



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SEMIÁRIDO
UNIDADE ACADÊMICA DE TECNOLOGIA DO DESENVOLVIMENTO
CURSO DE ENGENHARIA DE BIOSISTEMAS

JAILTON GARCIA RAMOS

**LÂMINA ESCOADA E PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS EM MICROBACIAS DO
SEMIÁRIDO PARAIBANO**

SUMÉ - PB

2015

JAILTON GARCIA RAMOS

**LÂMINA ESCOADA E PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS EM MICROBACIAS DO
SEMIÁRIDO PARAIBANO**

Monografia ou Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Biossistemas, do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento às exigências para obtenção do título de Engenheiro de Biossistemas.

Orientador: Dr. Hugo Morais de Alcântara

SUMÉ

2015

R175I Ramos, Jailton Garcia.

Lâmina escoada e produção de sedimentos em microbacias do semiárido paraibano. / Jailton Garcia Ramos. - Sumé - PB: [s.n], 2015.

37 f.

Orientador: Dr. Hugo Morais de Alcântara.

Monografia - Universidade Federal de Campina Grande; Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido; Curso de Engenharia de Biosistemas.

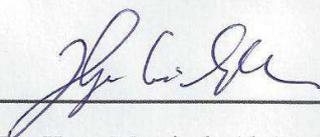
1. Bacias hidrográficas. 2. Impactos ambientais. 3. Conservação do solo. I. Título.

JAILTON GARCIA RAMOS

LÂMINA ESCOADA E PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS EM MICROBACIAS DO SEMIÁRIDO PARAIBANO

Monografia ou Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Biosistemas, do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento às exigências para obtenção do título de Engenheiro de Biosistemas.

BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dr. Hugo Moraes de Alcântara – UFCG

(Orientador)



Prof. Dr. George do Nascimento Ribeiro – UFCG

(Examinador Interno)



Prof. MSc. Fabiano Custódio de Oliveira - UFCG

(Examinador Externo)

Aprovado em Sumé - PB, 12 de março de 2015

Aos meus pais, Lindalva Garcia Ramos e Pedro da Costa Ramos.

A meus irmãos, José Ailton Garcia Ramos, Bárbara Garcia Ramos e Géssica Garcia Ramos.

A minha avó, Rosa Gonçalves (em memória)

Dedico

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por ter me concedido saúde, força e perseverança para que eu nunca fraquejasse diante das adversidades a mim impostas para que eu pudesse concluir este curso.

A meus pais Pedro da Costa Ramos e Lindalva Garcia Ramos, bem como a meus irmãos, José Ailton Garcia Ramos, Bárbara Garcia Ramos e Gêssica Garcia Ramos, pelo apoio emocional e financeiro ao qual sempre me prestaram nos momentos mais difíceis.

A Universidade Federal de Campina Grande, mais precisamente ao Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido que me ofereceu através do curso de Engenharia de Biosistemas um ensino de Qualidade.

A todos os professores que fazem parte dessa instituição, principalmente aos professores, George Ribeiro, Fabiana Pimentel e Joelma Sales.

Aos amigos e colegas da Bacia Escola da cidade de São João do Cariri, a todos os funcionários, principalmente, Alessandro, que com paciência e simpatia me acolheu em sua residência e me ensinou toda metodologia para coleta dos dados hidrossedimentológicos.

A professor Hugo Morais de Alcântara, pela orientação ímpar, paciência e profissionalismo, mas acima de tudo pela amizade construída ao longo desses cinco anos de estrada, por sempre me incentivar a trilhar os caminhos certos da humildade e da perseverança, ao passo que se mostrou sempre como espelho e exemplo de pessoa de professor de pai de família e de amigo.

Em especial, a meu primo Leandro da Costa Clementino, que se tornou um irmão, sempre ao meu lado durante toda minha caminhada, me dando força e auxiliando em tudo que estivesse a seu alcance, me erguendo e aconselhando todas as vezes que caí e pensei em desistir.

A minha amiga, Arabella Duarte, pelas conversas e desabafos nos momentos tensos e difíceis da caminhada.

A meus amigos que fizeram e sempre vão fazer parte da minha história e vida: Suayra Marta, Iralécio Lima, Adeílza Torres, Dayanne Cavalcante, Rodolpho Gomes, Éric Freitas, Helder Torreão, Albetânea Melo, Rayna da Silva, Izabelle Ramos, Pollyanna Bárbara, Tereza Cristina, Jéssica Fontes, Jéssica Neves, Jéssica Ferreira, Mayara Moura, Karlla Karen, Ailton Almeida, Alexandra Palmeira, Aldair Daniel, Carlos Emanuel "Carlinhos" e Daniel Lêla agradeço pelo apoio, entusiasmo e carinho durante todo curso.

RESUMO

A erosão é um fenômeno natural onde a superfície terrestre é desgastada e moldada por processos físicos, químicos e biológicos de remoção sendo, provavelmente, a forma mais séria de degradação da paisagem ao redor do globo. 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. A sociedade civil se defronta com um grande desafio que é a busca do equilíbrio entre desenvolvimento e sustentabilidade. O uso de práticas de manejo inapropriado da água e do solo tem um forte impacto na conservação dos recursos naturais do semiárido. Há de forma crescente o interesse em estudar e avaliar de acordo com as características locais de cada região, respeitando a cultura e tradição, as melhores formas de utilização dos recursos naturais ainda existentes. Neste sentido é fundamental conhecer o comportamento de áreas degradadas e as consequências do nível de degradação que se encontra cada área. Este trabalho tem como o principal problema de pesquisa a avaliação qualitativa da lâmina escoada e produção de sedimentos quando são utilizadas práticas mecânicas de conservação do solo em duas micro-bacias rurais aninhadas na região do semiárido brasileiro. O objetivo geral deste trabalho é avaliar a lâmina escoada e a produção de sedimentos em microbacias do semiárido paraibano, e os objetivos experimentais são de avaliar a lâmina escoada e produção de sedimentos em microbacias experimentais aninhadas e investigar a influência das práticas mecânicas de conservação do solo em uma microbacia experimental. A hipótese que norteia o trabalho é que práticas mecânicas de conservação do solo podem favorecer a manutenção de áreas úmidas e de maior produtividade o que auxiliaria o elenco de alternativas de uso e ocupação do solo no meio rural além de favorecer as relações do homem com o meio ambiente, resultando assim, em uma maior possibilidade de identificação de estratégias conservacionistas. Dados obtidos em três microbacias com ordem de grandeza de 1,0 ha, sendo duas delas aninhadas, foram utilizados para analisar a eficiência de práticas mecânicas conservacionistas do solo e o efeito de escala. Os resultados indicam uma variação de 19,3% a 97,9% na redução da produção anual de sedimentos observada na microbacia 03 em relação a microbacia 01 e de 23,4% a 63,7% em relação a microbacia 02, no período de 2002 a 2007. A redução da lâmina escoada anual da microbacia 03 variou de 4,6% a 98,1% quando comparada com as microbacias 01 e 02. Não há uma relação linear entre a precipitação, lâmina escoada e a produção de sedimentos, bem como entre a lâmina escoada e a produção de sedimentos. A utilização de barramentos de pedra como prática de conservação do solo se apresenta como uma alternativa exitosa e de baixo custo para a utilização de parcelas do solo para o aproveitamento agrícola ou de recuperação de áreas degradadas no semiárido.

Palavras chave: Impactos ambientais. erosão. conservação do solo.

ABSTRACT

Erosion is a natural phenomenon where the earth's surface is worn and shaped by physical, chemical and biological processes for the removal being probably the most serious form of landscape degradation around the globe. Humans are considered the main causative agents of erosion on the planet and this can result in many environmental impacts and the loss of arable land. Civil society faces a major challenge is the search for balance between development and sustainability. The use of inappropriate management practices of water and soil had a strong impact on the conservation of natural resources in the semi-arid region. There are increasingly interested in the study and evaluate according to the local characteristics of each region, respecting the culture and tradition, the best ways to use the remaining natural resources. In this sense it is essential to know the behavior of degraded areas and the level of degradation consequences that is each area. This work is the main problem of research a qualitative evaluation of runoff and sediment yield when mechanical soil conservation practices are used in rural micro-basins in the Brazilian semi-arid region. The aim of this study is to evaluate the marketed blade and sediment yield in watersheds of Paraiba semi-arid, and the experimental objectives are to assess the marketed blade and sediment yield in nested experimental watersheds and investigate the influence of mechanical practices for soil conservation in an experimental catchment. The hypothesis that guides the work is that mechanical soil conservation practices may favor the maintenance of wetlands and higher productivity which would help the cast of alternative land use and occupation in rural areas besides favoring man's relations with the environment, thus resulting in a higher possibility of identification of conservation strategies. Data from three watersheds with 1.0 ha magnitude, two of them nested, were used to analyze the efficiency of mechanical soil conservation practices and the effect of scale. The results indicate in range of 19.3% to 97.9% reduction in annual sediment yield observed in the watershed 3 for 01 watershed and 23.4% to 63.7% compared to 02 watershed in the period from 2002 to 2007. The reduction in annual of runoff watershed 03 ranged from 4.6% to 98.1% when compared to watersheds 01 and 02. There is a linear relationship between rain, runoff and sediment yield and disposed between the runoff and the sediment yield. The use of rock barriers as soil conservation practice is presented as a successful and cost-effective alternative to the use of land plots for agricultural use or recovery of degraded areas in the semi-arid region.

Keywords: environmental impacts. Erosion. soil conservation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Interação entre erosão hídrica e características do ciclo hidrológico em uma bacia hidrográfica	16
Figura 2	Localização das mesorregiões do estado da Paraíba	19
Figura 3	Bacia Experimental de São João do Cariri (BESJC)	20
Figura 4	Limites e rede de drenagem das microbacias 01,02, e 03, em destaque a microbacia 02 que está aninhada dentro da microbacia 03.	21
Figura 5	Seção final da microbacia 01	22
Figura 6	Pluviômetro Nacional ou <i>Ville de Paris</i> instalado na área da microbacia 01	22
Figura 7	Prática mecânica de conservação do solo na microbacia 03	25
Figura 8	Área das microbacias aninhadas 02 e 03	25
Gráfico 1	Lâmina escoada em função da precipitação no período considerado	26
Gráfico 2	Produção de sedimentos em função da precipitação no período considerado	28
Gráfico 3	Totais precipitados e de lâmina escoada nas microbacias 01, 02 e 03	29
Gráfico 4	Precipitação e produção de sedimentos nas microbacias 01, 02 e 03	30
Gráfico 5	Lâmina escoada e produção de sedimentos nas microbacias 1, 2 e 3	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Características das microbacias	22
Tabela 2 Precipitação, lamina escoada e produção de sedimentos para as microbacias	24

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BESJC	Bacia Experimental de São João do Cariri
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
FAO	Organização das Nações Unidas para agricultura e alimentação
FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos
IPCC AR4	Painel Intergovernamental sobre mudanças climáticas
MB 01	Microbacia 01
MB 02	Microbacia 02
MB 03	Microbacia 03
SUDENE	Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste
UFMG	Universidade Federal de Campina Grande

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVO GERAL	14
2.1. Objetivos específicos	14
3. REVISÃO DE LITERATURA	15
4. MATERIAS E MÉTODOS	19
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	31
7. RECOMENDAÇÕES	32
8. REFRÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33

1 INTRODUÇÃO

A erosão ou gliptogênese é um fenômeno natural onde a superfície terrestre é desgastada e moldada por processos físicos, químicos e biológicos de remoção. Para a Agronomia e Engenharia, faz-se sempre a associação da erosão com perdas das camadas superficiais do solo principalmente quando desprotegidas devido à ausência de cobertura vegetal, uso e ocupação sem planejamento (SUGUIO, 2003).

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. 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). Acredita-se que aproximadamente um quarto das terras agrícolas dos países em desenvolvimento esteja significativamente degradado (BRIGHT, 2003).

No semiárido brasileiro, o extrativismo, basicamente associado à extração de lenha, contribuiu significativamente para o aumento do desmatamento, para introdução da agricultura e pecuária de subsistência (SALCEDO, 2004). Nesta região há uma forte associação da erosão hídrica com fatores físicos e morfológicos de bacias hidrográficas, como por exemplo, solos jovens, pouco profundos, subsolo derivado do embasamento cristalino, ausência de cobertura vegetal incluindo as matas ciliares de rios e riachos, além do uso e ocupação indevidos do solo.

No nordeste brasileiro, os processos hidrossedimentológicos, em pequenas bacias, começaram a ser avaliados a partir da década de 1970 do século XX, por meio da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) em áreas denominadas de bacias experimentais e representativas, sob condições diversas de uso e ocupação do solo com objetivo de realização de pesquisas em áreas hidrológicamente homogêneas (Righetto, 2004).

A Paraíba é o estado brasileiro que apresenta o maior percentual de áreas com nível de degradação considerado muito grave, afetando de modo direto ou indireto, 52% do total da população, ou seja, em torno de 1,66 milhões de pessoas (CANDIDO, 2002). Segundo Marengo et al., (2009 a, b), a desertificação em áreas cobertas por florestas secas e a pressão sobre as áreas nativas, como a Caatinga, podem aumentar se não houver políticas governamentais de combate a pobreza.

De acordo com a avaliação do quarto relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC AR4, 2007), os cenários climáticos sugerem que a principal ameaça para a Caatinga está no aumento da aridez. A região semiárida do Nordeste do Brasil é

densamente povoada, coberta predominantemente por vegetação típica da Caatinga e possui cerca de 27 milhões de habitantes e densidade populacional de até 30 habitantes por km² (GARIGLIO et al., 2010; SANTOS et al., 2014).

A sociedade civil se defronta com um grande desafio que é a busca do equilíbrio entre desenvolvimento e sustentabilidade. O uso de práticas de manejo inapropriado da água e do solo tem um forte impacto na conservação dos recursos naturais do semiárido (SILVA, 2008). Há de forma crescente o interesse em estudar e avaliar de acordo com as características locais de cada região, respeitando a cultura e tradição, as melhores formas de utilização dos recursos naturais ainda existentes, uma vez que seu uso excessivo e indevido faz com que sua disponibilidade seja reduzida, frente a uma demanda cada vez maior para a manutenção da população e a ampliação de diversas atividades produtivas (ALCÂNTARA, 2013).

Neste sentido é fundamental conhecer o comportamento de áreas degradadas e as consequências do nível de degradação que se encontra cada área. É essencial unir e interpretar dados obtidos em pequenas áreas de estudo, de modo de se possa determinar e utilizar parâmetros físicos que as representam, em áreas de maior escala, desde que hidrologicamente homogêneas (FRAGOSO, 2008).

Este trabalho teve como o principal problema de pesquisa a avaliação qualitativa da lâmina escoada e produção de sedimentos quando são utilizadas práticas mecânicas de conservação do solo em três micro-bacias, sendo que duas são aninhadas na região do semiárido brasileiro.

A hipótese que norteia o trabalho é que práticas mecânicas de conservação do solo podem favorecer a manutenção de áreas úmidas e de maior produtividade, o que auxiliaria o elenco de alternativas de uso e ocupação do solo no meio rural, além de favorecer as relações do homem com o meio ambiente, resultando assim, em uma maior possibilidade de identificação de estratégias conservacionistas.

2 OBJETIVO GERAL

- Avaliar a lâmina escoada e a produção de sedimentos em microbacias do semiárido paraibano.

2.1 Objetivos específicos

- Avaliar a lâmina escoada e a produção de sedimentos em microbacias experimentais aninhadas;
- Investigar a influência de práticas mecânicas de conservação do solo em uma microbacia experimental.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

No ciclo hidrológico, a erosão hídrica está diretamente associada ao impacto das gotas da chuva sobre o solo exposto, onde pode haver, dependendo do tipo de solo e da declividade das áreas analisadas, uma interação entre a capacidade de infiltração e a geração do escoamento superficial, no momento em que o solo se encontra saturado, ou seja, com todos os espaços porosos preenchidos por água, produzindo escoamento superficial direto ou deflúvio (SILVEIRA, 2004).

No momento em que a precipitação atinge o solo, parte dela pode escoar ou infiltrar, dependendo de características físicas e de morfometria da bacia, tais como, declividade, tipo de solo, capacidade de infiltração, uso do solo, cobertura vegetal e ações antrópicas que degradam a superfície, de tal forma que o potencial de erodibilidade e a perda de nutrientes, o que associado a práticas produtivas tradicionais e sem o devido acompanhamento técnico tornam os solos improdutivos e impróprios para cultivo (TUCCI, 2002; BERTONI, 1999; LOMBARDI NETO, 1993; PEREIRA et al., 2003).

O volume e a velocidade do escoamento superficial dependem de algumas características da precipitação, como por exemplo: a intensidade, frequência de ocorrência e duração da chuva, além da morfologia local; a intensidade da precipitação é a característica mais importante associada à geração do escoamento e a produção de sedimentos (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1999).

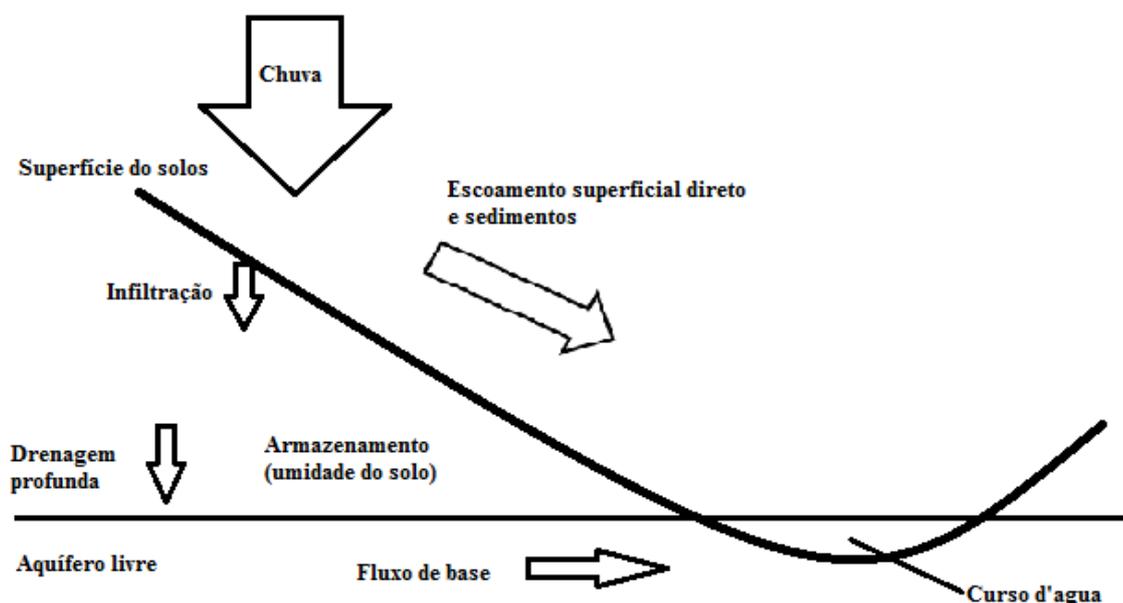
Um dos principais problemas decorrentes do escoamento superficial é o carreamento de partículas sólidas do solo para os corpos hídricos o que pode causar redução da qualidade da água em rios e reservatórios, dificultando o seu tratamento, pois o torna mais oneroso para que se atinjam os padrões de potabilidade para o consumo humano (RAUHOFER, 2001).

A presença de vegetação sobre a superfície do solo é importante devido a interceptação das gotas da chuva por meio dos galhos e folhas, onde parte da energia é dissipada, reduzindo o impacto das gotas de água sobre o solo, favorecendo o processo de infiltração e aumentando a sua rugosidade (RANIERI et al., 1998). Quanto menor a densidade de plantas por área, provavelmente, maior será a lâmina escoada e a produção de sedimentos, uma vez que a energia mecânica das gotas da chuva incide diretamente sobre o solo, provocando o desprendimento de partículas sólidas, e o escoamento superficial favorecerá o seu transporte (BRUIJNZEEL, 1996). A remoção da vegetação de florestas associada à erosão pode favorecer ao assoreamento de rios

e reservatórios superficiais, bem como maximizar o poder das cheias e inundações (SILVA e CURI, 2001, GUERRA, 2010).

Na Figura 1 é apresentada de forma resumida, alguns processos do ciclo hidrológico que possuem influência sobre processos erosivos.

Figura 1 – Interação entre a erosão hídrica e características do ciclo hidrológico em uma bacia hidrográfica.



Fonte: SWCS (2003)

O solo é um recurso natural não renovável e o potencial de erodibilidade aumenta consideravelmente quando este não possui cobertura vegetal. Estima-se que cerca de 25 milhões de toneladas de solo, são arrastadas por ano depositando-se nos fundos dos vales até chegar aos rios e oceanos (COIMBRA e TUBÚRCIO, 2000).

Estudos sobre processos hidrossedimentológicos em bacias hidrográficas são importantes para a compreensão dos mecanismos que controlam o movimento da água sobre o solo e a perda de solo por carreamento, além dos impactos ambientais, econômicos e sociais decorrentes da erosão (SILVA et al., 2004; GADAGNIN et al., 2005).

No Brasil, o governo federal iniciou no ano de 1987, o Programa Nacional de Microbacias Hidrográficas, com o propósito de mitigar as perdas na agricultura, baseado no manejo de água e solo, constituído no princípio da sustentabilidade, através do Decreto Lei nº 94.076 de 05/03/1987 (MACHADO e STIPP, 2003).

A erosão e o transporte de sedimentos em bacias hidrográficas têm causado o assoreamento de rios e reservatórios superficiais, sendo diagnosticados danos ambientais e econômicos para a sociedade, podendo haver a redução da qualidade da água disponível para o consumo, o aumento dos custos com tratamento da água e de manutenção das turbinas nas hidroelétricas (CARVALHO et al., 2005).

A deposição de sedimentos nos leitos de rios e outros corpos hídricos é conhecida como assoreamento. Sob ponto de vista biológico esta deposição pode ser desencadeada por supressão da mata ciliar de rios e impactos diretos sobre flora e fauna, devido ao aumento do antropismo, que conseqüentemente aumenta a demanda de serviços públicos das empresas de tratamento de água e de geração de energia. A ocorrência de escorregamentos ou deslizamentos de encostas de rios aumenta a susceptibilidade das áreas de inundação, pode reduzir a capacidade de infiltração da água no solo e contaminar águas superficiais e subterrâneas (MIGUEL e SANTOS, 2007).

O termo assoreamento já é antigo, uma vez que tal processo depositou e deposita ao longo dos anos milhões de toneladas de sedimentos no fundo dos oceanos, afetando assim diretamente toda a vida nativa da região (MASSAD, 2003).

O uso incorreto e manejo inadequado do solo, associado aos modelos econômicos regionais influenciados pelo produtivismo imediatista voltados para o agronegócio, são os principais fatores causadores da degradação de grandes áreas e conseqüentemente aumento da susceptibilidade de erosão do solo (ALCÂNTARA et al., 2014; ALVES et al., 2009; MATALLO Jr., 2003). Este aumento da produção faz com que não exista tempo de recuperação dos solos agricultáveis, observando-se o declínio da produtividade e o empobrecimento do solo.

O transporte de sedimentos em bacias hidrográficas varia bastante quando comparamos áreas com mesmo tipo de solo que possuem relevo acidentado e suave, sabendo que essa produção de sedimentos depende também da litologia, velocidade de deslocamento da água e do regime de chuvas (CARVALHO, 2008).

Adur et al. (1985) destacaram como sendo relevantes as ações de manejo para mitigar a erodibilidade do solo a conservação de estradas municipais, o controle de processos erosivos, a recuperação de matas ciliares, a conservação da mata nativa, a introdução de novas práticas de manejo e adubação adequada a cada tipo de solo e cultura, a melhoria na qualidade da água, a redução no uso de agrotóxicos e o estímulo na diversificação das atividades produtivas.

A produção de sedimentos em bacias hidrografias sempre foi uma preocupação da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), que é responsável pelo planejamento e gestão

da energia elétrica gerada no país, e o aumento da produção de sedimentos compromete diretamente essa geração de energia, pelo fator assoreamento, dessa forma diminuindo a capacidade de armazenamento dos reservatórios (ANEEL, 2005).

Uma prática pouco difundida no semiárido brasileiro é o plantio direto, onde a semeadura ocorre entre restos de culturas depositados sobre o solo após a colheita. Esta prática é comum nas regiões Sul e Sudeste do Brasil e auxilia a dissipação da energia mecânica da gota da chuva sobre o solo, reduzindo as perdas de solo (SLONEKER e MOLDENHAUER, 1977), obtendo de acordo com alguns pesquisadores uma eficácia, com um índice de minimização da produção de sedimentos de cerca de 30% (COGO, 1987; LOPES et al., 1987).

Os estudos de produção de sedimentos tradicionalmente eram realizados com mais frequência em parcelas experimentais instaladas em encostas, com o propósito de verificar os impactos causados pela ação do homem, manejo, uso e ocupação do solo, com o objetivo de desenvolver tecnologias que fossem capazes de mitigar a erosão. (De PLOEY 1980 e GABRIELS, 1980; CERDAN *et al.*, 2004; BOIX-FAYOS *et al.*, 2006).

A definição de microbacias é apresentada para áreas, cujos divisores topográficos direcionam os cursos de água ou afluentes para um rio principal, cuja área de abrangência variando entre 1000 ha e 5000 ha, sendo estas utilizadas para a implantação de projetos de cunho conservacionista, a fim de comparar os resultados com bacias hidrográficas maiores que apresentem características físicas semelhantes (BERTONE e LOMBARDI NETO, 1999).

Desta forma, do ponto de vista hidrológico uma microbacia pode ser considerada como uma pequena parcela da paisagem onde há interação de fatores associados à qualidade e disponibilidade da água, como por exemplo, vegetação, atmosfera, culturas agrícolas, rochas subjacentes, deixando evidente a importância de ser trabalhar com áreas menores para pesquisas, com a interpretação dos dados e estudos realizados, na determinação de parâmetros de base física para utilização em modelos de simulação ambiental que podem auxiliar em planejamentos conservacionistas mais eficazes e eficientes, além de realistas (SRINIVASAN e ARNOLD, 1994; NEVES, 2005; PRADO, 2005; GARCIA, et al., 2006; LELIS, 2011).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento desse trabalho, foram selecionadas três microbacias localizadas na Bacia Experimental de São João do Cariri, PB, monitoradas a partir do ano 2000 do século XX, sendo duas aninhadas e uma destas possuindo uma prática mecânica de conservação do solo que utilizou barramentos de pedra no curso do riacho, com o objetivo de redução da erosão e planificação de trechos subsequentes

A bacia experimental de São João do Cariri, também conhecida como Bacia Escola Bacia dos namorados, está situada na mesorregião da Borborema, microrregião do Cariri Oriental, na superfície do Planalto da Borborema, possui uma área de 13,6 Km² e é vinculada a Unidade Acadêmica de Engenharia Civil do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande. O Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido desenvolve atividades de pesquisa e aulas de campo nesta unidade experimental desde o ano de 2009. Na figura 2 mostra as mesorregiões do estado da Paraíba.

Figura 2 – Localização das mesorregiões do estado da Paraíba

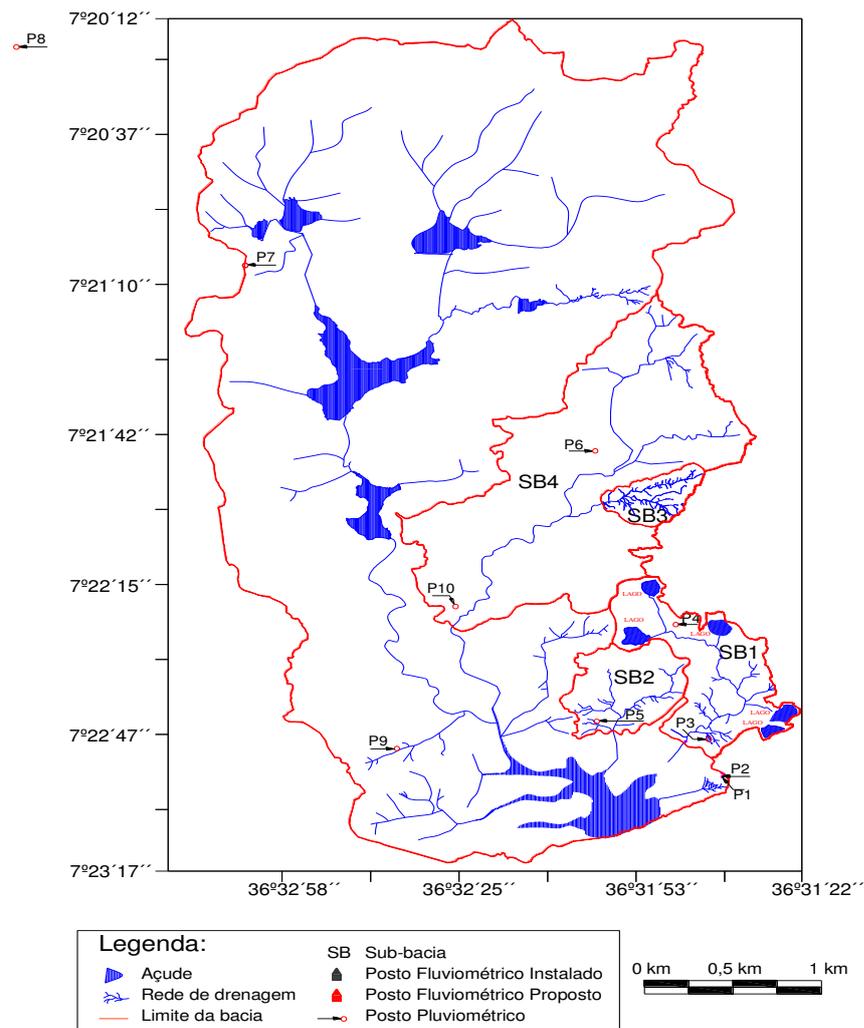


Fonte: Dantas (2012)

Apresenta altitude variando entre 400 m e 600 m, sua litologia é caracterizada por apresentar um relevo suave e ondulado, que faz parte de Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba, Sub-bacia do Rio Taperoá e Riacho dos Namorados (PAES-SILVA et al., 2003). Os principais tipos de solos encontrados na área de estudo são do tipo: Luvisolo Cromo Vértico, Vertissolo e Neossolo Lítico (CHAVES et al, 2000).

As áreas experimentais selecionadas possuem ordem de grandeza de 1,0 ha e foram utilizadas para realização da avaliação da lâmina escoada e produção de sedimentos. O monitoramento nestas áreas também ocorre em regime permanente e fica apenas restrito a ocorrência de precipitações com conseqüente escoamento.

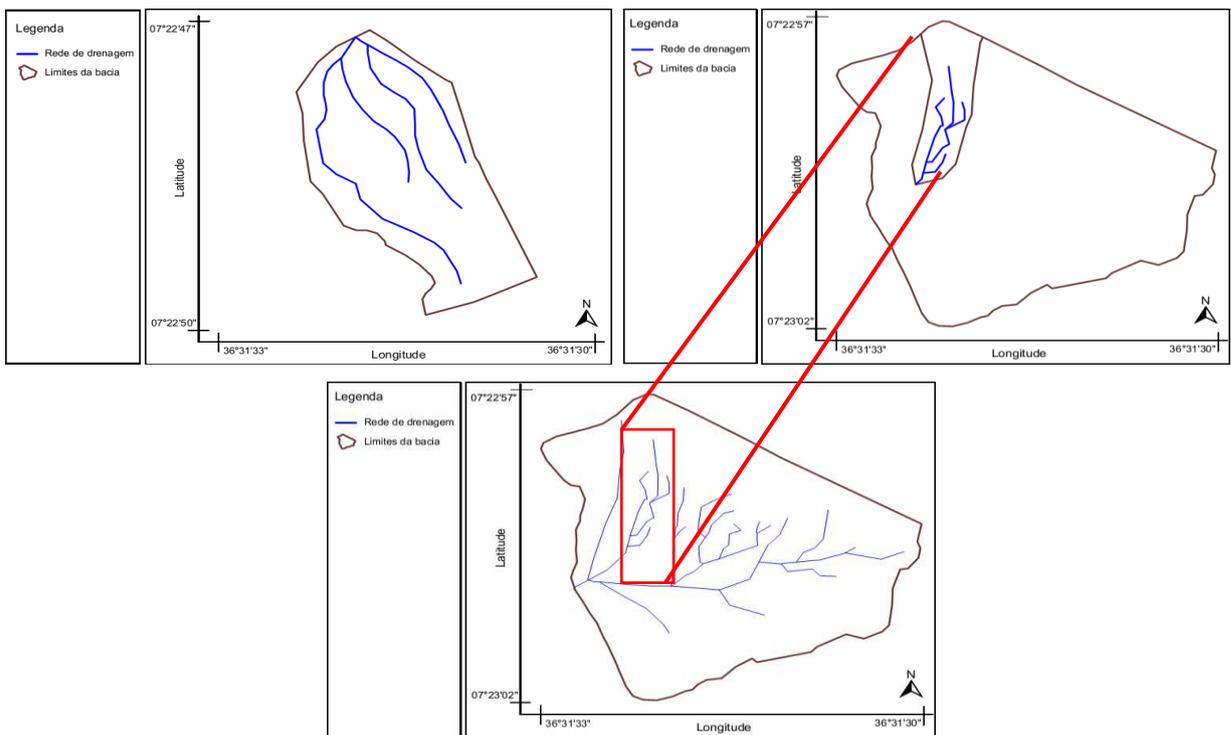
Na Figura 3 é apresentado os limites das sub-bacias monitoradas na bacia experimental de São João do Cariri, PB.



Fonte: Aragão 2006.

As três microbacias experimentais escolhidas para a realização deste trabalho são denominadas de microbacia 01 (MB01), microbacia 02 (MB02) e microbacia 03 (MB03) possuem área de 0,18 ha, 0,16 ha e 1,63 ha, respectivamente. Permaneceram sem acesso de animais no período de 2002 a 2007. É importante destacar que a microbacia 02 é uma sub-bacia da micro-bacia 03. O que motivou a escolha dessas três microbacias é o fato de apenas estas tinham dados já processados para o período de estudo analisado. A Figura 4 apresenta os divisores e rede de drenagem das micro-bacias 01, 02 e 03, em destaque a microbacia 02, que é uma sub-bacia da microbacia 03.

Figura 4 – Limites e rede de drenagem das microbacias 01,02, e 03, em destaque a microbacia 02, que está aninhada dentro da microbacia 03.



Fonte: do próprio autor.

A instrumentação utilizada para realização da quantificação do volume escoado superficialmente, da produção de sedimentos e medições do nível de água é composta por fossa de sedimentos, vertedor triangular de soleira delgada com ângulo de 90° e linígrafo tipo bóia e contrapeso com diagrama mensal.

A fossa de sedimentos possui uma relação cota *versus* volume que possibilita de acordo com o nível de água medido após as cheias a conversão da cota em volume. A equação de

Thompson é utilizada para a conversão do nível de água em vazão que transborda pelo vertedor.

Na Figura 5 é demonstrado o detalhe da fossa de sedimentos da microbacia 01 (MB01) que foi construída em fibra de vidro.

Figura 5 – Seção final da microbacia 1



Fonte: Bacia Experimental de São João do Cariri, 2000

Na Tabela 1 é possível observar algumas características físicas, morfológicas e de cobertura vegetal das microbacias no período analisado.

Tabela 1 – Características das microbacias

Micro-bacia	Área (ha)	Declividade (%)	Cobertura vegetal	Período de observação
1	0,18	7,5	Caatinga arbórea	2002 – 2007
			arbustiva aberta	
2	0,16	6,9	Caatinga arbórea	2002 – 2007
			arbustiva aberta	
3	1,63	7,1	Caatinga arbórea	2002 – 2007
			arbustiva aberta	

Fonte: UFCG/Bacia Experimental de São João do Cariri

Os dados pluviométricos utilizados foram coletados por meio de um pluviômetro convencional de fabricação nacional do tipo Ville de Paris instalado na estação climatológica de

superfície (7° 22' 45'' S e 36°31'47,2'' W) da Bacia Experimental de São João do Cariri, PB. Na figura 6 é demonstrado o tipo de pluviômetro utilizado para a totalização da precipitação diária.

Figura 6 - Pluviômetro Nacional (*Ville de Paris*) instalado na área da microbacia 01



Fonte: UFCG/Bacia Experimental de São João do Cariri, 2007

A quantificação do volume escoado é realizada em cada fossa de sedimentos usando a medição da cota e a convertendo em volume com auxílio da relação cota *versus* volume. O volume transbordado é calculado encontrando-se a área abaixo da curva desenhada no hidrograma. A soma destes volumes é dividida pela área da bacia para encontrarmos a lâmina escoada em milímetros.

A produção de sedimentos é quantificada após a medição da massa seca das amostras realizadas em três níveis do interior da fossa de sedimentos, três níveis dos amostradores automáticos e em duas amostras do fundo do tanque. Após a quantificação da massa seca de cada cheia é obtida a produção de sedimentos em $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ou $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$. A lâmina escoada e a produção de sedimentos anuais foram determinadas no período de 2000 a 2007 para comparação com os limites de tolerância de perda de solo estabelecidos mundialmente e avaliação da influência de práticas mecânicas utilizadas na microbacia 03.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Bacia Escola de São João do Cariri para o período de 2000 a 2007 foram observados 172 eventos chuvosos com conseqüente escoamento superficial e produção de sedimentos em pelo menos uma das três micro-bacias e 107 eventos nas três microbacias que permaneceram no período de 2000 a 2005 em estado de pousio. As microbacias foram cercadas para isolar a área de drenagem do contato com os animais de pequeno porte que são monitorados na Fazenda Experimental de São João do Cariri vinculada ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba.

Na Tabela 2 são apresentados os dados anuais de precipitação, precipitação com conseqüente escoamento em pelo menos uma das três microbacias avaliadas, a lâmina escoada e a produção de sedimentos para o período de 2000 a 2007.

Tabela 2 – Precipitação, lâmina escoada e produção de sedimentos para as micro-bacias

Ano	Precipitação	Precipitação com	Lâmina escoada			Produção de sedimentos		
	anual (mm)	conseqüente escoamento (mm)	(mm)			(Ton.ha ⁻¹)		
			MB1	MB2	MB3	MB1	MB2	MB3
2000	887.7	352.8	92.7			1.139		
2001	398.5	242.3	15.2			0.088		
2002	641.8	510.8	80.3	5.2	1.5	0.525	0.033	0.011
2003	326.2	169.4	6.3	5.3	2.7	0.085	0.042	0.023
2004	745.8	525.0	204.3	184.5	96.9	0.586	0.371	0.175
2005	702.5	522.1	134.6	134.6	96.6	0.423	0.445	0.341
2006	417.2	273.9	78.0	69.0	65.8	0.784	0.718	0.526
2007	361.4	212.6	18.8	13.7	7.8	0.109	0.076	0.052

Fonte: UFCG/Bacia Experimental de São João do Cariri, PB

Duas das três microbacias não possuem nenhuma prática mecânica de conservação do solo, as microbacias 01 e 02, enquanto que a microbacia 03 possui cinco barramentos de pedra no leito do rio principal, além de possuir a microbacia 02 como sendo uma de suas sub-bacias. A intenção destes barramentos é de reduzir o transporte de sedimentos durante as cheias e favorecer a planificação do solo, aumento de umidade e de cobertura vegetal nestes trechos do rio principal.

Na Figura 7 apresenta um destes barramentos de pedra e cobertura vegetal em maior quantidade do que em outros trechos da bacia que não possuem este tipo de prática conservacionista.

Figura 7 – Prática mecânica de conservação do solo na microbacia 03



Fonte: UFCG/Bacia Experimental de São João do Cariri, 2015

A Figura 8 mostra a área da microbacia 02 que não possui nenhuma prática de conservação do solo. Podemos observar que a cobertura vegetal é bem menor do que nas áreas que possuem alguma prática conservacionista.

Figura 8 – Área das microbacias aninhadas 02 e 03



Fonte: UFCG/Bacia Experimental de São João do Cariri, 2015

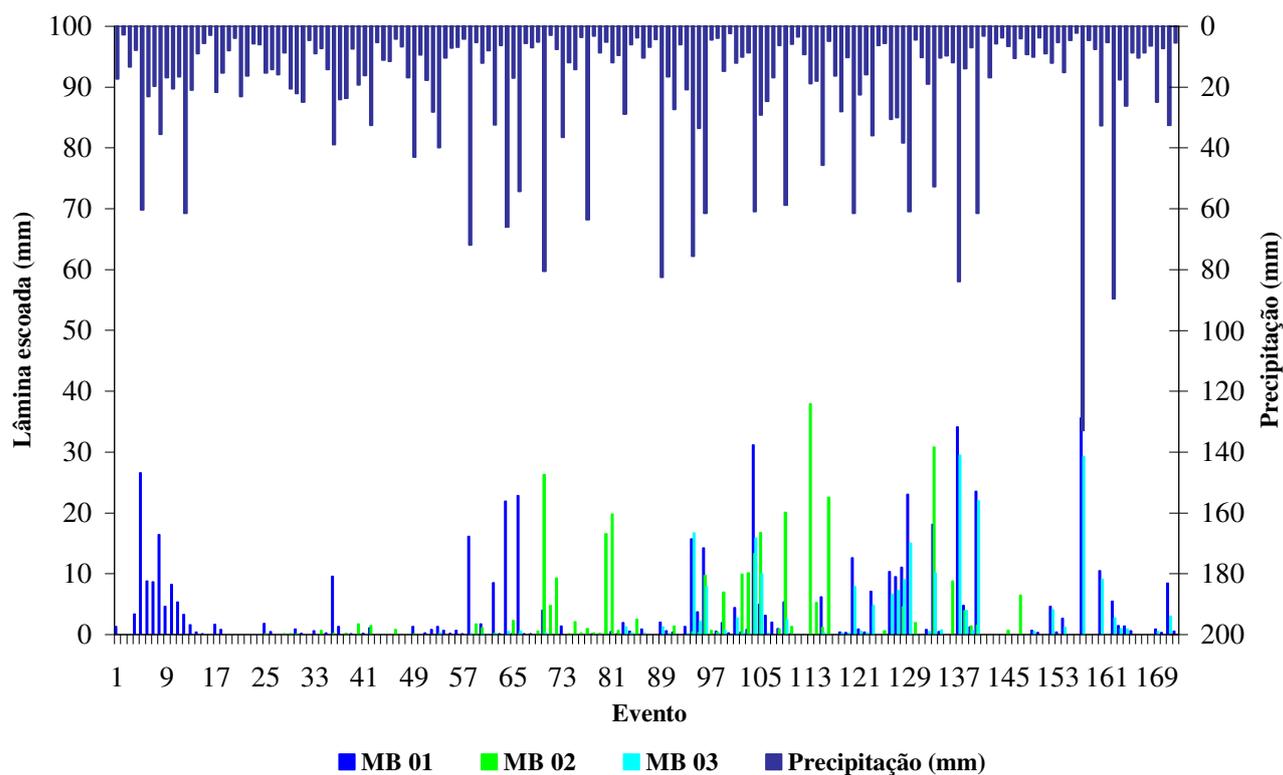
Os dados apresentados na Tabela 2 indicam que há uma redução da produção de sedimentos observada na microbacia 03 quando comparados com os dados das microbacias 01 e 02. Não há diferença significativa entre as áreas e formas das microbacias 01 e 02, mas há diferença em relação à microbacia 03, além disso, no curso d'água principal desta há barramentos de pedra que reduzem a energia do escoamento superficial e a cobertura vegetal, apesar de ser do tipo caatinga arbórea arbustiva aberta, apresenta-se em maior quantidade. O tipo

de solo predominante nesta área é o Luvisolo Crômico Órtico Típico, não havendo diferença entre o tipo de solo nas três microbacias.

A primeira microbacia em operação na Bacia Experimental de São João do Cariri foi a MB01, no ano de 2000, e apenas em 2002 foram iniciadas as coletas e o monitoramento das micro-bacias 02 e 03.

Estes fatores morfológicos e de utilização de uma prática mecânica de conservação do solo indicam uma variação da lâmina escoada anual de 1,2 a 58,4 vezes maior na microbacia 01, e de 1,1 a 3,4 vezes maior na microbacia 02 quando comparada com a microbacia 03 e uma variação da produção anual de sedimentos entre 1,2 a 48,5 vezes maior na microbacia 01 e de 1,3 a 3,1 vezes maior na microbacia 2 do que na micro-bacia 03. No Gráfico 01 é possível observar os resultados obtidos no período para a lâmina escoada nas micro-bacias 1, 2 e 3.

Gráfico 1 – Lâmina escoada em função da precipitação no período considerado



Fonte: do próprio autor

Quando comparamos os valores da lâmina escoada e produção de sedimentos obtidos para as microbacias 01 e 02 no período identificamos uma variação da lâmina escoada anual de 1,0 a 15,5 vezes maior na microbacia 01 e uma variação da produção anual de sedimentos de 0,95 a 15,7 na microbacia 01 em relação à microbacia 02. Neste caso observamos o papel da

declividade sobre a variação da lâmina escoada e a produção de sedimentos anual, pois as áreas e as formas das microbacias são praticamente iguais, 0,18 ha e 0,16 ha, e com formas alongadas, mas existe uma pequena diferença de declividade entre elas, sendo de 7,5% a declividade da microbacia 01 e de 6,9% a declividade da microbacia 02.

A redução da produção anual de sedimentos na microbacia 3 variou de 19,3% a 97,9% em relação à produção de sedimentos observada na microbacia 01 e de 23,4% a 63,7% quando comparada com a microbacia 02 no período de 2002 a 2007, visto que só a partir de 2002 temos dados observados e a quantificados para as três microbacias.

Foi possível observar que os limites de tolerância de perda de solo estabelecidos pela FAO (1965) para solos rasos e de baixa permeabilidade e por Oliveira et al. (2008) para Luvisolos e Neosolos no estado da Paraíba não foram ultrapassados com o tipo de uso e ocupação mantidos no período de 2000 a 2007.

A FAO (1965) aceita como toleráveis perdas de solo de 12 ton.ha⁻¹.ano⁻¹ para solos profundos e bem drenados e de 2,0 Ton.ha⁻¹.ano⁻¹ a 4,0 ton.ha⁻¹.ano⁻¹ para solos rasos e de baixa permeabilidade e Oliveira et al. (2008) definiram como toleráveis perdas de solo no estado da Paraíba, Nordeste do Brasil, para Luvisolos e Neossolos, variando de 5,4 a 6,3 Ton.ha⁻¹.ano⁻¹.

Os valores obtidos experimentalmente demonstram como pode ser significativa a redução anual da lâmina escoada e a produção de sedimentos devido à utilização de uma prática conservacionista de simples execução e de baixo custo, onde são aproveitadas pedras do próprio local, o que pode reduzir significativamente a perda de solo, planificar e aumentar a umidade em trechos de rios e favorecer a utilização de áreas agora com maior teor de nutrientes para o cultivo ou recuperação de áreas degradadas.

Não foram realizadas avaliações da condição de umidade antecedente do solo, mas sem dúvida há influência desta condição na geração do escoamento superficial bem como na produção de sedimentos em cada evento de chuva com conseqüente escoamento, no entanto parece ser a intensidade da precipitação associada à ausência da cobertura vegetal o fator preponderante para geração de escoamento para o tipo de solo predominante na área de estudo

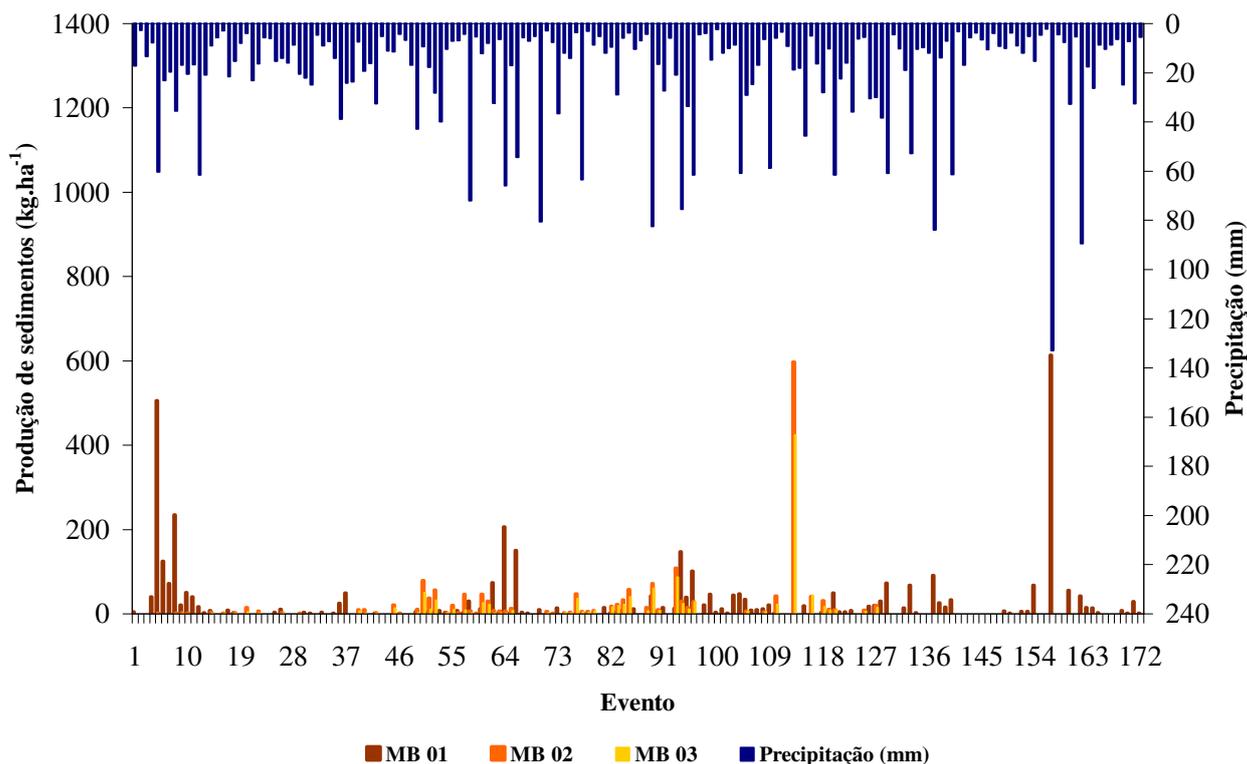
Um fato que nos chamou atenção foram os totais anuais de lâmina escoada e produção de sedimentos do ano de 2006, pois superam os valores observados nos anos considerados chuvosos como 2002, 2004 e 2005. Este fato ocorreu devido a um único evento de chuva que representou 48,5% de toda a precipitação que gerou escoamento superficial e 31,9% de todo o volume precipitado anual em 2006.

Observamos também que o último evento de chuva com pulso de precipitação ultrapassando 80,0 mm havia ocorrido em dezembro de 2005, o que favorece a ausência das folhas na vegetação típica da Caatinga e reduz a interceptação por meio da cobertura vegetal, favorecendo assim, a geração do escoamento e a produção de sedimentos.

Neste período, as áreas das microbacias 02 e 03 sofreram a ação do pastoreio de animais de pequeno porte, caprinos e ovinos, da Fazenda Experimental de São João do Cariri, PB, que necessitavam de áreas com suporte forrageiro. Como estas áreas permaneceram em regime de pousio no período de 2000 a 2005 havia suporte forrageiro para estes animais.

No Gráfico 2 mostra os resultados obtidos no período para a produção de sedimentos nas micro-bacias 1, 2 e 3 para cada evento de chuva com conseqüente escoamento.

Gráfico 2 – Produção de sedimentos em função da precipitação no período considerado



Fonte: do próprio autor

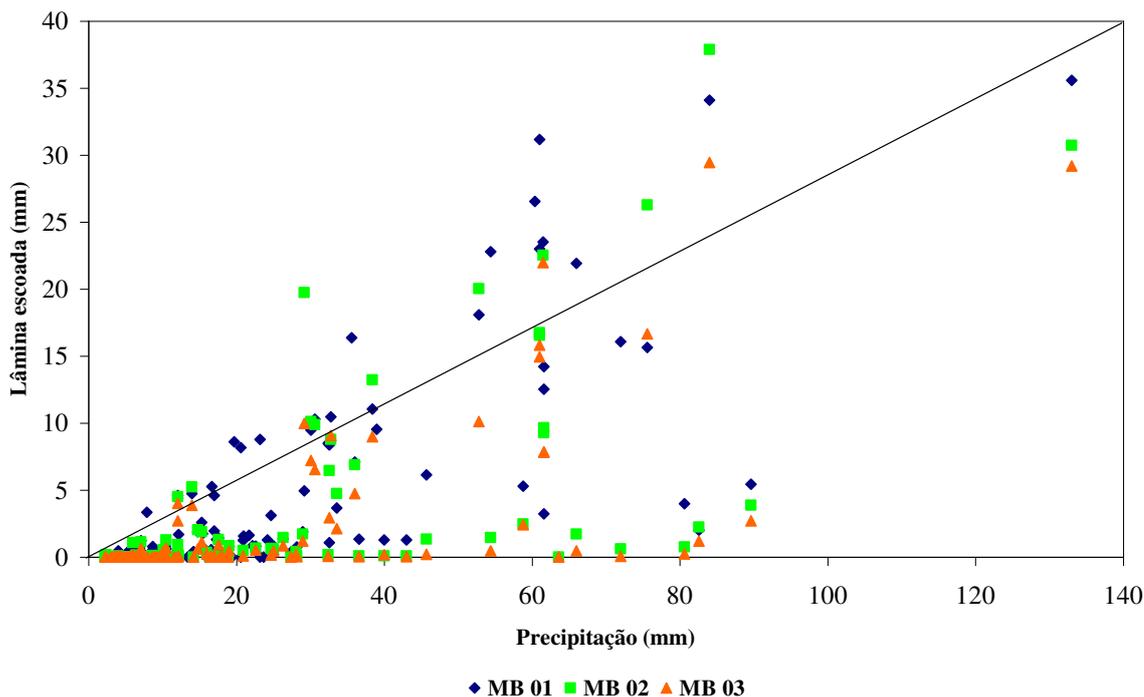
Analisando os eventos individuais de precipitação com conseqüente escoamento foi possível identificar, para o período analisado, que o maior total precipitado diário ocorreu no dia 07 de junho de 2006 e conseqüentemente os maiores valores de lâmina escoada e produção de sedimentos para as três microbacias. Para este evento a lâmina escoada na microbacia 01 foi 1,15

vezes maior do que na microbacia 2 e 1,22 vezes maior do que na microbacia 3. A produção de sedimentos na microbacia 1 foi 1,03 vez maior do que na microbacia 02 e 1,45 vez maior do que na microbacia 03.

Esta relação entre os valores de lâmina escoada e produção de sedimentos para um pulso de precipitação considerável, acima de 100,0 mm, nos faz entender que os valores de lâmina escoada e produção de sedimentos têm uma forte relação com a intensidade da precipitação e não com os totais mensais e anuais precipitados.

No Gráfico 3 é demonstrado os valores dos totais precipitados e da lâmina escoada para as três microbacias e a Figura 13 os valores de precipitação e da produção de sedimentos para o período analisado.

Gráfico 3 - Totais precipitados e de lâmina escoada nas microbacias 01, 02 e 03

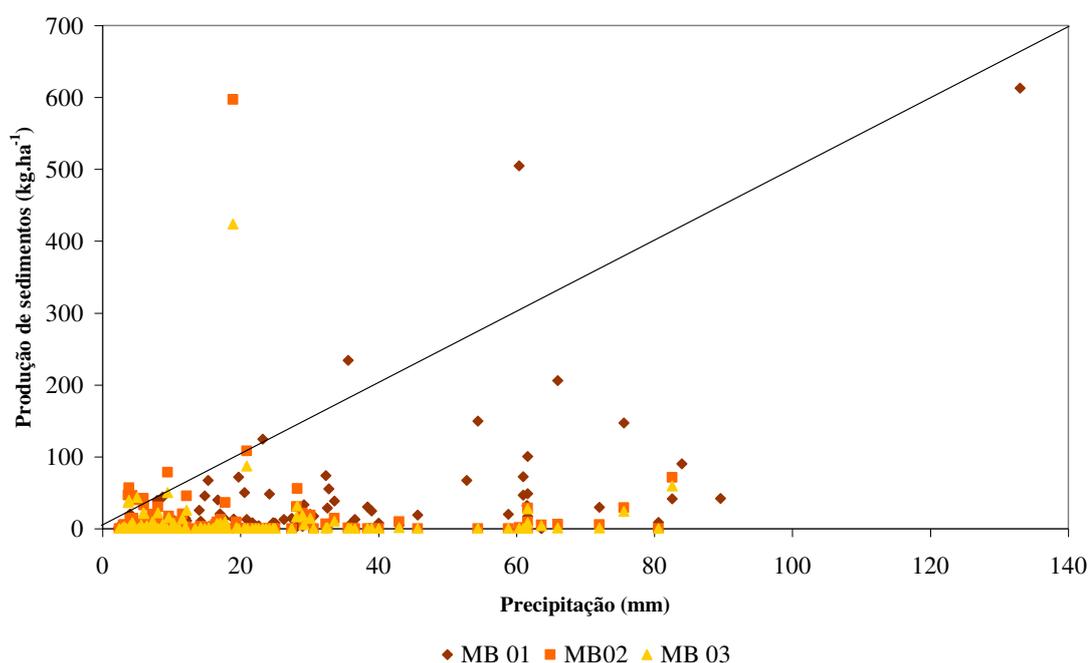


Fonte: do próprio autor

Observamos que não há uma relação linear ou direta entre o total precipitado anual com a lâmina escoada e a produção de sedimentos. Este fato indica a complexidade dos processos analisados e a importância do monitoramento de longo prazo em unidades experimentais. Mesmo reconhecendo à importância de estudos de longo prazo em unidades experimentais a manutenção do monitoramento de longo prazo é dificultada pela falta de apoio financeiro por

meio dos órgãos de fomento a pesquisa como o Fundo Setorial de Recursos Hídricos do CNPq e da Financiadora de Estudos e Projetos do Governo Federal Brasileiro, a FINEP. Ainda são incipientes o apoio concedido a estudos e pesquisas de longo prazo como o Programa Ecológico de Longa Duração que recebe apoio destes órgãos de fomento a mais de dez anos, com possibilidade de prorrogação por igual período.

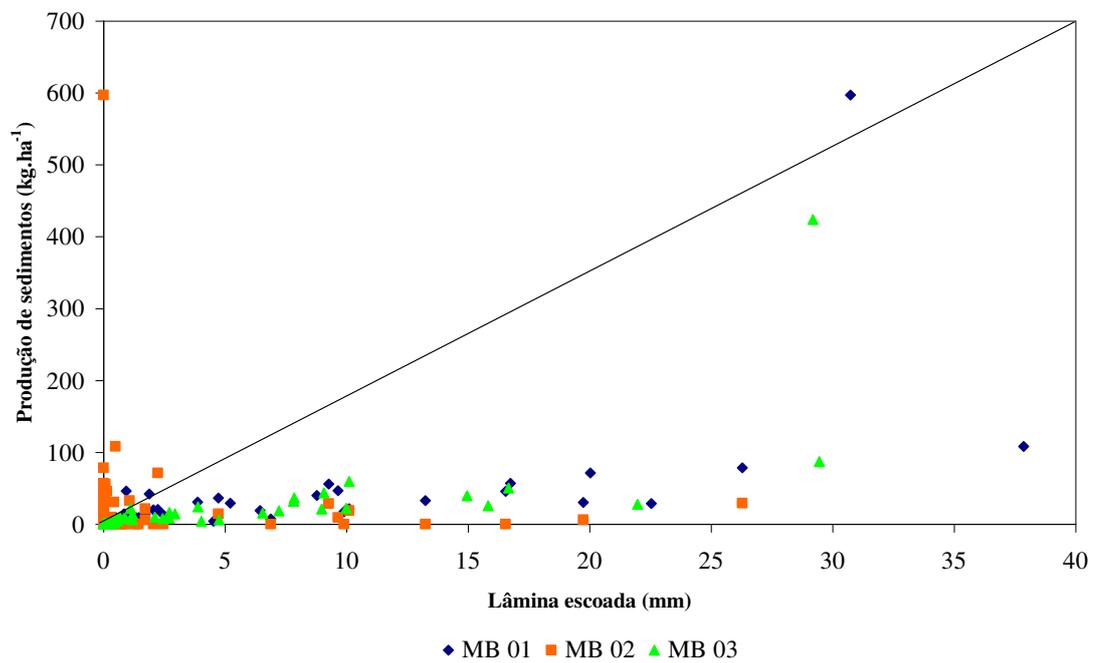
Gráfico 4 - Precipitação e produção de sedimentos nas microbacias 01, 02 e 03



Fonte: do próprio autor

O mesmo comportamento ocorre quando tentamos encontrar uma relação linear entre a lâmina escoada e a produção de sedimentos para as microbacias. No Gráfico 5 é demonstrado os valores da lâmina escoada anual e da produção anual de sedimentos para o período analisado.

Gráfico 5 – Lâmina escoada e produção de sedimentos nas microbacias 01, 02 e 03



Fonte: do próprio autor

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os resultados obtidos nas micro-bacias 01, 02 e 03 instaladas na Bacia Experimental de São João do Cariri, foi possível concluir que:

- A declividade tem um papel relevante na geração do escoamento e consequentemente na produção de sedimentos quando são observadas as mesmas características de morfologia, tipo de solo e cobertura vegetal;
- A prática mecânica conservacionista utilizada na microbacia 03 associada ao efeito de escala, ou seja, quanto menor a área de abrangência da microbacia maior será a produção de sedimentos e lâmina escoada, já quanto maior a área de abrangência da microbacia ou bacia hidrográfica, menor será a produção de sedimentos ou lâmina escoada tem eficiência na redução da geração do escoamento e na produção de sedimentos;
- O efeito de escala é evidenciado devido à redução da geração do escoamento e produção de sedimentos quando comparamos as microbacias 1 e 2 com a microbacia 3;
- Não existe uma relação linear entre a precipitação e a lâmina escoada, entre a precipitação e a produção de sedimentos, bem como entre a lâmina escoada e a produção de sedimentos;
- São complexos os mecanismos de geração de escoamento e produção de sedimentos em áreas localizadas no semiárido.

7 RECOMENDAÇÕES

Sendo assim, torna-se necessário a continuidade das pesquisas e trabalhos de longo prazo em áreas experimentais na região do semiárido para a avaliação da geração do escoamento e da produção de sedimentos sob condição natural.

Estes trabalhos podem indicar práticas conservacionistas simples e de baixo custo, como os barramentos de pedra, para auxiliar a manutenção das principais atividades produtivas, respeitando a tradição e cultura local, ao mesmo tempo que se conserva o meio ambiente.

Os trabalhos em microbacias podem fornecer respostas mais eficientes aos pesquisadores que vislumbram mitigar problemáticas ambientais não só apenas no semiárido brasileiro, mas em todo o mundo.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Atlas da energia elétrica do Brasil**. 2. ed. Brasília: ANEEL, 2005. 243 p.
- ALCÂNTARA, H. M.; GALVÃO, C. O.; SRINIVISAN, V. S.; RAMOS, J. G.; MARTINS, R. G.; LEÃO, H. T.; **Avaliação da cobertura vegetal sobre a produção de sedimentos em parcelas a micro-bacias experimentais no semiárido**. XI Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos – ENES, 2014, João Pessoa.
- ALCÂNTARA, H. M. **Estabelecimento de metodologia para a conservação e recuperação de pequenas bacias hidrográficas do semiárido**. 2013. 142f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) – Programa de Pós- Graduação em Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.
- ADUR, A. F. et. al. **Programa de manejo integrado de solos e água do Paraná**. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, Maringá, 1985. Anais do III Simpósio Nacional de Controle de Erosão, Maringá- Paraná, ABEG, 1985, p.13-20.
- ARAGÃO, R. (2006). **Análise da influência antrópica na produção de escoamento superficial e sedimentos em bacias hidrográficas do cariri paraibano através da modelização dos processos físicos e do emprego de SIG**. Relatório Técnico, Edital 002/03 – FAPESQ-PB/MCT/CNPq, CNP q – Processo N°. 35.0599/2004-1.
- BERTONI, J. LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 4. ed. São Paulo: Ícone, 1999. 355 p.
- BOIX-FAYOS, C. et al. **Measuring soil erosion by field plots: understanding the sources of variation**. Earth-Science Reviews, n. 78, p. 267-285, 2006.
- BRIGHT, C. **Estado do Mundo: a impossível revolução ambiental está acontecendo**. Salvador: Editora Uma, 2003. 296p.
- BRUIJNZEEL, L.A. **Predicting the hydrological impacts of tropical Forest conversion: The need for integrated research**. Capítulo 2 de “Amazonian Deforestation and Climate” Eds: Gash J H C, Nobre C A, Roberts J M e Victoria R L John Wiley & Co: Chichester, Inglaterra. 1996.

CANDIDO, H. G. BARBOSA, M. P.; SILVA, M. J. **Avaliação da degradação ambiental de parte do Seridó Paraibano**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande, v.6, n.2, p. 368-371, 2002.

CARVALHO, N. O. **Hidrossedimentologia Prática**. CPRM e ELETROBRÁS. 2ª ed. Rio de Janeiro, RJ. 384p. 2008.

CARVALHO, N. O., SALGADO, J. C. M., Ross, J., Ruiz, N. C. P., Silva, L. F. A., Mesquita, J. B., Goulart Netto, A. A., Silva, L. P. (2005). **“Revisão dos estudos sedimentológicos do rio Madeira e Mamoré, RO”**. Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, João Pessoa/PB, n 439. ABRH.

CERDAN, O. *et al.* **Scale effect on runoff from experimental plots to catchments in agricultural areas in Normandy**. Journal of Hydrology, M. 299, p. 4-14, 2004.

COIMBRA, P.; TIBÚRCIO, J. A. M, Org. **O espaço geográfico no linear do ano 2000**. São Paulo Editora Harbra Ltda. 280-331 p, 2000.

CHAVES, L. H. G.; CHAVES, I. B.; VASCONCELOS, A. C. F. **Salinidade das águas superficiais e suas relações com a natureza dos solos na Bacia Escola do açude Namorados**. Campina Grande: BNB/UFPB, 54p, 2000. (Boletim Técnico).

DANTAS, M. Professor Marciano Dantas: Paraíba.

Disponível em: < <http://professormarcianodantas.blogspot.com.br/2012/12/paraiba.html> >

Acesso em: 09 de março de 2015.

DE PLOEY, J.; GABRIELS, D. **Medición de la pérdida del suelo y estudios experimentales**. In: KIRKBY, M. J.; MORGAN, R. P. C., Erosión de suelos. México. Editorial Limusa, 1980. p 89-139.

FAO. **Soil Erosion by water: some measures for its control on cultivated lands**. Rome, Italy: FAO, 1965, 284p.

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, M. M. A. (2008). **Estudo hidrológico e de transporte de sedimento em uma bacia do bioma cerrado: Bacia do Córrego Capão Comprido/Distrito Federal**. Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Publicação PTARH. DM-111, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 102p.

GARCIA, G. J. et al. **Impacto do uso da terra na erosão de solo e no balanço e qualidade de água na bacia do Rio Corumbaí-SP**. HOLOS Environment, v.6, n.2, 118 pp. 2006.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia**. 9. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010, 396 p.

GUADAGNIN, J. C. et al. **Perdas de solo, água e nitrogênio por erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 29, n. 2, p. 277-286, Viçosa, MG, 2005.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **Assessment of the Intergovernmental Panel on Climate Change 2007: Synthesis Report**. Valença, Spain, 12- 17 November 2007.

JUNIOR, A. V. M. **Instrumentos de medição hidrossedimentológicos**. Hidrologia aplicada-Aula Prática. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica, 2012.

LELIS, T. A. **Modelagem do escoamento e perda de solo na bacia do ribeirão São Bartolomeu, Zona da Mata de Minas Gerais, utilizando o simulador SWAT**. 2011.164f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, MG.

LIMA, W. P.; **Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas**. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – Departamento de Ciências Florestais. Piracicaba, São Paulo, 52 p.2008.n.1, p., 2003.

LIMA, I. F. **Estudos Geográficos do semiárido alagoano**. Governo do estado de Alagoas. Maceió, 1992.

LOPES, P.R.; COGO, N.P. & LEVIEN, R. **Eficácia relativa de tipo e quantidade de resíduos culturais espalhados uniformemente sobre o solo na redução da erosão hídrica.** Rev. Bras. Ci. Solo, 11:71-75, 1987.

MACHADO, M.; STIPP, N. A. F. ; **Caracterização do manejo de solo na bacia hidrográfica do Ribeirão do Apertados-PR.** Universidade Estadual de Londrina- Departamento de Geociências da Universidade Federal de Londrina. Vol. 12; Nº 2; jul./dez.2003.

MARENGO, J. A.; AMBRIZZI, T.; ROCHA, R. P. et al. **Future change of climate in South America in the late twenty-first century: intercomparasion of scenarios from three regional climate models.** Clim. Dyn., v. 35, p. 1073-1097, 2009 (a).

MARENGO, J. A.; JONES, R.; ALVES, L. M.; VALVERDE, M. C. **Future change the temperature and precipitation extremes in South America as derived from the PRICES regional climate modeling system.** Int. J. Climatol., v. 29, p. 2241-2255, 2009(b).

MASSAD, Façal – **Obras de Terra: curso básico de geotecnia.** São Paulo: Oficina de Textos. 61 - 81 pp. 2003.

MATALLO JR., Heitor. “ **A desertificação no mundo e no Brasil.**” In: SCHENKEL, Celso Salatino e MATALLO JR., Heitor. Desertificação. Brasília: UNESCO, 2003.

MIGUEL, R.; SANTOS, H. I.; **Caracterização do Assoreamento de Córrego Capoeira, no município de Senador Canedo- Goiás.** Universidade Católica de Goiás - Departamento de Engenharia - Engenharia Ambiental. Goiânia, 2007.

NEVES, F. F. **Análise prospectiva das áreas de risco a erosão na microbacia hidrográfica de Rio Bonito (Descalvado-SP) potencialmente poluidoras por dejetos de granjas.** 2005. 199f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.

OLIVEIRA, F. P.; SANTOS, D.; SILVA, I. F.; SILVA, M. L. N. (2008). “Tolerância de Perda de Solo por Erosão para o Estado da Paraíba”. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, 8 (2), pp. 60 – 71.

PAES-SILVA, A. P.; CHAVES, I. de B.; SAMPAIO, E.V. S. B. Cobertura vegetal da bacia hidrográfica do açude namorado no cariri oriental paraibano. **Revista Agropecuária Técnica**. Areia, v.24, 2003.

PRADO, T. B. **Evolução do uso das terras e produção de sedimentos na bacia do rio Jundiá-Mirim**. 2005. 72f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical). Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical e Subtropical– Instituto Agrônomo de Campinas, São Paulo, SP.

PEREIRA, D. D. O Caroá Neoglaziovia variegatamez. **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.

RANIERI, B. L.; ESPINOSA, E.; MORTATTI, J. **Erosão mecânica e transporte de sedimentos em alguns dos maiores rios do mundo**. In: MORTATTI, J.; PROBST, J. L. Hidrogeoquímica de Bacias de Drenagem. Piracicaba:CENA, 1998. 235 p.(Série Didática, 1).

RAUHOFER, J.; JARRET, A.R.; SHANNON, R.D. **Effectiveness of sedimentation basins that do not totally impound a runoff event**. *Transactions of the ASAE*, v. 44, n. 4, p. 813-818, 2001.

RIGHETTO, A. M. (2004). O Projeto IBESA. **Implantação de Bacias Experimentais no Semi-árido**. Relatório Técnico, Convênio FINEP/FUNPEC 22010453-00.

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.

SANTOS, M. G.; OLIVEIRA, M. T.; FIGUEIREDO, K, V. et al. Caatinga , the Brazilian dry tropical florest: can in tolerance climate changes. **Theor. Exp. Plant Physiol**. V. 26, n 1. P. 86-99, DOI 10.1007/S40026-014-0008-0, 2014.

SILVA, F. O. (2008) **Investigação dos processos hidrossedimentológicos em parcela experimental no semiárido potiguar/Rio Grande do Norte**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Sanitária, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte, RN.

SILVA, A. M.; SCHULZ, H. E.; CAMARGO, P. B.; **Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas**. RIMA Editora, São Carlos, 138p. 2004.

SILVA, M. L. N.; CURI, N. N. **Uso e conservação do solo e da água e a crise energética: reflexões e exemplos em Minas Gerais**. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 10-13, out./dez. 2001.

SILVEIRA, A. L. L. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. In: TUCCI, C. E. M. (Org) **Hidrologia: ciência e aplicação**. 3. ed. Porto Alegre: **ABRH/Editora UFRGS**, 2004. P. 35-52.

SLONEKER, L.L. & MOLDENHAUER, W.C. **Measuring the amounts of crop residue remaining after tillage**. *J. Soil Water Conserv.*, 32:231-236, 1977.

SOIL AND WATER CONSERVATION SOCIETY – SWCS. **Conservation implications of climate change: soil erosion and runoff from cropland**. Ankey: SWCS, 2003. 24 p., II.

SNIRIVASAN, 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.

SUGUIO, K. **Geologia Sedimentar**. São Paulo. Edgard Blücher LTDA, 2003.

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.

TUCCI, C.E.M. **Impactos da variabilidade climática e do uso do solo nos recursos hídricos**. **Agência Nacional de Águas: Câmara Temática sobre Recursos Hídricos - Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas**. 2002. 150 p.

WILKINSON, B. H. Humans as geologic agents: A deep-time perspective. **Geology**, v. 33, n.3, p.161-164, 2005.