TARGINO, I. **Capítulos de geografia agrária da Paraíba**. João Pessoa: Editora da UFPB, 1997, 332p.

MOURA, M. S. B.; GALVINCIO, J. D.; BRITO, L. T. L.; SOUZA, L. S. B.; SÁ, I. I. S.; SILVA, T. G. F. Clima e água de chuva no semiárido. In: BRITO, L. T. L.; MOURA, M. S. B.; GAMA, G. F. B. (Eds.). **Potencialidades da água de chuva no semiárido brasileiro**. Petrolina, PE: EMBRAPA semiárido, 2007. 181p.

NEARING, M. A.; ROMKENS, M. J. M.; NORTON, L. D.; STOTT, D. E.; RHOTON, F. E.; LAFLEN, J. M.; FLANAGAN, D. C.; ALONSO, C. V.; BINGER, R. L.; DABNEY, S. M.; DOERING, O. C.; HUANG, C. H.; MCGREGOR, K. C.; SIMON, A. Measurements and models of soil loss rates. **Science**, v. 290, n. 5495, p. 1300–1301, 2000.

NEMANI, R. R.; PIERCE, L.; RUNNING, S.; BAND, L. Forest ecosystem processes at the watershed scale sensitive to remotely-sensed leaf-area index estimates. **International Journal of Remote Sensing**, v. 14, p. 2519-2534, 1993.

NEMANI, R. R.; RUNNING, S. W.; PIELKE, R. A. CHASE, T. N. Global vegetation cover changes from coarse resolution satellite data. **Journal of Geophysical Research-Atmospheres**, v. 101, p. 7157-7162, 1996.

NEVES, J. L. Pesquisa qualitativa: características, uso e possibilidades. **Cadernos de pesquisa em administração**, São Paulo, SP, v. 1, nº 3, 1996.

NOUVELOT, J. F. **Planificação da implantação de bacias representativas. Aplicação à área da SUDENE**. Recife: SUDENE/ ORSTOM, 1974. 91p.

OECD. **OECD Environmental Indicators**. Paris: OECD, p. 8-16, 1989.

OLIVEIRA, F. P., SANTOS, D., SILVA, I. F. e SILVA, M. L. N. Tolerância de Perda de Solo por Erosão para o Estado da Paraíba. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 8, n.2, p. 60-71, 2008.

PAIVA, C. F. E.; OLIVEIRA, V. S.; VENDRAME, I. R.; AULICINO, L. C. M. Estimativa das perdas de solo por erosão hídrica na bacia do rio Uma, Taubaté, SP, com o emprego de sensoriamento remoto. In: XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2003, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: SBSR, 2003.

PALÁCIOS, G. **Campesinato e escravidão no Brasil: agricultores livres e pobres na Capitania Geral de Pernambuco (1700-1817)**. Brasília: Editora da UnB, 2004.

PARAÍBA. **Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado da Paraíba PERH/PB (1ª Versão)**. João Pessoa: Governo do Estado da Paraíba: SEMARH, PB, 2004.

PEREIRA, D. D. O Caroá *Neoglaziovia variegata* Mez. No Cariri Paraibano: ocorrência, antropização e possibilidades de manejo no assentamento Estrela D'Alva. 2003. 282 f. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Paraíba / Universidade Estadual da Paraíba, João Pessoa, PB.

- PEREIRA, D. D. Cariris Paraibanos: do sesmarialismo aos assentamentos de reforma agrária. Raízes da desertificação. 2008. 341 f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais). Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Campina Grande, PB.
- PERRIER, G. K. **The contextual nature of range management. Pastoral Development Network Paper 30c.** Overseas Development Institute, London, 1990.
- PESSOA, M. C. P. Y.; LUCHIARI Jr., A.; FERNANDES, E. N.; LIMA, M. A. **Principais modelos e simuladores utilizados para análise de impactos ambientais das atividades agrícolas.** Jaguariúna: EMBRAPA, 1997. 91p.
- PINTO, L. F. G.; CRESTANA, S. Digitalização e processamento de imagens aplicados ao estudo prospectivo de um agroecossistema. In: I Simpósio Nacional de Instrumentação Agropecuária, 2000, São Carlos. Anais... São Carlos: EMBRAPA-SPI, 2000. p. 416-421.
- PORTMANN, F. T. Hydrological runoff modelling by the use of remote sensing data with reference to the 1993-1994 and 1995 floods in the river Rhine catchment. **Hydrological Processes**, v. 11, n. 10, p. 1377-1392, 1997.
- PUNTONI, P. **A guerra dos bárbaros: povos indígenas e a colonização do sertão do nordeste do Brasil, 1650-1720.** São Paulo: Hucitec / EdUSP / Fapesp, 2002.
- QUADROS, D. G. de. Pastagens para ovinos e caprinos. In: I Simpósio do Grupo de Estudos de Caprinos e Ovinos, 2004, Salvador. Anais... Salvador: Escola de Medicina Veterinária da Universidade Federal da Bahia, 2004. 34p.
- RANIERI, S. B. L.; SPAROVEK, G.; SOUZA, M. P.; DOURADO NETO, D. Aplicação de índice comparativo na avaliação do risco de degradação das terras. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 22, p. 751-760, 1998.
- REICHARDT, K.; TIMM, L. C. **Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações.** Barueri: Manole, 2004. 478p.
- RIETVELD, J. J. Pe. **Na sombra do Umbuzeiro: história da paróquia de São Sebastião do Umbuzeiro.** João Pessoa, Imprell, 1999.
- ROCHA, J. S. M. da; DALTROZO, C. C. Florestamentos compensatórios para a retenção de água em microbacias. **Revista Educação Agrícola Superior**, v. 23, n. 1, p.71-75, 2008.
- RODRIGUES, A. S. de L.; CASTRO, P. T. A. Protocolos de avaliação rápida: instrumentos complementares no monitoramento dos recursos hídricos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 13, n. 1, p. 161-170, 2008.
- SÁ, V. C. de; SOUZA, B. I. de. Convivência com o semiárido: desafios e possibilidades de uma comunidade rural. **Revista Globalización, Competitividad y Gobernabilidad.** GCG Georgetown University, Universia, v.6, n.2, p. 46-65, 2012.
- SALCEDO, I. H. Fertilidade do solo e agricultura de subsistência: desafios para o semiárido nordestino. In: FERTIBIO, 2004, Lages. Anais... Lages: SBCS. CD-ROM, 2004.
- SAMPAIO, E. V. S. B.; ARAÚJO, M. do S. B. Desertificação no Nordeste do Brasil. In: XXX Simpósio da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005, Recife, PE. Anais... Recife: SBCS, 2005.
- SANO, E. E.; HUETE, A. R.; TROUFLEAU, D.; MORAN, M. S.; VIDAL, A. Relation between ERS-1 synthetic aperture radar data and measurements of surface roughness and moisture content of rocky soils in a semiarid rangeland. **Water Resources Researches**, v. 34, p. 1491-1498, 1998.

- SANTHI, C.; SRINIVASAN, R.; ARNOLD, J. G.; WILLIAMS, J. R. A modeling approach to evaluate the impacts of water quality management plans implemented in a watershed in Texas. **Environmental Modelling e Software**, v. 21, n. 8, p. 1141–1157, 2006.
- SANTOS, C. A.; SOBREIRA, F. G.; COELHO NETO, A. L. Comportamento hidrológico superficial e erodibilidade dos solos da região de Santo Antônio do Leite, Distrito de Ouro Preto – MG. **Revista Escola de Minas**. Ouro Preto, MG, v. 55, n.4, p. 25–36, 2002.
- SANTOS, S.; MONTEIRO, A.; MOURATO, S.; FERNANDEZ, P. Os sistemas de informação geográfica na modelagem hidrológica. In: XII Congresso Nacional de Tecnologias de La Información Geográfica, 2006, Granada. Anais... Granada: CNTLIG, 2006. p. 465-479.
- SCHENKEL, C. S.; MATALLO Jr, H. **Desertificação**. Brasília: UNESCO, 1999, 88p.
- SCHOUL, J.; ABBASPOUR, K. C.; YANG, H.; SRINIVASAN, R.; ZEHNDER, A. J. B. Modeling blue and green water availability in Africa. **Water Resource Research**, v. 44. n.7, 2008.
- SCHULTZ, M. T. A critique of EPA's index of watershed indicators. **Journal of Environmental Management**, v. 62, n. 4, p. 429-442, 2001.
- SCOONES, I. **Living with uncertainty: new directions in pastoral development in Africa**. London: Intermediate Technology Publications - International Institute for Environmental and Development, 1995.
- SILANS, A. M. B. P. Gestão dos Recursos Hídricos. In: ANDRADE, M. O. (Org.). **Meio ambiente e desenvolvimento: bases para uma formação interdisciplinar**. João Pessoa: Ed. UFPB, 2008. pp. 233-266.
- SILVA, A. S. **Semiárido brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e inovação**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010.
- SILVA, B. B. da; BRAGA, A. C.; BRAGA, C. C.; OLIVEIRA, L. M. M. de; GALVÍNCIO, J. D.; MONTENEGRO, S. M. G. L. Evapotranspiração e estimativa de água consumida em perímetro irrigado do semiárido brasileiro por sensoriamento remoto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 47, n. 9, p. 1218 – 1226, 2012.
- SILVA, F. G. B.; CRESTANA, S. Reunião de modelos e formulações para análise de erosão de solos em bacias hidrográficas voltados ao planejamento ambiental. In: Espíndola, E.L.G.; SCHALCH, V. (Org.), **Bacia hidrográfica: diversas abordagens em pesquisa**. São Carlos: RIMA, 2004. p. 55-72.
- SILVA, R. M; SANTOS, C. A. G. Estimativa da produção de sedimentos mediante uso de um modelo hidrossedimentológico acoplado a um SIG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n.5, p. 520-526, 2008.
- SMITH, J. A.; BAECK, M. L.; STEINER, M.; MILLER, A. J. Catastrophic rainfall from na upslope thunderstorm in the central Appalachians: the rapidam storm of June 27, 1995. **Water Resources Researches**, v. 32, p. 3099-3113, 1996.
- SOUSA, R. F.; BARBOSA, M. P.; NETO, C. P. C. T.; CARVALHO, A. P.; LIMA, A. N. Uso de geotecnologias no diagnóstico da degradação das terras do município de São João do Cariri, PB. **Revista Caatinga**, v. 21, n.1, p. 204 – 210, 2008.
- SOUTO, A. R. Análise espacial e temporal da produção de sedimentos em uma microbacia rural com o modelo AGNPS e técnicas de SIG. 1998. 111 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental). Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos, SP.

- SOUZA, B. I. Do silêncio do lugar à desertificação. 2008. 198 f. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Porto Alegre, RS.
- SOUZA JÚNIOR, J. B. F. DE; LINHARES, C. M. DE S.; MORAIS, J. H. G.; SILVA, R. B. DA. Desenvolvimento da pecuária na região semiárida: técnicas para a geração de alimentos. **Revista verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, Grupo de Agricultura Alternativa (GVAA)**, v.3, n. 2. p. 13-19, 2008.
- SPAROVEK, G.; VAN LIER, Q. J. Definition of tolerable soil erosion values. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, MG, v. 21, p. 467-471, 1997.
- SRINIVASAN, R., ARNOLD, J. G. Integration of a basin-scale water quality model with GIS. **Water Resources Bulletin**, v. 30, n. 3, p. 453-462, 1994.
- SRINIVASAN, V. S.; GALVÃO, C. O.; SANTOS, C. A. G.; FIGUEIREDO, E. E.; REGO, J. C.; ALBUQUERQUE, J. P. T.; ARAGÃO, R.; MELO, R. N.; CRUZ, E.; GUEDES, G. A.; LACERDA, I.; SANTOS, L. L.; ALVES, F. M. “*Bacia Experimental de São João do Cariri. In: Implantação de Bacias Experimentais no Semiárido*”. Projeto IBESA FINEP/FUNPEC 22010453-00, 2004.
- STUDERVANT-RESS, P.; SMITH, J. A.; MORRISON, J.; BAECK, M. L. Tropical storms and the flood hydrology of the central Appalachians. **Water Resources Researches**, v. 37, p. 2143-2168, 2001.
- TAVEIRA, I. M. L. M. Avaliação de alternativas de uso do solo através de simulação hidrossedimentológica da bacia representativa de Sumé com o modelo SWAT. 2012. 141 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Campina Grande, PB.
- TEUCHLER, H.; LOPES, A. S. de (Eds.). **Quanto vale a caatinga?** Fortaleza: Fundação Konrad Adenauer, 2002, 258p.
- TILMAN, D.; FARGIONE, J.; WOLFF, B.; D’ANTONIO, C.; DOBSON, A.; HOWARTH, R.; SCHINDLER, D.; SCHLESINGER, W.H.; SIMBERLOFF, D.; SWACKHAMER, D. Forecasting agriculturally driven global environmental change. **Science**, v. 292, n. 5515, p.281-284, 2001.
- TOWNSEND, P. A.; FOSTER, J. R. A synthetic aperture radar – based model to assess historical changes in lowland floodplain hydroperiod. **Water Resources Research**, v. 38, n. 7, p. 1115, 2002.
- TRIPATHI, M. P.; PANDA, R. K.; RAGHUWANSHI, N. S. Identification and prioritization of critical sub-watersheds for soil conservation management using the SWAT model. **Biosystems Engineering**, v. 85, n. 3, p. 365-379, 2003.
- TROEH, F. R.; HOBBS, J. A.; DONAHUE, R. L. **Soil and Water Conservation**. Englewood Cliffs. Prentice-Hall. 1999. 530p.
- TUCCI, C. E. M. **Modelos Hidrológicos**. Porto Alegre, RS: Editora da UFRGS/ABRH, 1998. v. 1. 652 p.
- TUNDISI, J. G. **Planejamento e gerenciamento de lagos e reservatórios: uma abordagem integrada ao problema da eutrofização**. São Carlos, SP: RiMa, 2001.
- TUPPAD, P.; KANNAN, N.; SRINIVASAN, R.; ROSSI, C. G.; ARNOLD, J. G. Simulation os Agrcultural Management Alternatives for Watershed Protection. **Water Resour Management**, v. 24, n. 12, p. 3115-3144, 2010.

- TURATO E. R. Métodos qualitativos e quantitativos na área da saúde: definições, diferenças e seus objetos de pesquisa. **Revista de Saúde Pública**, v. 39, n. 3, p. 507-514, 2005.
- URBAN, G. A história da cultura brasileira segundo as línguas nativas. In: CUNHA, M. C. da (Org.). **História dos índios no Brasil**. São Paulo: Companhia das Letras, 1998.
- USACE. Geospatial hydrologic modeling extension: HEC-GeoHMS user's manual. U.S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center, Report CPD-77, 2003.
- VALENTIN, C.; AGUS, F.; ALAMBAN, R.; BOOSANER, A.; BRICQUET, J. P.; CHAPLOT, V.; GUZMAN, T. de; ROUW, A. de; JANEAU, J. L.; ORANGE, D.; PHACHOMPONH, K.; PHAI, D. D.; PODWOJEWSKI, P.; RIBOLZI, O.; SILVERA, N.; SUBAGYONO, THIÉBAUX, J. P.; TOAN, T. D.; VADARI, T. Runoff and sediment losses from 27 upland catchments in Southeast Asia: impact of rapid land use changes and conservation practices. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 128, n. 4, p. 225-238, 2008.
- VALERIANO, M. de M. **Modelo digital de elevação com dados SRTM disponíveis para a América do Sul**. São José dos Campos: INPE, 2004.
- WARD, J. V.; BRETSCSKO, G.; BRUNKE, M.; DANIELPOL, D.; GIBERT, J.; GONSER, T.; HILDREW, A. G. The boundaries of river systems: the metazoan perspective. **Freshwater Biology**, v. 40, n. 3, p. 531-569, 1998.
- WARREN, N.; ALLAN, I. J.; CATER, J. E.; HOUSE, W. A.; PARKER, A. Pesticides and other micro-organic contaminants in freshwater sedimentary environments – a review. **Applied Geochemistry**, v. 18, n. 2, p. 159-194, 2003.
- WEI, W.; CHEN, L.; YANG, L.; FU, B.; SUN, R. Spatial scale effects of water erosion dynamics: Complexities, variabilities, and uncertainties. **Chinese Geographical Science**, v. 22, n. 2, p. 127–143, 2012.
- WHITE, R. P.; NACKONEY, J. **Drylands, People, and Ecosystem Goods and Services: A Web-Based Geospatial Analysis**. World Resources Institute Report (WRI). 2003.
- WILKINSON, B. H. Humans as geologic agents: A deep-time perspective. **Geology**, v. 33, n.3, p.161-164, 2005.
- WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning**. Agriculture Handbook, 537. Washington, D.C.: U.S. Department of Agriculture, 1978. 58p.
- WOOLHISER, D. A.; SMITH, R. E.; GOODRICH, D. C. **Kineros: a kinematic runoff and erosion model: documentation and user manual**. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, 1990.
- XU, J. X.; YAN, Y. X. Scale effects on specific sediment yield in the Yellow River basin and geomorphological explanations. **Journal of Hydrology**, v. 307, n. 1, p. 219 – 232, 2005.
- ZHANG, X.; SRINIVASAN, R.; VAN LIEW, M. Multi site calibration of the SWAT model for hydrologic modeling. **American Society of Agricultural and Biological Engineers**, v. 51, n. 6, p. 2039-2049, 2008.
- ZHU, C. Land Use/Land Cover Change and Its Hydrological Impacts from 1984 to 2010 in the Little River Watershed, Tennessee. Master's Thesis, University of Tennessee, 2011.

APÊNDICE A – Modelo dos termos de consentimento livre e esclarecido

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO-TCLE
(OBSERVAÇÃO: para o caso de pessoas maiores de 18 anos e não incluídas no grupo de vulneráveis)

Pelo presente Termo de Consentimento Livre e Esclarecido eu, _____, em pleno exercício dos meus direitos me disponho a participar da Pesquisa “**ESTABELECIMENTO DE METODOLOGIA PARA CONSERVAÇÃO E RECUPERAÇÃO DE PEQUENAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DO SEMIÁRIDO**”.

Declaro ser esclarecido e estar de acordo com os seguintes pontos:

O trabalho **ESTABELECIMENTO DE METODOLOGIA PARA CONSERVAÇÃO E RECUPERAÇÃO DE PEQUENAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DO SEMIÁRIDO** terá como objetivo geral a *proposição de metodologia para a seleção de estratégias de preservação e recuperação de pequenas bacias hidrográficas do semiárido, na perspectiva dos recursos hídricos, através de modelagem ambiental, considerando as relações do homem com o meio ambiente.*

Ao voluntário só caberá a autorização para **realização de entrevista por meio de questionário semi-estruturado** e não haverá nenhum risco ou desconforto ao voluntário.

- Ao pesquisador caberá o desenvolvimento da pesquisa de forma confidencial, revelando os resultados ao médico, indivíduo e/ou familiares, cumprindo as exigências da Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde/Ministério da Saúde.
- O voluntário poderá se recusar a participar, ou retirar seu consentimento a qualquer momento da realização do trabalho ora proposto, não havendo qualquer penalização ou prejuízo para o mesmo.
- Será garantido o sigilo dos resultados obtidos neste trabalho, assegurando assim a privacidade dos participantes em manter tais resultados em caráter confidencial.
- Não haverá qualquer despesa ou ônus financeiro aos participantes voluntários deste projeto científico e não haverá qualquer procedimento que possa incorrer em danos físicos ou financeiros ao voluntário e, portanto, não haveria necessidade de indenização por parte da equipe científica e/ou da Instituição responsável.
- Qualquer dúvida ou solicitação de esclarecimentos, o participante poderá contatar a equipe científica no número (083) **9928-2039 / 3322-6373** com **Hugo Morais de Alcântara**.
- Ao final da pesquisa, se for do meu interesse, terei livre acesso ao conteúdo da mesma, podendo discutir os dados, com o pesquisador, vale salientar que este documento será impresso em duas vias e uma delas ficará em minha posse.
- Desta forma, uma vez tendo lido e entendido tais esclarecimentos e, por estar de pleno acordo com o teor do mesmo, dato e assino este termo de consentimento livre e esclarecido.

Assinatura Dactiloscópica
Participante da pesquisa

Assinatura do pesquisador responsável

Assinatura do Participante

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO-TCLE
OBS: menor de 18 anos ou mesmo outra categoria inclusa no grupo de vulneráveis)

Pelo presente Termo de Consentimento Livre e Esclarecido eu, _____, em pleno exercício dos meus direitos autorizo a participação do _____ de _____ anos na a Pesquisa “**ESTABELECIMENTO DE METODOLOGIA PARA CONSERVAÇÃO E RECUPERAÇÃO DE PEQUENAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DO SEMIÁRIDO**”.

Declaro ser esclarecido e estar de acordo com os seguintes pontos:

O trabalho “**ESTABELECIMENTO DE METODOLOGIA PARA CONSERVAÇÃO E RECUPERAÇÃO DE PEQUENAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DO SEMIÁRIDO**” terá como objetivo geral a *proposição de metodologia para a seleção de estratégias de preservação e recuperação de pequenas bacias hidrográficas do semiárido, na perspectiva dos recursos hídricos, através de modelagem ambiental, considerando as relações do homem com o meio ambiente.*

Ao responsável legal pelo (a) menor de idade só caberá a autorização para **realização de entrevista por meio de questionário semi-estruturado** e não haverá nenhum risco ou desconforto ao voluntário.

Ao pesquisador caberá o desenvolvimento da pesquisa de forma confidencial, revelando os resultados ao médico, indivíduo e/ou familiares, se assim o desejarem, cumprindo as exigências da Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde/Ministério da Saúde.

O Responsável legal do menor participante da pesquisa poderá se recusar a participar, ou retirar seu consentimento a qualquer momento da realização do trabalho ora proposto, não havendo qualquer penalização ou prejuízo para o mesmo.

Será garantido o sigilo dos resultados obtidos neste trabalho, assegurando assim a privacidade dos participantes em manter tais resultados em caráter confidencial.

Não haverá qualquer despesa ou ônus financeiro aos participantes voluntários deste projeto científico e não haverá qualquer procedimento que possa incorrer em danos físicos ou financeiros ao voluntário e, portanto, não haveria necessidade de indenização por parte da equipe científica e/ou da Instituição responsável.

Qualquer dúvida ou solicitação de esclarecimentos, o participante poderá contatar a equipe científica no número **(083) 9928-2039 / 3322-6373** com **Hugo Moraes de Alcântara**.

Ao final da pesquisa, se for do meu interesse, terei livre acesso ao conteúdo da mesma, podendo discutir os dados, com o pesquisador, vale salientar que este documento será impresso em duas vias e uma delas ficará em minha posse.

Desta forma, uma vez tendo lido e entendido tais esclarecimentos e, por estar de pleno acordo com o teor do mesmo, dato e assino este termo de consentimento livre e esclarecido.

Assinatura do Pesquisador Responsável _____

Assinatura do responsável legal pelo menor _____

Assinatura do menor de idade _____

Assinatura Dactiloscópica
 Responsável legal

Assinatura Dactiloscópica do
 participante menor de idade

APÊNDICE B – Modelo do questionário semi-estruturado aplicado

1. INFORMAÇÕES GERAIS

Município:	Distrito:	Bairro:	Localidade:
Data do relatório:	(dd:mm:aa)	Hora (h):	Fotos: de _____ a _____
Endereço domicílio:	Nº questionário *		
Entrevistador (a)			
Localização GPS	Latitude:	Longitude:	Altitude:

*primeira letra do nome do entrevistador / Nº do questionário

2. QUESTIONÁRIO DOMICILIAR**I. CARACTERIZAÇÃO DO ENTREVISTADO E MORADORES**

NOME: _____		SEXO: 1. M 2. F	
(Chefe da família)			
2.1. Quantas pessoas moram na casa? _____			
Morador 1	Idade:		
2.2. Escolaridade: _____	2.3. Ocupação _____	2.4. Rendimento _____	2.5. Tipo: _____
Morador 2	Idade:		
2.2. Escolaridade: _____	2.3. Ocupação _____	2.4. Rendimento _____	2.5. Tipo: _____
Morador 3	Idade:		
2.2. Escolaridade: _____	2.3. Ocupação _____	2.4. Rendimento _____	2.5. Tipo: _____
Morador 4	Idade:		
2.2. Escolaridade: _____	2.3. Ocupação _____	2.4. Rendimento _____	2.5. Tipo: _____
Morador 5	Idade:		
2.4. Escolaridade: _____	2.5. Ocupação _____	2.6. Rendimento _____	2.7. Tipo: _____
Morador 6	Idade:		
2.4. Escolaridade: _____	2.5. Ocupação _____	2.6. Rendimento _____	2.7. Tipo: _____
Morador 7	Idade:		
2.4. Escolaridade: _____	2.5. Ocupação _____	2.6. Rendimento _____	2.7. Tipo: _____
Morador 8	Idade:		
2.4. Escolaridade: _____	2.5. Ocupação _____	2.6. Rendimento _____	2.7. Tipo: _____
2.8. Condição da propriedade atual			
1. Própria	2. Própria cedida	3. Posse	4. Outros (especificar): _____
II. DESCRIÇÃO GERAL DA RESIDÊNCIA			
2.9. Condição da residência atual			
1. Própria	2. Própria cedida	3. Posse	4. Outros
2.10. Esta é a única residência da família?			
1. Sim	2. Não. Especifique: _____		
2.11. Sempre morou nesta residência? 1. Sim 2. Não 3. Outro: _____			
2.12. Tipo construtivo			
1. Alvenaria de tijolos	2. Taipa	3. Madeira	4. Outro: _____
2.13. Material predominante das paredes			
1. Tijolo cerâmico com furos	2. Tijolo maciço	3. Madeira	4. Outro: _____
2.14. Material predominante no revestimento interno			
1. Sem revestimento	2. Reboco	3. Cerâmica/azulejo	
2.15. Material predominante da cobertura			
1. Telhado de cerâmica	2. Laje	3. Telhado de fibrocimento	
4. Palha	5. Amianto/zinco	6. Outro: _____	
2.16. Número de Cômodos			
1. <input type="checkbox"/>	2. <input type="checkbox"/>	3. <input type="checkbox"/>	4. <input type="checkbox"/>
5. <input type="checkbox"/>	6. <input type="checkbox"/>	7. <input type="checkbox"/>	8. <input type="checkbox"/>
9. <input type="checkbox"/>	10. <input type="checkbox"/>	Obs: _____	
2.17. Possui Cozinha?			
1. Sim		2. Não (salte p/bloco III)	
2.18. Localização da cozinha			
1. Fora da casa		2. Dentro da casa	
2.19. A cozinha possui			
1. Pia com água contínua	2. Pia sem água contínua (girau)	3. Fogão a gás GLP	4. Fogão a lenha
4. Fogão a gás proveniente de biodigestor	5. Fogão solar	6. Geladeira	7. Filtro
2.20. Tipo de espécies vegetais utilizadas como matriz energética na residência (lenha e/ou carvão)			
1. Nativa (qual espécie?)	2. Exótica (algaroba, nim, etc)	3. Não sabe	4. Outro (especifique): _____

2.21. Forma de obtenção da lenha 1. Comprada 2. Removida da propriedade 3. Parte comprada e outra parte removida da propriedade 4. Outro(a):
2.22. Periodicidade da retirada de lenha para uso em fogão 1. Diária 2. A cada dois dias 3. Semanal 4. Quinzenal 5. Mensal 6. Outro (especifique):
2.23. Produz carvão para comercialização 1. Sim 2. Não 3. Não sabe
2.24. Produz carvão para uso na residência 1. Sim 2. Não 3. Não sabe

3. SANEAMENTO**I. ABASTECIMENTO DE ÁGUA**

3.1. Sua residência dispõe de água encanada? 1. Sim 2. Não (<i>Salte p/questão /3.3</i>)
3.2. Armazenamento da água encanada 1. Caixa d'água 2. Cisterna 3. Pote 4. Filtro 5. Tonel 6. Outros: _____
3.3. Qual a origem da água que a família consome para beber? 1. Poço 2. Nascente 3. Cisterna 4. Chafariz 5. Rio 6. Lago 7. Barragem/açude 8. Outras: _____
3.4. Armazenamento da água de beber 1. Caixa d'água 2. Cisterna 3. Pote 4. Filtro 5. Tonel 6. Outros: _____
3.5. A família trata a água de beber? 1. SIM 2. NÃO (<i>Salte para questão 3.10</i>) 3. Já vem tratada (<i>Salte para questão 3.10</i>)
3.6. Formas de tratamento da água de beber (<i>múltiplas respostas</i>) 1. Filtração 2. Cloração 3. Fervura 4. Não trata 5. Outras: _____
3.7. Qual a origem da água que a família usa para a higiene pessoal e da residência? 1. Poço 2. Nascente 3. Cisterna 4. Chafariz 5. Rio 6. Lago 7. Barragem/açude 8. Outras: _____
3.8. Armazenamento da água para higiene pessoal e da residência 1. Caixa d'água 2. Cisterna 3. Pote 4. Tonel 5. Outros: _____
3.9. Há quanto tempo está usando água de chuva armazenada em cisterna 1. < 1 ano 2. 1 ano 3. 2 anos 4. 3 anos 5. 4 anos 6. 5 anos 7. > 5 anos
3.10. A água da cisterna é usada para (<i>múltiplas respostas</i>) 1. Beber 2. Cozinhar 3. Banho 4. Limpeza 5. Lavar roupa 6. Irrigar 7. Outros: _____
3.11. A água da cisterna é de boa qualidade 1. Sim 2. Não
3.12. Tipo de uso da água da cisterna 1. Familiar 2. Coletivo
3.13. Origem da cisterna 1. Construída pelo morador 2. Projeto social (P1MC) 3. Associação 4. Outro: _____
3.14. Modelo da Cisterna 1. Placas 2. Ferro-cimento 3. Alvenaria 4. Não sabe 5. Outro: _____
3.15. Como era o abastecimento de água da família antes da cisterna? 1. Poço 2. Nascente 3. Chafariz 3. Rio 4. Barragem/açude/lago 6. Outro: _____
3.16. A água da chuva armazenada na cisterna é suficiente para uso pela família 1. Apenas na época das chuvas 2. Durante todo o ano 3. Não é suficiente
3.17. A água da chuva é suficiente para encher a cisterna? 1. Sim 2. Não 3. Às vezes
3.18. Quando acaba a água de chuva acumulada na cisterna, de onde vem a água para uso pela família. 1. Poço 2. Rio 3. Barragem/açude 4. Nunca acaba 5. Outros: _____

3.19. A cisterna recebe água de carro pipa 1. Sim 2. Não (<i>Salte para questão 3.21</i>)
3.20. Frequência de abastecimento da cisterna com carro pipa 1. Semanal 2. Quinzenal 3. Mensal 4. Outras _____
II. ESGOTAMENTO SANITARIO E RESÍDUOS
3.21. Existência de banheiro 1. Sim 2. Não (<i>Salte para questão 3.25</i>)
3.22. Quantidade de banheiros 1. Um banheiro 2. Dois banheiros 3. Tem banheiro só para banho
3.23. Localização do banheiro 1. Dentro do domicílio 2. Fora do domicílio.
3.24. Esgotamento do banheiro 1. Fossa seca 2. Fossa séptica individual 3. Fossa séptica coletiva 4. Rede de esgoto 5. Corpo d'água (rio/riacho) 6. Jogado no ambiente 7. Não sabe 8. Outros: _____
3.25. Esgotamento da cozinha 1. Fossa seca 2. Fossa séptica individual 3. Fossa séptica coletiva 4. Rede de esgoto 5. Corpo d'água (rio/riacho) 6. Jogado no ambiente 7. Não sabe 8. Outros: _____
3.26. Tempo da construção da fossa séptica 1. < 2 anos 2. 2 anos 3. 4 anos 4. 6 anos 5. 10 anos 6. Não sabe 7. Não tem
3.27. Realiza limpeza na fossa séptica 1. Sim 2. Não 3. Às vezes (quando enche) 4. Não tem
3.28. Condições da fossa séptica 1. Desativada 2. Adequada 3. Inadequada
3.29. Destino do efluente da fossa séptica 1. Solo 2. Corpo d'água 3. Irrigação 4. Outros _____
3.30. Localização da fossa séptica em relação à casa (<i>Observação in loco do entrevistador</i>) 1. Em frente 2. Atrás 3. Ao lado
3.31. Localização da fossa séptica considerando a cisterna 1. Acima 2. Abaixo 3. Ao lado
3.32. Destino dos resíduos (LODO) da fossa séptica 1. Quintal 2. Terreno 3. Rio 4. Lajedo 5. Outros: _____
3.33. Forma de acondicionamento dos resíduos produzidos pela família 1. Latas 2. Lixeiras plásticas 3. Caixão de madeira 4. Sacolas plásticas 5. Não tem recipiente específico 6. Joga no quintal
3.34. A família costuma separar os resíduos (lixo) 1. Sim 2. Não 3. Apenas resto de comida para animais 4. Apenas as folhas 5. Outros: _____
3.35. Destino dado aos resíduos 1. Coletado pela prefeitura 2. Queimado 3. Enterrado. 4. Jogado nos terrenos 5. Jogado nos rios e/ou riacho 6. Reaproveitado.
3.36. Reaproveitamento dos resíduos 1. Produção de adubo 2. Alimentação animal 3. Artesanato 4. Não reaproveita
3.37. Infestações de pragas 1. Existente no momento 2. Não existente no momento 3. Já existiu 4. Nunca existiu OBS: _____
3.38. Uso de defensivos químicos para combate de pragas 1. Sim 2. Não 3. Só quando for necessário 4. Já usou 5. Não declara o uso
3.39. Destino das embalagens de agrotóxico 1. Coletado pela prefeitura 2. Queimado 3. Enterrado. 4. Jogado nos terrenos 5. Jogado nos rios e/ou riacho 6. Reaproveitado.
3.40. Existe algum trabalho educativo direcionado à comunidade? 1. Sim 2. Não 3. Não sabe
3.41. Tipo de trabalho 1. Educação Sanitária 2. Educação alimentar 3. Educação Ambiental 4. Outros: _____

3.42. Alguém da casa participa do trabalho? 1. Sim 2. Não
3.43. Após a instalação da cisterna, houve melhoras na saúde dos familiares? 1. Sim 2. Não 3. Não sabe responder
3.44 Possui animal doméstico? 1. Sim 2. Não 3. Se sim, que tipo de animal?
3.45. Os animais domésticos são criados soltos? 1. Sim 2. Não
3.46. As crianças têm contato com os animais domésticos 1. Sim 2. Não

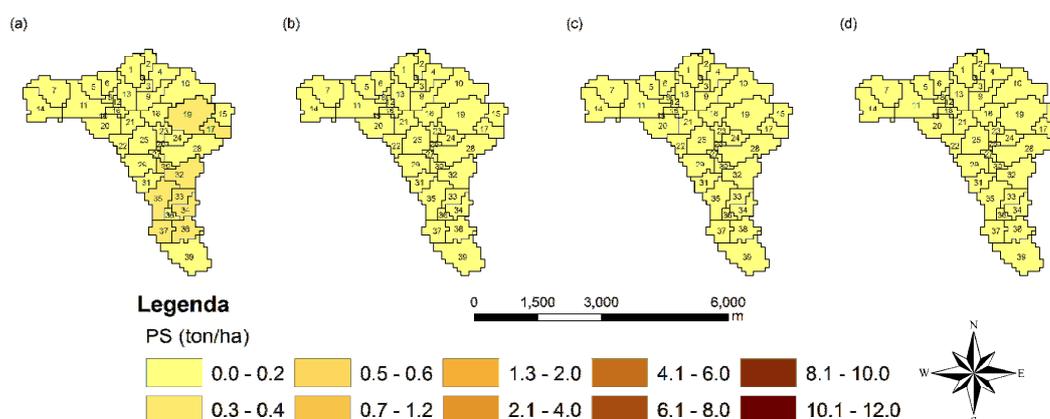
4. USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

I. PRODUÇÃO, USO E OCUPAÇÃO DO SOLO
4.1 Qual a área da propriedade?
4.2 Participa de algum programa de Governo? 1. Bolsa renda 2. Bolsa família 3. Vale gás 4. Programa do leite
4.3 Participa de alguma associação, cooperativa ou fórum territorial? 1. Sim 2. Não 3. Se sim, especifique?
4.4. Exploração do solo 1. Remoção de areia 2. Remoção de pedra 3. Cultivo agrícola 4. Pecuária (Tipo: _____) 5. Remoção de argila 6. Remoção de massame 7. Conservação de áreas em parte da propriedade (APP)
4.5. Existe algum tipo de cultivo agrícola na propriedade? Qual?
4.6. Possui assistência técnica de órgãos governamentais ou não governamentais? 1. Sim 2. Não 3. Se sim, especifique?
4.7. Produz para autoconsumo? Que tipo de produção para autoconsumo?
4.8. Armazena algum tipo de produção? Conhece alguma forma de armazenamento da produção?
4.9. Conhece alguma técnica de conservação do solo? 1. Sim 2. Não 3. Especifique:
4.10. Sabe executar algum tipo de obra de conservação do solo?
4.11. Há presença de erosão na propriedade? 1. Sim 2. Não 3. Especifique:
4.12. Animais existentes na propriedade 1. Bovinos 2. Caprinos/ovinos 3. Suínos 4. Equinos 5. Galinhas 6. Outros: _____ Quant. () () () () () () ()
4.13. Quais animais são criados para obtenção de rendimento? 1. Caprino 2. Ovino 3. Suíno 4. Bovino 6. Aves 7. Peixes 8. Outro:
4.14. Que tipo de forragem é fornecido aos animais?
4.15. De onde é proveniente a forragem fornecida aos animais? 1. Da própria propriedade 2. Cedida por vizinhos 3. Comprada aos vizinhos 4. Comprada em armazéns 5. Outro: _____
4.16. Tipo de criação dos animais 1. Confinados 2. Soltos na propriedade 3. Soltos na propriedade, mas pernoitando em apriscos 4. Parte da criação confinada 5. Outro (especifique): _____
4.17. Comercializa animais que cria em sua propriedade? 1. Sim 2. Não 3. Em parte. Sabe a quantidade? _____

4.18. Há produção de leite? 1. Sim 2. Não 3. Não sabe 4. Se sim, quantos litros _____
4.19. Comercializa a produção do leite? 1. Sim 2. Não 3. Em parte. Sabe a quantidade? _____
4.20. Produz algum derivado do leite? 1. Sim 2. Não 3. Se sim, qual? _____
4.21. Comercializa a produção do derivado do leite? 1. Sim 2. Não 3. Em parte. Sabe a quantidade? _____
4.22. A quem vende a produção pecuária?
4.23. A quem vende a produção de leite?
4.24. A quem vende a produção de derivados?
4.25. Possui acesso a crédito? 1. Sim 2. Não 3. Se sim, especifique? _____
4.26. Principal tipo de cultivo do solo na propriedade?
4.27. Possui horta na propriedade?
4.28. Utilização da produção de hortaliças? 1. Consumo próprio 2. Comercializa 3. Outro:
4.29. Possui alguma máquina ou implemento agrícola? 1. Sim 2. Não 3. Se sim, especifique? _____
4.30. Utiliza alguma técnica de irrigação? (verificar <i>in loco</i>) 1. Sim 2. Não 3. Se sim, especifique? _____
4.31. Faz algum tipo de artesanato? 1. Sim 2. Não 3. Se sim, especifique? _____
4.32. Para a confecção de artesanato utiliza algum recurso natural existente na propriedade? 1. Sim 2. Não 3. Se sim, especifique? _____
4.33. Utiliza ervas naturais para produção de algum tipo de medicamento? 1. Sim 2. Não 3. Se sim, especifique? _____
4.34. Utiliza cascas para produção de medicamentos? 1. Sim 2. Não 3. Se sim, especifique? _____
4.35. Comercializa madeira? 1. Sim 2. Não 3. Se sim, especifique? _____
4.36. Utiliza alguma prática de reflorestamento? 1. Sim 2. Não 3. Se sim, especifique? _____
4.37. Consegue perceber que as práticas utilizadas em sua propriedade podem trazer benefícios a sustentabilidade ambiental? 1. Sim 2. Não 3. Se sim, especifique? _____
4.38. Há indicação de que tem interesse em receber orientação técnica para realização de planejamento ambiental na propriedade? 1. Sim 2. Não 3. Se sim, especifique? _____
4.39. Em época de escassez hídrica como viabilizam a manutenção da criação de animais? 1. Ajuda de vizinhos 2. Comercialização de parte do rebanho 3. Obtenção de crédito 4. Não sabem 5. Possuem estocagem de alimentos 6. Reduzem o consumo de alimentos da família para prover aos animais 7. Esperam que o governo possa ajudar por meio de incentivos. 8. Outro:
4.40. Em época de escassez hídrica como viabilizam a manutenção da produção agrícola? 1. Ajuda de vizinhos 2. Obtenção de crédito 3. Áreas irrigadas 4. Redução da produção 5. Procuram assistência técnica 6. Esperam que o governo possa ajudar na por meio de incentivos. 8. Outro:

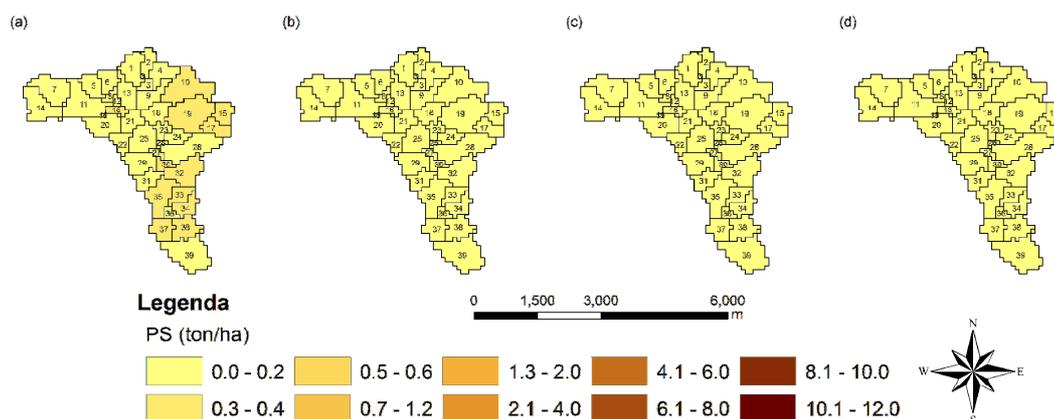
APÊNDICE C – Estimativa da produção de sedimentos (ton.ha⁻¹.ano⁻¹)

Figura 49 – Estimativa da produção de sedimentos na Bacia Marias Pretas no ano de 2003 para os quatro cenários simulados: cenário 1 (a), cenário 2 (b), cenário 3 (c) e cenário 4 (d)



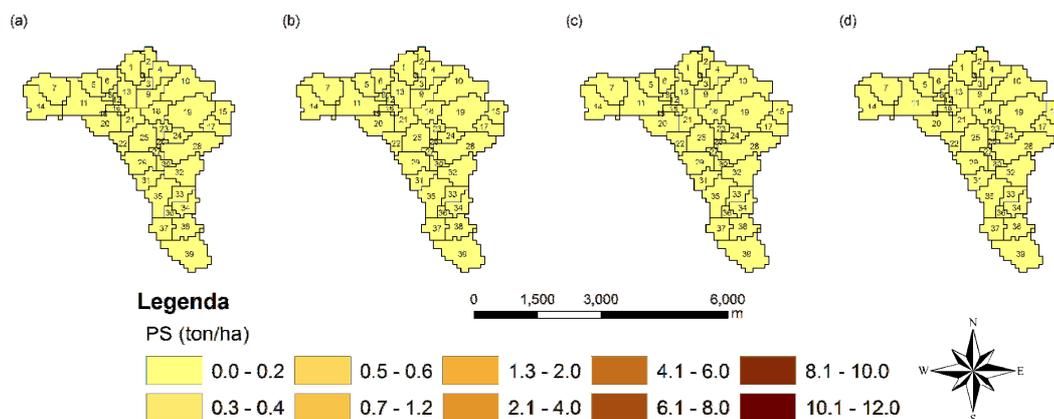
Fonte: do próprio autor

Figura 50 – Estimativa da produção de sedimentos na Bacia Marias Pretas no ano de 2005 para os quatro cenários simulados: cenário 1 (a), cenário 2 (b), cenário 3 (c) e cenário 4 (d)



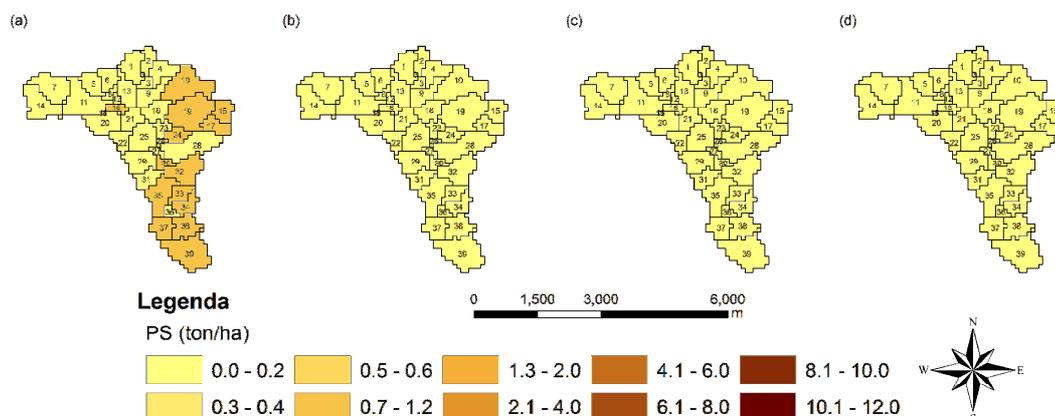
Fonte: do próprio autor

Figura 51 – Estimativa da produção de sedimentos na Bacia Marias Pretas no ano de 2006 para os quatro cenários simulados: cenário 1 (a), cenário 2 (b), cenário 3 (c) e cenário 4 (d)



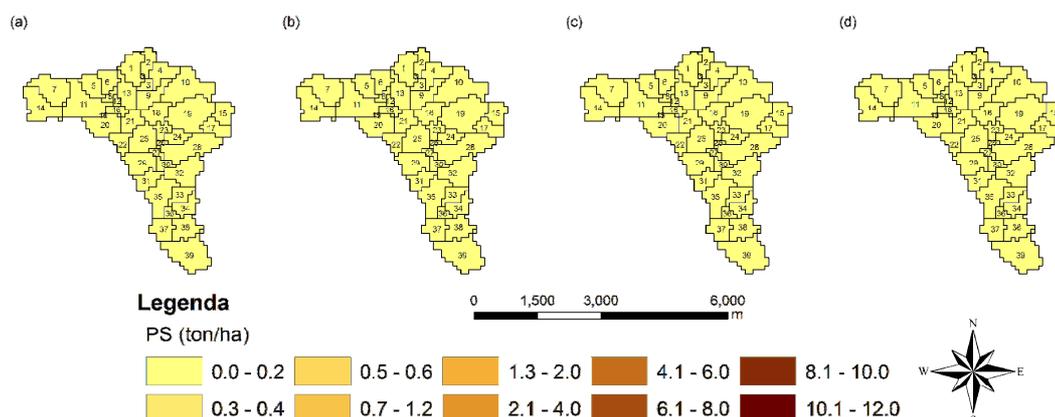
Fonte: do próprio autor

Figura 52 – Estimativa da produção de sedimentos na Bacia Marias Pretas no ano de 2007 para os quatro cenários simulados: cenário 1 (a), cenário 2 (b), cenário 3 (c) e cenário 4 (d)



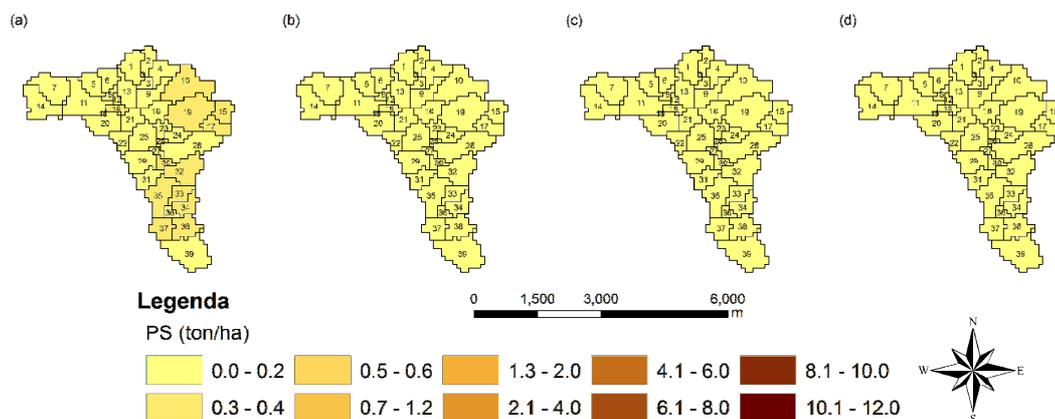
Fonte: do próprio autor

Figura 53 – Estimativa da produção de sedimentos na Bacia Marias Pretas no ano de 2009 para os quatro cenários simulados: cenário 1 (a), cenário 2 (b), cenário 3 (c) e cenário 4 (d)



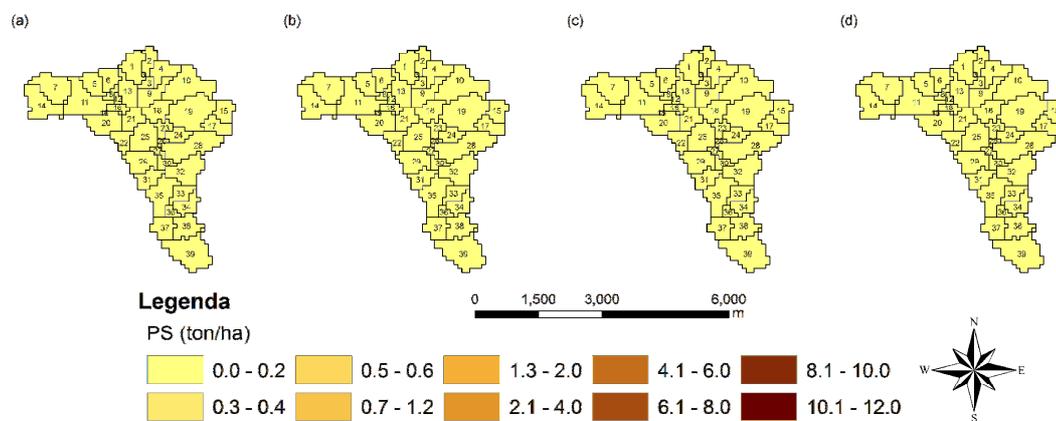
Fonte: do próprio autor

Figura 54 – Estimativa da produção de sedimentos na Bacia Marias Pretas no ano de 2010 para os quatro cenários simulados: cenário 1 (a), cenário 2 (b), cenário 3 (c) e cenário 4 (d)



Fonte: do próprio autor

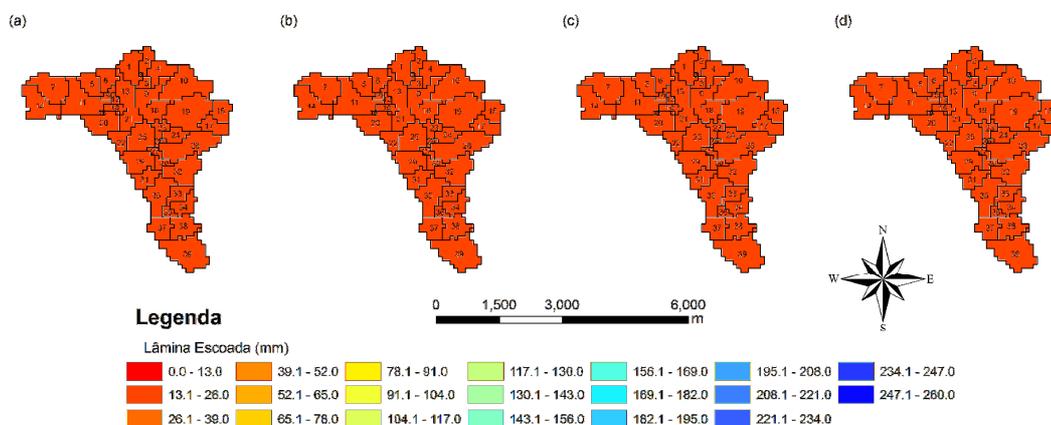
Figura 55 – Estimativa da produção de sedimentos na Bacia Marias Pretas no ano de 2012 para os quatro cenários simulados: cenário 1 (a), cenário 2 (b), cenário 3 (c) e cenário 4 (d)



Fonte: do próprio autor

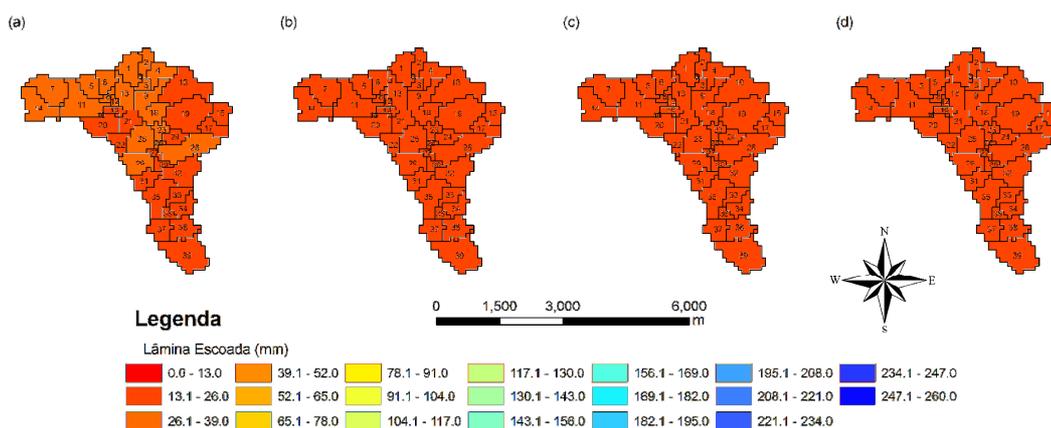
APÊNDICE D – Estimativa da lâmina escoada (mm)

Figura 56 – Estimativa da lâmina escoada (mm) na Bacia Marias Pretas no ano de 2000 para os quatro cenários simulados: cenário 1 (a), cenário 2 (b), cenário 3 (c) e cenário 4 (d)



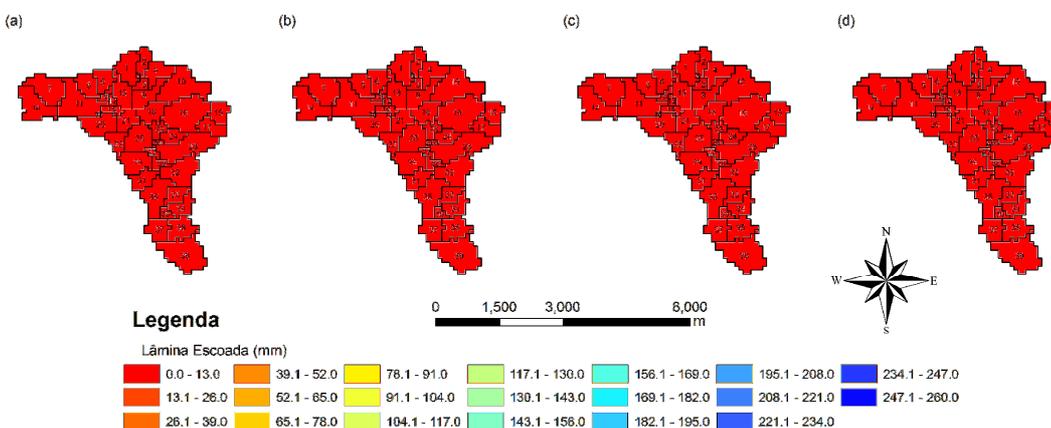
Fonte: do próprio autor

Figura 57 – Estimativa da lâmina escoada (mm) na Bacia Marias Pretas no ano de 2002 para os quatro cenários simulados: cenário 1 (a), cenário 2 (b), cenário 3 (c) e cenário 4 (d)



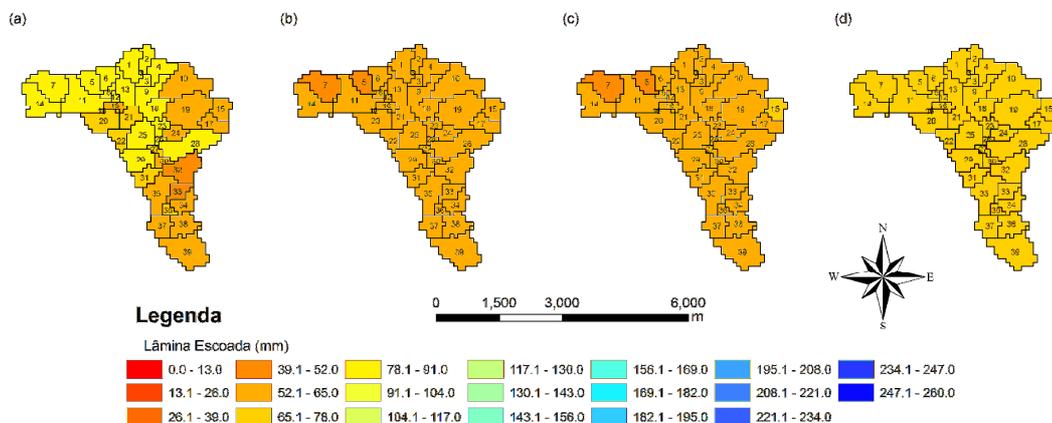
Fonte: do próprio autor

Figura 58 – Estimativa da lâmina escoada (mm) na Bacia Marias Pretas no ano de 2003 para os quatro cenários simulados: cenário 1 (a), cenário 2 (b), cenário 3 (c) e cenário 4 (d)



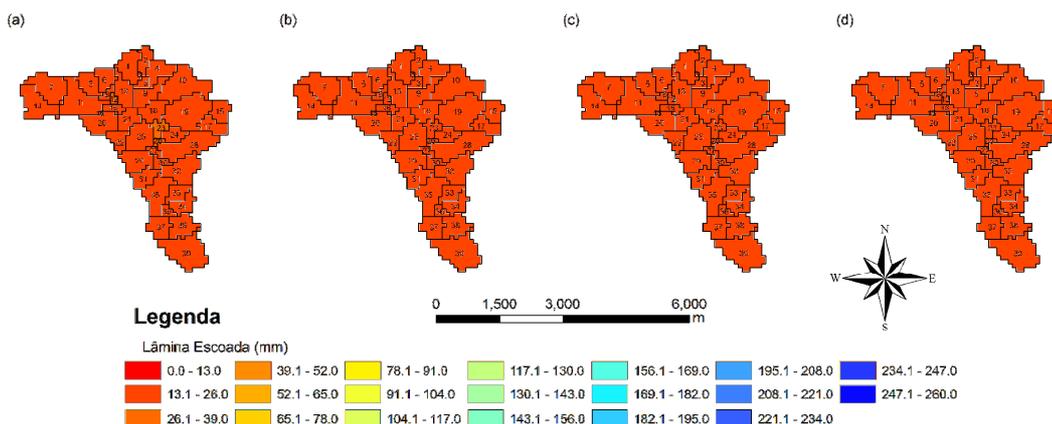
Fonte: do próprio autor

Figura 59 – Estimativa da lâmina escoada (mm) na Bacia Marias Pretas no ano de 2004 para os quatro cenários simulados: cenário 1 (a), cenário 2 (b), cenário 3 (c) e cenário 4 (d)



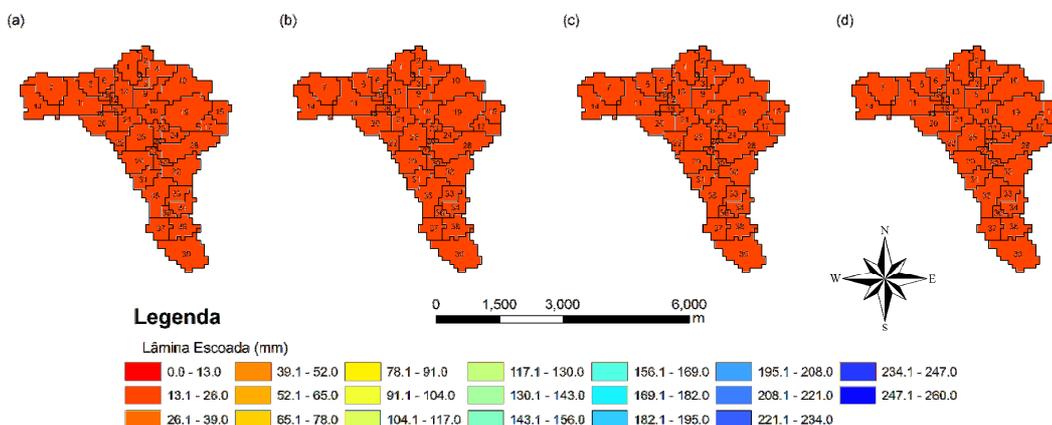
Fonte: do próprio autor

Figura 60 – Estimativa da lâmina escoada (mm) na Bacia Marias Pretas no ano de 2005 para os quatro cenários simulados: cenário 1 (a), cenário 2 (b), cenário 3 (c) e cenário 4 (d)



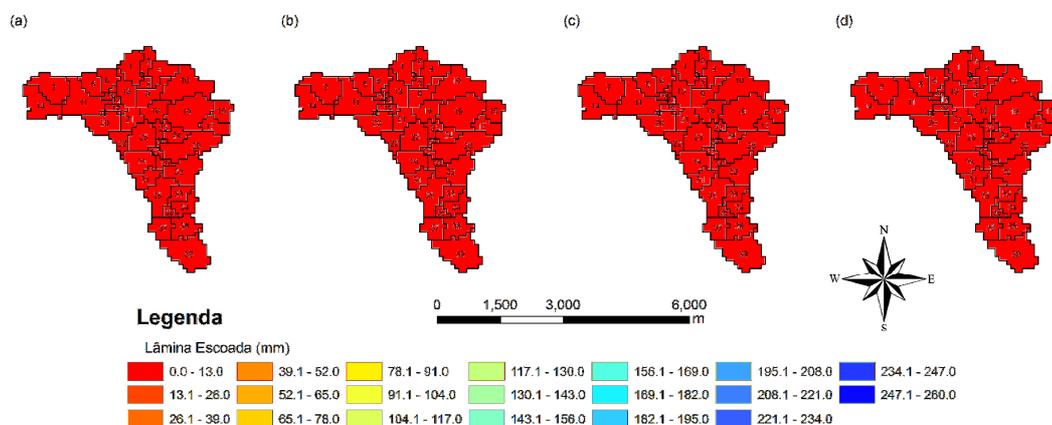
Fonte: do próprio autor

Figura 61 – Estimativa da lâmina escoada (mm) na Bacia Marias Pretas no ano de 2006 para os quatro cenários simulados: cenário 1 (a), cenário 2 (b), cenário 3 (c) e cenário 4 (d)



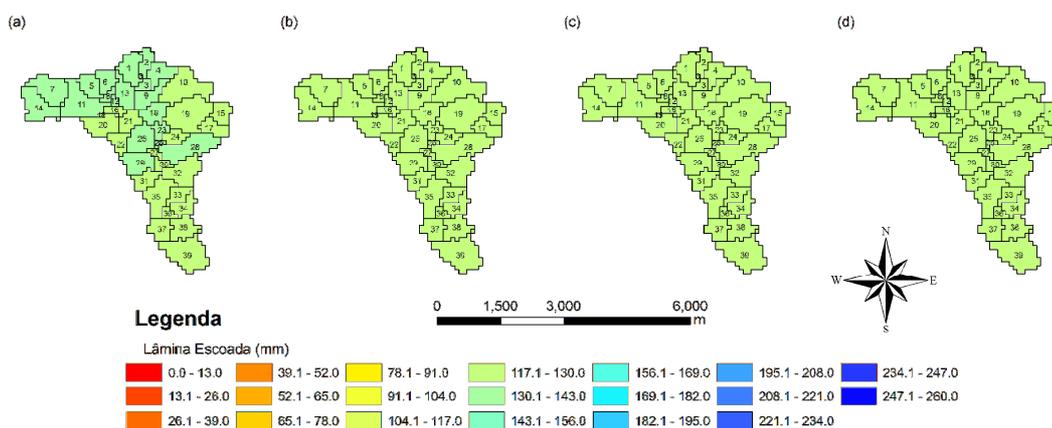
Fonte: do próprio autor

Figura 62 – Estimativa da lâmina escoada (mm) na Bacia Marias Pretas no ano de 2007 para os quatro cenários simulados: cenário 1 (a), cenário 2 (b), cenário 3 (c) e cenário 4 (d)



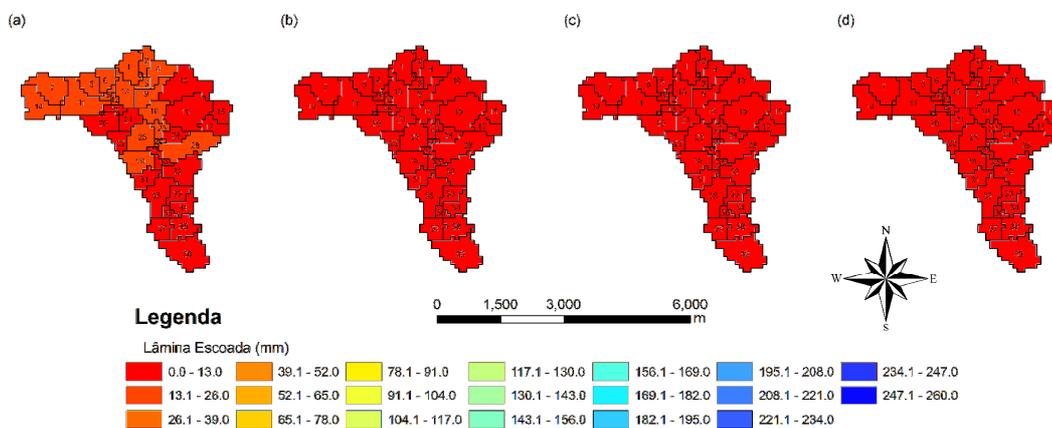
Fonte: do próprio autor

Figura 63 – Estimativa da lâmina escoada (mm) na Bacia Marias Pretas no ano de 2008 para os quatro cenários simulados: cenário 1 (a), cenário 2 (b), cenário 3 (c) e cenário 4 (d)



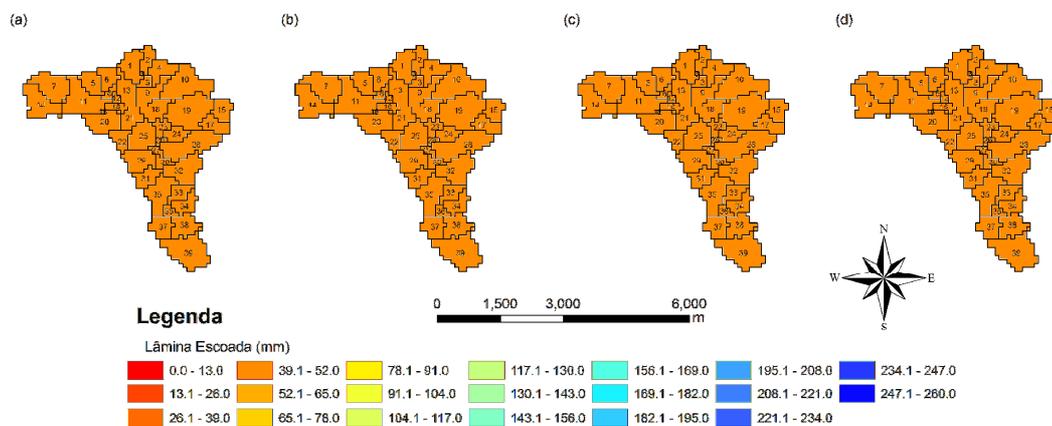
Fonte: do próprio autor

Figura 64 – Estimativa da lâmina escoada (mm) na Bacia Marias Pretas no ano de 2009 para os quatro cenários simulados: cenário 1 (a), cenário 2 (b), cenário 3 (c) e cenário 4 (d)



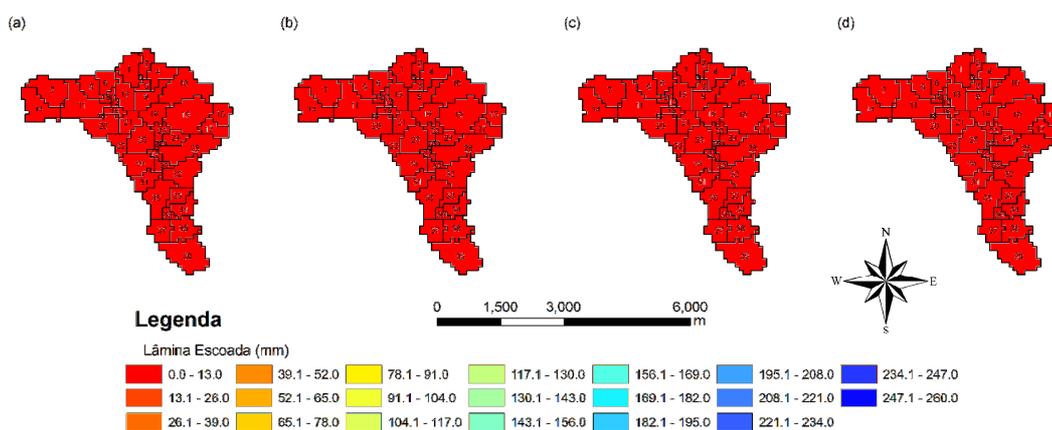
Fonte: do próprio autor

Figura 65 – Estimativa da lâmina escoada (mm) na Bacia Marias Pretas no ano de 2010 para os quatro cenários simulados: cenário 1 (a), cenário 2 (b), cenário 3 (c) e cenário 4 (d)



Fonte: do próprio autor

Figura 66 – Estimativa da lâmina escoada (mm) na Bacia Marias Pretas no ano de 2012 para os quatro cenários simulados: cenário 1 (a), cenário 2 (b), cenário 3 (c) e cenário 4 (d)



Fonte: do próprio autor