



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CENTRO DE EDUCAÇÃO
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO GEOAMBIÊNCIA E RECURSOS HÍDRICOS DO
SEMIÁRIDO**

**ESTIMATIVA DO POTENCIAL DE ARRASTE DE SEDIMENTOS E AS
PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DO ALTO
CURSO DO RIO MAMANGUAPE**

ARMANDO DE SOUZA SANTOS

CAMPINA GRANDE – PB

2014

ARMANDO DE SOUZA SANTOS

**ESTIMATIVA DO POTENCIAL DE ARRASTE DE SEDIMENTOS E AS
PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DO ALTO
CURSO DO RIO MAMANGUAPE**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em GeoAmbiência e Recursos Hídricos do Semiárido, do Departamento de Geografia, da Universidade Estadual da Paraíba, como pré-requisito para obtenção do título de Especialista na área de GeoAmbiência e Recursos Hídricos do Semiárido.

Orientador: Prof^o. Dr. Hermes Alves de Almeida

CAMPINA GRANDE – PB

2014

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

S237e Santos, Armando de Souza

Estimativa do potencial de arraste de sedimentos e as principais características morfométricas do alto curso do rio Mamanguape [manuscrito] / Armando de Souza Santos. - 2014. 63 p. : il. color.

Digitado.

Monografia (Especialização em Geoambiência e Recursos Hídricos do Semiárido) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Educação, 2014.

"Orientação: Prof. Dr. Hermes Alves de Almeida, Departamento de Geografia".

"Co-Orientação: Prof. Dr. Lediam Rodrigues Lopes Ramos Reinaldo, Departamento de Geografia".

1. Erosão dos Solos 2. Chuvas Simuladas 3. Potencial de Erosão I. Título.

21. ed. CDD 631.45

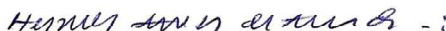
ARMANDO DE SOUZA SANTOS

**ESTIMATIVA DO POTENCIAL DE ARRASTE DE SEDIMENTOS
E AS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DO
ALTO CURSO DO RIO MAMANGUAPE**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em GeoAmbiência e Recursos Hídricos do Semiárido, do Departamento de Geografia, da Universidade Estadual da Paraíba, como pré-requisito para obtenção do título de Especialista na área de GeoAmbiência e Recursos Hídricos do Semiárido.

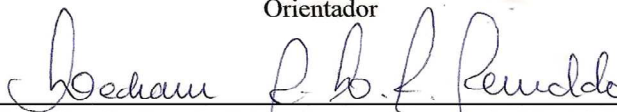
Aprovada em 27/03/ 2014.

Banca Examinadora




Prof^o Dr. Hermes Alves de Almeida, UEPB.

Orientador



Prof^a Dra Ledian Rodrigues Lopes Ramos Reinaldo, UEPB.

Co-Orientadora



Dr. Gleibson Dionízio Cardoso, EMBRAPA.

Centro Nacional de Pesquisas do Algodão (CNPA)

Membro da Comissão Avaliadora

A meus pais; Maria da Penha de Souza Santos e
Benedito Gomes dos Santos, dedico.

Agradecimentos

A Deus por ter me proporcionado mais essa oportunidade.

Aos meus pais que nunca mediram esforços para que eu alcançasse horizontes sempre mais distantes, irmãs (Amanda Santos e Adriana Santos), minha namorada (Ismara Brito), e a toda minha família com muito carinho.

A meu orientador e amigo, prof^o Dr. Hermes Alves de Almeida, pela dedicação, critério, paciência na orientação e incentivo que tornaram possível a conclusão deste trabalho.

A todos os professores deste programa de pós-graduação, que foram tão importantes na minha vida acadêmica.

Ao Departamento de Geografia do Centro de Educação da Universidade Estadual da Paraíba.

Aos meus colegas, amigos e companheiros de sala de aula que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho e para meu amadurecimento acadêmico (Clênia Rodrigues Alcântara, Cristiane Aureliano de Souza, Danila Lima de Araújo, Débora Vanessa Régis Ferreira, Erandi Andrade de Moura, Glauciene Justino Ferreira da Silva, Rosimary de Almeida Caldas, Thiago Emmanuel Araújo Severo, Vitor Leite Martins). Em especial aos amigos; Alessandro Francisco dos Santos (Xeleteco), Madson Tavares Silva (“Padim”) pelo grande apoio e aporte técnico.

Aos familiares e moradores residentes no Sítio Velho – Areia – PB, pelo acesso e materiais disponibilizados para este estudo.

A todos que direta e/ou indiretamente contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho.

A todos meu muito obrigado!

**ESTIMATIVA DO POTENCIAL DE ARRASTE DE SEDIMENTOS E AS
PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DO ALTO CURSO DO RIO
MAMANGUAPE**

RESUMO

A erosão dos solos é um dos mais sérios problemas ambientais que ocorrem em diversas partes do Brasil e do Mundo. À medida que o manejo do solo, nas diversas atividades humanas, elimina a cobertura vegetal, a superfície fica mais exposta à ação da erosão e, conseqüentemente, influencia o desprendimento e arraste das partículas do solo pela água da chuva. Diante disto, quantificar a produção de sedimentos é de extrema importância para avaliar as conseqüências das ações antrópicas. Neste contexto, houve a necessidade de estimar o potencial de arraste de sedimentos em duas parcelas experimentais unitárias, ambas situadas no *Sítio Velho, Areia - PB*, e estabelecer as principais características morfométricas do alto curso do rio Mamanguape, sendo essas determinações os objetivos principais deste trabalho. Duas parcelas experimentais de 1 m², sendo uma com vegetação nativa e outra sem vegetação, foram delimitadas com folhas de PVC semi-enterradas no solo a 5 cm de profundidade. Foram aplicados volumes de 10, 20, 30 40 e 50 litros de água, usando-se um regador, em intervalos de 30 minutos. Antes e após cada aplicação era medido o teor de umidade do solo e a massa de sedimentos carregada. As análises lineares, areal e hipsométrica permitiram determinar as principais características morfométricas no alto curso do Rio Mamanguape. Verificou-se que não houve escoamento superficial, com a aplicação de uma lâmina de 10 mm/30 min, as perdas de água e solo foram sempre maiores na parcela sem vegetação, e o teor de umidade do solo na parcela com vegetação foi 1,3 vezes maior que na parcela sem vegetação e a parcela sem vegetação produziu 10,3 vezes mais sedimentos que a com vegetação nativa. O tempo de escoamento superficial na parcela sem vegetação foi, em média, 7,1 vezes mais rápido que o da parcela com vegetação. O alto curso do rio Mamanguape tem poucas ramificações, a amplitude altimétrica é de 645 metros e o relevo no trecho compreendido entre os municípios de Areia e Alagoa Grande é montanhoso e esculpado. Os modelos de regressão permitem estimar, com precisão, o arraste de sedimento e o início de escoamento.

PALAVRAS - CHAVE: Erosão dos solos, chuvas simuladas, potencial de erosão.

ESTIMATING OF POTENTIAL DRAG OF SEDIMENTS AND THE MAIN
MORPHOMETRIC CHARACTERISTICS FROM THE HIGH COURSE OF THE
MAMANGUAPE RIVER.

ABSTRACT

Erosion soils are one of the most serious environment problems which occur in many parts of Brazil and the world. As the soil management, in various human activities that eliminate the vegetation cover, the surface is more exposed to the action of erosion and, consequently, influences the detachment and the drag of soil particles by rain. Thus, to quantify sediment production is of extreme importance to evaluate the consequences of human actions. In this context, it was necessary to estimate the potential drag of sediments in two unitary experimental parcels, one with native vegetation and the other one without vegetation, both located in *Sítio Velho, Areia – PB*, and establish the main morphometric characteristics from the high course of the Mamanguape River, being these determinations the main objectives of this work. Two experimental parcels of 1 m², one with native vegetation and the other without vegetation, were bounded with PVC sheets and half-buried on the ground to 5 cm deep. It was applied volume of water of 10, 20, 30, 40 and 50 liters, using a watering can at intervals of 30 minutes. Before and after each application, it was measured the moisture content of the soil and the sediment mass which was dragged. The linear analysis of the area and hypsometric, allowed determinate the main morphometric characteristics from the high course of the Mamanguape River. The main results showed that there was not any superficial drainage, with application of a lamina of 10 mm/30 min, the loss of water and soil were always bigger at the parcel without vegetation, the moisture content of the soil at the parcel with vegetation was 1,3 times bigger than at the parcel without vegetation, on the other hand, the parcel without vegetation had produced 10,3 times more sediments than the native vegetation. The time of superficial drainage at the parcel without vegetation was, more or less, 7,1 times faster than the parcel with vegetation. The high course of the Mamanguape River has few ramifications, the altimetric vastness is 645 meters and the salience of the ground at the space between both municipal of *Areia* and *Alagoa Grande* is mountainous and steep. The regression models allow value, with precision, the drag of sediment and the beginning of the drainage.

KEY-WORDS: Erosion soils; simulated rains; erosion potential

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Mapa do Estado da Paraíba, com destaque para o município de Areia - PB.....	31
FIGURA 2 - Mapa da bacia hidrográfica do rio Mamanguape, em destaque. Adaptado pelo autor.....	31
FIGURA 3 – Croqui das parcelas experimentais medindo 1m ² com vegetação natural e sem vegetação.....	32
FIGURA 4 – Vista das parcelas experimentais de 1m ² com cobertura vegetal nativa e sem vegetação. Sítio Velho, Areia, PB.....	33
FIGURA 5 – Aplicação de chuva simulada nas parcelas experimentais. Sítio Velho, Areia, PB.....	34
FIGURA 6 – Balanço hídrico em função da intensidade de aplicação de água nas parcelas com e sem vegetação nativa. Sítio Velho, Areia – PB.....	39
FIGURA 7 – Teor de umidade do solo nas parcelas experimentais com e sem vegetação em função da intensidade de aplicação de água. Sítio Velho, Areia – PB.....	40
FIGURA 8 –. Produção de sedimento em função da intensidade de aplicação nas parcelas com e sem vegetação. Sítio Velho, Areia - PB	42
FIGURA 9 – Modelo de regressão entre a lâmina de água coletada e a intensidade de aplicação na parcela com vegetação. Sítio Velho, Areia – PB.....	43
FIGURA 10 – Modelo de regressão entre a lâmina de água coletada e a intensidade de aplicação na parcela sem vegetação. Sítio Velho, Areia – PB.....	43
FIGURA 11 – Arraste de sedimento em função da intensidade de aplicação de água na parcela com vegetação. Sítio Velho, Areia – PB.....	44
FIGURA 12 – Arraste de sedimento em função da intensidade de aplicação de água na parcela sem vegetação. Sítio Velho, Areia – PB.....	45
FIGURA 13 - Modelo de regressão entre o arraste de sedimento e a intensidade de aplicação de água na parcela com vegetação. Sítio Velho, Areia – PB.....	45
FIGURA 14 - Modelo de regressão entre o arraste de sedimento e a intensidade de aplicação de água na parcela sem vegetação. Sítio Velho, Areia – PB.....	46
FIGURA 15 – Relação entre o início do escoamento e a intensidade de aplicação de água na parcela com vegetação. Sítio Velho, Areia – PB.....	47

FIGURA 16 - Relação entre o início do escoamento e a intensidade de aplicação de água na parcela sem vegetação. Sítio Velho, Areia – PB.....	47
FIGURA 17 - Modelo de regressão potencial entre o início de escoamento e a intensidade de aplicação para a parcela com vegetação. Sítio Velho, Areia – PB.....	48
FIGURA 18 - Modelo de regressão potencial entre o início de escoamento e a intensidade de aplicação para a parcela sem vegetação. Sítio Velho, Areia – PB.....	49
FIGURA 19 – Mapa altimétrico do alto curso do Rio Mamanguape - PB.....	50
FIGURA 20 – Mapa de declividade do alto curso do Rio Mamanguape - PB.....	51

LISTA DE QUADROS

QUADRO 01 - Características morfométricas obtidas no estudo da bacia e sub-bacias hidrográficas.....	36
------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

LISTA DE TABELA

TABELA 01 - Classificação da declividade segundo Embrapa (1979).....	36
TABELA 02 - Parâmetros morfométricos do alto curso da bacia do rio Mamanguape, município de Areia – PB.....	50

SUMÁRIO

1.0 – INTRODUÇÃO.....	11
1.1 Objetivo principal.....	12
1.1.1 Objetivos específicos.....	12
2.0 – REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1 Erosão e sua relação com precipitação.....	14
2.2 Impacto de gotas da chuva e energia cinética.....	17
2.3 Degradação ambiental e manejo inadequado dos solos.....	19
2.4 Chuvas simuladas.....	22
2.5 Métodos de estimativa de perdas de solo.....	24
2.6 Caracterização morfométrica de bacias hidrográficas.....	27
3.0 – MATERIAL E MÉTODOS.....	30
3.1 Localização e caracterização da área de estudo.....	30
3.2 Procedimentos metodológicos.....	32
3.2.1 Instalação das parcelas experimentais.....	32
3.2.2 Teor de umidade do solo e aplicação de “chuvas” simuladas.....	33
3.3 Caracterização morfométrica do alto curso da bacia hidrográfica do Rio Mamanguape.....	35
4.0 – RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	38
4.1 Levantamento fitossociológico da parcela experimental com vegetação.....	38
4.2 Balanço hídrico e umidade do solo.....	39
4.3 Produção de sedimento.....	41
4.3.1 Arraste de sedimento.....	44
4.3.2 Início de escoamento.....	47
4.4 - Caracterização morfométrica.....	49
5.0 – CONCLUSÕES.....	52
6.0 – REFERÊNCIAS.....	53

1.0 - INTRODUÇÃO

Um dos mais importantes problemas ambientais que assola o mundo é a erosão dos solos. A erosão é um processo que envolve a energia fornecida pelo impacto das gotas de chuva que caem sobre a superfície do solo e pelo fluxo de água que escoam superficialmente sob a ação da gravidade (MEYER, 1981).

Dentre as várias formas de erosão existentes, a que merece maior importância e estudo, são as provocadas pela ação da água das chuvas, denominada erosão hídrica, presente na bacia hidrográfica, que além de diminuir a capacidade produtiva do solo é a responsável pela produção de sedimentos.

A erosão hídrica é um processo constituído por três fases: desagregação da partícula do solo, transporte e deposição da mesma. Estas três fases podem não ocorrer distintamente uma da outra, e sim concomitantemente, tornando o processo mais complexo.

O uso inadequado do solo, com a remoção da cobertura vegetal, e subsequente exposição deste às intempéries, ocasiona alteração no meio natural e influencia o regime hidrológico e sedimentológico de uma bacia hidrográfica.

Os processos de desagregação do solo e de transferência de sedimentos na bacia dependem de vários fatores, dentre eles destacam-se, a intensidade e distribuição de chuvas, o uso e o manejo do solo, as condições geomorfológicas do terreno e o teor de umidade (POLETO & MERTEN, 2006).

O material disponível para transporte existente nas vertentes de uma bacia hidrográfica tem sua origem na erosão causada pelo impacto da gota da chuva sobre o solo. Diante disto, estudar e compreender os fatores que integram no processo erosivo do solo, incluindo a quantificação das perdas de solo, permite a adoção de medidas que visem à maximização do uso dos recursos hídricos, além de evitar os efeitos negativos decorrentes da produção, transporte e deposição de sedimentos.

Os problemas ocasionados pelos sedimentos dependem da quantidade e da natureza, fatores esses que dependem dos processos de produção, transporte e deposição (PAIVA, PAIVA & VILLELA, 1995). No entanto, os sedimentos ocasionam três tipos de “danos”: no local de origem, no trecho onde transitam e no local de sua deposição (MEYER, 1981). Embora os sedimentos que chegam ao curso d'água tenham diversas granulometrias, sofrerão um processo de transporte diferenciado, de acordo com as condições do local e do escoamento (CARVALHO, 1994).

Quando o aporte de sedimentos excede a capacidade de transporte, há a deposição deste material em locais relativamente mais baixos, que podem ser depressões naturais do terreno ou reservatórios de água como rios, lagos, açudes ou represas, concluindo assim o processo erosivo.

A deposição de sedimentos nos cursos d'água reduz a capacidade de armazenamento dos reservatórios (açudes, barragens e canais), eleva o leito dos rios, facilita o transbordamento das calhas, com inundação de áreas ribeirinhas, favorece a poluição física e química da água e, conseqüentemente, a qualidade da água para o consumo humano.

Diante disto, quantificar a produção de sedimentos é de extrema importância para avaliar as conseqüências das ações antrópicas na bacia hidrográfica (erosão devido ao desmatamento e/ou de atividades agrícolas), no assoreamento dos cursos de água.

1.1 – Objetivo principal

Neste contexto, houve a necessidade de estimar o potencial de arraste de sedimentos, em duas parcelas experimentais de áreas unitárias, sendo uma com vegetação nativa e outra sem vegetação, e estabelecer as principais características morfométricas do alto curso do rio Mamanguape, município de Areia, PB, sendo essas determinações os objetivos principais deste trabalho; tendo, ainda, os seguintes objetivos específicos:

1.1.1 – Objetivos específicos

- a) Quantificar as massas de sedimentos transportadas, em cada parcela, em função da intensidade de aplicação de água;
- b) Determinar o volume de escoamento de água superficial nas duas parcelas experimentais;
- c) Determinar a relação entre o teor de umidade solo versus lâmina de água aplicada, para as parcelas com vegetação nativa e sem vegetação;
- d) Identificar qual é a intensidade de aplicação de água a partir da qual há arraste de sedimento de solo nas parcelas com e sem cobertura vegetal nativa;
- e) Calcular o balanço hídrico nas parcelas com e sem cobertura vegetal nativa;

- f) Estabelecer o modelo de regressão linear simples entre as intensidades de aplicação de água versus lâminas coletadas, arraste de sedimentos de solo e início do escoamento superficial nas parcelas com e sem cobertura natural.
- g) Caracterizar morfometricamente o alto curso da bacia hidrográfica do Rio Mamanguape.

2.0 – REVISÃO DE LITERATURA

2.1 – Erosão e sua relação com precipitação

A região Nordeste do Brasil, com 1,56 milhão de km² (18,2% do território nacional), dos quais mais de um milhão de km² são de áreas semiáridas onde as médias anuais de precipitação pluvial são inferiores a 800 mm, insolação de 2800 h, temperaturas médias variando entre de 23 e 27° C, evaporação de 2.000 mm e umidade relativa em torno de 50% (MOURA et al, 2007). Nesse contexto, cerca de 90% da precipitação retorna a atmosfera pelo processo de evapotranspiração e 8% pelo escoamento superficial (SILVA et al, 1984), embora há, também, manejo inadequado do solo e da água (MEIRA FILHO et al, 2009).

A região semiárida da Paraíba abrange uma área de aproximadamente 20 mil km² e caracteriza-se, do ponto de vista geoambiental, pela diversidade de suas paisagens, tendo como elemento marcante, no quadro natural da região, a condição de semi-aridez que atinge grande parte do seu território e a alta variabilidade pluvial espacial e temporal inerente a esse tipo climático (SALES, 2002).

O termo erosão vem do latim *erodere*, e o processo pelo qual há remoção de uma massa de solo de um local e sua deposição em outros locais, como resultado da ação de forças exógenas. A força motriz do processo é a energia cinética dos agentes erosivos. Com a diminuição progressiva da energia cinética do agente erosivo, dá-se a deposição do material erodido.

O processo erosivo consiste no arraste acelerado das partículas do solo causado pela água e pelo vento. A erosão constitui sem dúvida a principal causa do depauperamento acelerado das terras. As enxurradas, provenientes das águas de chuva que não ficaram retidas sobre a superfície, ou não se infiltram, transportam partículas de solo em suspensão e elementos nutritivos essenciais em dissolução, mas esse transporte de partículas de solo também ocorre pela ação do vento (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1995).

O desgaste do solo é um processo natural, praticamente impossível de ser estancado, comumente difícil de ser controlado, e facilmente acelerado pelo homem. Ele se manifesta pela deterioração da superfície do solo, como uma perturbação em superfície, acompanhada pela remoção de partículas individuais constituintes do solo ou de volumes inteiros de solo (SANTOS, 2007).

Um problema que atinge não só a região semiárida, mas o mundo inteiro é a erosão dos solos sendo um dos mais importantes problemas ambientais. As questões relacionadas à

erosão vêm crescendo nos últimos anos, especialmente, em regiões semiáridas, onde a maior parcela da população depende de atividades econômicas relacionadas à agricultura. Embora existam várias regiões semiáridas no planeta, mas nenhuma possui a densidade populacional e extensão que a do semiárido nordestino (SANTOS et al, 2007).

Uma das erosões mais comuns é a hídrica, que em geral está associada ao manejo inadequado do solo, atinge não somente o solo e os recursos hídricos, mas também intervém na produção agrícola, diminuindo a produtividade e a qualidade da produção. Desta forma, o impacto da erosão no solo pode comprometer a sustentabilidade do sistema agrícola, exigindo a aplicação de altas tecnologias e investimentos para sustentar a produtividade das culturas, no âmbito do agronegócio globalizado (CORREA & SANJOS PINTO, 2012).

A modificação causada pela água das chuvas tem abrangência em quase toda a superfície terrestre, em especial em áreas de clima tropical, devido às chuvas do tipo convectivas. O processo tende a acelerar quando mais áreas são desmatadas, por deixar o solo desprotegido da cobertura vegetal nativa, expondo ao impacto das gotas de chuvas diretamente sobre a superfície do terreno causando assoreamento (CARVALHO et al, 2003).

O assoreamento também é um evento importante de ser estudado, consiste no processo de deposição de detritos: argila, areia e/ ou cascalho, que resulta da perda de capacidade de transporte de um fluxo pluvial, de uma corrente fluvial e ainda devido à ocorrência de movimentos de massa. O assoreamento provoca o soterramento de nascentes, canais fluviais, lagoas, lagunas, estuários, açudes, represas e ou áreas rebaixadas, em condições mais vulneráveis podem-se desenvolver voçorocas (SANTOS, 2007).

A voçoroca, boçoroca ou barranco é um fenômeno geológico que consiste na formação de grandes buracos de erosão, causados pela água da chuva e intempéries, em solos onde a vegetação é escassa e não protege mais o solo. Por isso, as voçorocas são consideradas ações erosivas e os sedimentos decorrentes deslocam-se para as partes mais baixas onde são depositados. No entanto, a evolução pode estar relacionada com a distribuição de chuvas, propriedades físicas do solo, cobertura vegetal, uso e manejo da terra, dentre outras (GUERRA, 2005).

A chuva como o principal agente ativo no processo de erosão do solo, portanto, há uma tendência de aumento da erosão com o aumento da quantidade de chuva. Porém, essa relação não é uniforme. A irregularidade nessa relação indica que há fatores associados com as chuvas que influem no seu poder erosivo, destacando-se a duração, intensidade e distribuição sobre o volume total das perdas por erosão (LOMBARDI NETO & PASTANA, 1972).

Por outro lado, o principal agente de transporte de partículas no processo de erosão hídrica pluvial (também de desagregação) é o escoamento superficial ou enxurrada, associado ao processo de infiltração da água no solo, uma vez que as frações de água que não penetram são evaporadas e escoada superficialmente. Por isso, o processo de infiltração pode ser considerado um dos mais importantes do ciclo hidrológico, por permitir criar um reservatório transitório para abastecer as plantas (PORTELA et al, 2011).

Alguns fatores contribuem para que o carreamento de material dentre eles a inclinação do terreno é o que mais influencia de forma direta as perdas de solo por erosão hídrica, porque à medida que aumenta a intensidade de precipitação, aumenta o volume e a velocidade da enxurrada e, conseqüentemente, diminui a infiltração. Isso gera um acréscimo na capacidade de transporte das partículas pela enxurrada e de desagregar solo, por ação de cisalhamento, sobretudo quando se concentra nos sulcos direcionados no sentido da pendente do terreno (COGO et al., 2003).

Outro grande problema do uso da terra para o cultivo e pastagem é a retirada da cobertura superficial, que contém matéria orgânica e frações minerais finas, fundamentais à nutrição e indispensável ao crescimento dos vegetais. Além disso, ajudam na conservação do e na redução do escoamento superficial. Em áreas de mata fechada, as copas arbóreas, interceptam parte da precipitação incidente, reduzindo o impacto das gotas de chuva no solo e o escoamento superficial (GONÇALVES et al, 2006).

No escoamento superficial pode ocorrer transporte de substâncias químicas e orgânicas e/ou partículas sólidas que se encontra em suspensão, poluindo as fontes superficiais de água. Pode ser transportados, também, adubos e sementes, poderá contribuir com dados ambientais e refletir em custos adicionais ao produtor rural.

De acordo com Gonçalves et al, (2006), a causa principal a erosão acelerada provém do uso e da ocupação inadequada das terras, por atividades ligadas à produção agrícola intensiva, têm acelerado a degradação progressiva do ambiente, em geral, originando uma perda irreversível do potencial produtivo das terras.

A capacidade de uma chuva erodir um solo depende principalmente da intensidade, da quantidade e das condições superficiais. Chuva de longa duração e baixa intensidade pode ocasionar um pequeno risco de erosão, contrariamente, uma chuva de alta intensidade os riscos a erosão serão bem maiores (LOMBARDI NETO & PASTANA, 1972).

Estudos realizados na caatinga por Silva et al, (2011) mostraram redução exponencial das perdas de solo justificada pela maior resistência físico-hidráulica ao escoamento criada pela copa e a camada de serrapilheira, devido ao maior valor do coeficiente de rugosidade

hidráulica. Isso leva a afirmar que a cobertura vegetal desse bioma funciona como barreira ao livre escoamento, resultando em uma infiltração maior.

Desse modo, a área da bacia hidrográfica exerce influência sobre a quantidade de água produzida como deflúvio. A forma e o relevo atuam sobre a taxa ou sobre o regime dessa produção de água, assim como a taxa de sedimentação. O caráter e a extensão dos canais (padrão de drenagem) afetam a disponibilidade de sedimentos, bem como a taxa de formação do deflúvio. Muitas dessas características físicas da bacia hidrográfica, por sua vez, são, em grande parte, controladas ou influenciadas pela sua estrutura geológica (TONELLO et al, 2006).

2.2 – Impacto de gotas da chuva e energia cinética

A erosão inicia-se pelo impacto das gotas de chuva no solo (splash) seguido pelo escoamento superficial, sendo muito mais intensa em áreas sem cobertura vegetal, onde as gotas da chuva se juntam, constituindo filetes d'água com força suficiente para arrastar as partículas liberadas para jusante da encosta. Esses filetes podem lavar as superfícies do terreno (wash), sem desenvolver canais definidos ou, podem juntar-se formando enxurradas, desagregando mais partículas do solo, carreando maior volume de material erodido (FALCÃO SOBRINHO & FALCÃO, 2005).

Esses mesmos autores explicam que as copas das árvores funcionam como amortecedores da energia cinética na gota d'água, quando em contato direto com as partículas do solo, impede o primeiro passo do processo erosivo por salpicamento.

Segundo Scapin (2005), o impacto da gota de chuva desprende a partícula de solo, que será transportada pelo escoamento. Essa erosão depende de muitos fatores e será maior quanto mais descoberto for à superfície do solo. O impacto das gotas de chuva no solo desprotegido quebra seus agregados e forma o encrostamento superficial, contribuindo, portanto, para a redução da capacidade de infiltração do solo e, conseqüentemente, aumento no escoamento superficial, o agente de transporte de partículas do solo (CARVALHO et al, 2003).

Comparando-se uma parcela desmatada com outra com vegetação rasteira e com cobertura morta, em São João do Cariri, Santos et al. (2007) encontraram que a deposição de sedimentos foi de 3,4 t/ha contra apenas 0,4 t/ha. Isso mostra, portanto, que o impacto das gotas da chuva num solo descoberto é muitas vezes maior do que num solo coberto com vegetação.

Bertol et al (2011) encontraram em estudos realizados em campos nativos no Sul do Brasil, onde um tipo de gramínea é uma espécie dominante, que a concentração de sedimentos na enxurrada foi 8,9 vezes maior no tratamento com queima da fitomassa do que no sem queima e com a presença da vegetação.

A capacidade erosiva da gota da chuva depende também da energia cinética por unidade de área da gota. Essa energia determina a força que deve ser absorvida em cada ponto do impacto, enquanto a área horizontal da gota determina a quantidade de solo que deve suportar o golpe. Para Costa et al, (1999), o processo de salpicamento das partículas do solo é afetado pelo tamanho das gotas, pela velocidade de queda e pela intensidade da chuva.

De acordo com Santos & Montenegro (2012), a erosividade das chuvas pode ser definida como o potencial da chuva em ocasionar erosão no solo, em função apenas das características físicas da chuva, entre as quais são citadas sua quantidade, intensidade, diâmetro de gotas, velocidade terminal e energia cinética. Essa é a principal forma de erosão causada pela energia cinética do impacto das gotas de chuva sobre a superfície do solo, desencadeando todo o processo de erosão hídrica.

A precipitação pluvial com o mesmo potencial de erosividade pode provocar perdas em diferentes tipos de solos, dependendo do teor de umidade do solo que antecede a chuva e dos picos de intensidade da chuva (ELTZ et al, 2001).

Outro aspecto importante é a ação de compactação que as gotas de chuva causam no solo, diminuindo, entretanto, a capacidade de infiltração; fator responsável pelo grande volume de enxurrada durante as chuvas mais intensas. Para (COSTA, op. cit), a velocidade de infiltração de água neste solo diminui em função da proporção do tamanho das gotas e diminui gradativamente à medida que aumenta o declive do terreno.

Cogo et al (2003) citaram que a cobertura do solo proporcionada pelos resíduos culturais tem ação eficaz na redução da erosão hídrica, em virtude da dissipação de energia cinética das gotas da chuva, a qual reduz a desagregação das partículas de solo. Já, o selamento superficial aumenta a infiltração de água, Destaca-se, entretanto, que a persistência dessa proteção ao solo dependerá do grau de incorporação dos resíduos culturais.

O teor de umidade do solo, bem como a cobertura vegetal, possui grande influência para o escoamento superficial e, conseqüentemente, para a produção de sedimentos. Por isso, nos estudos hidrossedimentológicos são importantes às análises da umidade do solo associado aos diferentes tipos de cobertura vegetal (SANTOS, 2011).

Para Gonçalves et al (2006), frações da precipitação na forma líquida pode ser interceptada pela cobertura vegetal, armazenada nas copas ou retornar à atmosfera pela

evaporação. Em maior quantidade e duração, a água da chuva alcança o solo, podendo ser armazenada pela serrapilheira, infiltrar, por força de gravidade, e ainda, escoar superficialmente e transportar determinados volumes de sedimentos, influenciando, portanto, na modelagem do relevo.

Esses mesmos autores explicam que a chuva ao incidir no solo, uma fração é infiltrada e o restante constitui o escoamento superficial, que por sua vez irá formar pequenos canais que podem arrastar materiais desprendidos contribuindo, portanto, para alimentar o processo erosivo e, conseqüentemente, agravar ainda mais o quadro de degradação ambiental.

2.3 – Degradação ambiental e manejo inadequado dos solos

Em áreas agrícolas, a erosão remove a camada superficial do solo, reduzindo sua produtividade. Já, numa bacia hidrográfica os processos erosivos e de sedimentação podem trazer muitos problemas. De acordo com Biazin (2005), o sedimento transportado para os corpos d'água contribui com a qualidade das águas superficiais, por transportar outros poluentes. O impacto decorrente dos processos de alteração da superfície, em áreas rurais, muitas vezes tem sido tratado de forma secundária como a drenagem de águas pluviais em meio urbano. Talvez, o problema mais evidente associado à drenagem de águas pluviais seja o das enchentes urbanas. No entanto, outros problemas, como poluição de mananciais e erosão, também estão relacionados diretamente com a urbanização e drenagem pluvial. Silva, (2006), citou que todos esses processos estão diretamente relacionados à redução na cobertura natural do solo em decorrência do processo de ocupação.

O uso e o manejo do solo numa bacia hidrográfica podem alterar a superfície de drenagem ocasionando impactos significativos no escoamento provocado, especialmente, pelo desmatamento (TUCCI, 2002). De uma forma geral, o procedimento utilizado para a retirada da vegetação nativa influencia nas condições de escoamento, embora o desmatamento manual seja o procedimento mais dispendioso é o de menor impacto.

Sistemas de uso e de manejo que reduzem e controlam a degradação são necessários para manter a sustentabilidade agrícola e econômica dos solos, evitando redução na quantidade e qualidade da biomassa e dos custos à produção. A degradação física dos solos é um dos componentes do processo de degradação que geralmente está associado às perdas de matéria orgânica. Assim, os sistemas de uso e manejo influenciam na sustentabilidade e na capacidade de produção dos ecossistemas agrícolas (VIANA et al, 2011).

Segundo Carvalho et al, (2003), os vários sistemas de cultivo propiciam diferentes condições finais de exposição do solo aos agentes erosivos, uma vez que promovem mobilização e cobertura vegetal diferenciada, produzindo diferentes níveis de proteção contra as perdas de água e de solo.

Grandes quantidades de sedimentos transportados pelos cursos de água, oriundos de ação erosiva da água sobre o solo de uma bacia hidrográfica, provocam danos significativos à população, ao desenvolvimento sócio-econômico e ao meio ambiente. Dependendo da interferência no fluxo natural de sedimentos de um curso d'água, seja pelo aumento da produção ou deposição, os impactos gerados podem ser irreversíveis, ocasionando diretamente e indiretamente um decréscimo na qualidade de vida e biodiversidade no ambiente hídrico e terrestre, diminuindo a temperatura e a luminosidade no meio aquático, assim como removendo grandes quantidades de solo dos horizontes superficiais que diminuam consideravelmente a produtividade (SILVA et al, 2010a).

Os sedimentos transportados pelos rios comprometem a qualidade da água e, conseqüentemente, a aceitabilidade desta para diversos usos. O sedimento quando depositado no leito dos rios, reduz a profundidade da área drenada e, conseqüentemente, aumento do nível das águas nos períodos de cheia e inundações nas áreas ribeirinhas. Outro grave problema do sedimento refere-se ao assoreamento dos rios (BIAZIN, 2005).

Para Tucci (2002), a área de fluxo assoreada modifica as características tanto de drenagem quanto de morfologia e enumera algumas atividades praticadas após um desflorestamento ou desmatamento explicando as características de cada uma;

a) Extração seletiva de madeira: Envolve a construção de estrada e retirada por equipamentos de árvores ao longo da floresta natural ou reflorestada. O maior impacto sobre esse sistema é a construção de estradas, devido à área envolvida e a capacidade erosiva gerada pela superfície desprotegida.

b) O plantio de subsistência: O desmatamento é realizado manualmente seguido por queimada antecedendo o período chuvoso e depois é feito o plantio sobre as cinzas. Após alguns anos, diminui a produtividade, abandona-se a área e o agricultor desloca-se para outra.

c) Culturas permanentes: Os desmatamentos citados podem ser considerados de intensidade pequena ou intermediária, dependendo das condições de alteração de cada caso. No entanto, o impacto pode ser grande quando o desmatamento dá origem a culturas anuais.

d) Culturas anuais: Abrangem mudanças da cobertura, anualmente ou sazonalmente com diferentes plantios. O processo submete o solo à preparação (aração) em determinadas épocas do ano, culminando na falta de proteção do solo no período chuvoso, onde o solo pode

estar sujeito à energia do impacto de chuvas intensas tendenciando causarem erosão e modificações nas condições de infiltração do solo.

e) Conservacionista: Utiliza o terraceamento, acompanhando as curvas de nível, para direcionar o escoamento evitando a erosão e danos às culturas. Esse tipo de plantio tende a facilitar as condições para a infiltração nas chuvas de baixa ou média intensidade, mas quando ocorre o rompimento do terraço nas cheias maiores pode gerar ravinamento na direção da maior declividade do escoamento.

f) O plantio direto: Plantio praticado sem revolver a terra e é realizado diretamente sobre o que restou do plantio anterior. Praticamente toda a água tende a infiltrar, e o escoamento se dá primordialmente na camada subsuperficial por comprimentos variáveis devido das características de relevo, chegando ao sistema de drenagem natural. Porém este plantio pode causar problemas em áreas declivosas, pois o escoamento subsuperficial, ao brotar na superfície, pode provocar erosão regressiva, já em declividades mais suaves a erosão é reduzida uma vez que o escoamento superficial é mínimo.

Tomando como base aos inúmeros usos da terra, os problemas afloraram quando o homem começou a degradar a Terra, ocupando, de forma desordenada as áreas próximas aos rios. A remoção da vegetação ciliar, o manejo inadequado do solo, a remoção da camada fértil do solo e a degradação em cursos d'água, são alguns dos fatores que acarretam a destruição das nascentes dos rios (SCAPIN, 2005).

As atividades antrópicas geram, em sua maioria, a degradação e a erosão do solo, pode haver redução de sua capacidade produtiva para as culturas, causando sérios danos ambientais, como assoreamento e poluição das diversas fontes de água. Entretanto, empregando adequados sistemas de manejo do solo e bem planejadas práticas conservacionistas de suporte, os problemas de erosão podem ser satisfatoriamente resolvidos (COGO et al, 2003).

Em bacias hidrográficas menores podem ser realizados alguns controles para evitar os danos causados pela erosão. As áreas agrícolas devem respeitar as curvas de nível, o uso e manejo do solo e considerando o tipo de plantação, realizar controles como obras de formação de sulcos, para conter água e solo que são arrastados. Em áreas urbanas os maiores causadores de erosão são: o impacto das gotas de chuva e as enxurradas. Faz-se necessário um sistema de drenagem eficiente e uma manutenção periódica, com limpeza de ruas e bueiros. Em margens de córregos é importante o reflorestamento ciliar bem como se deve impedir a ocupação habitacional desordenada nos taludes com riscos (SCAPIN, 2005).

2.4 - Chuvas simuladas

A determinação das perdas de água e solo por escoamento superficial é de suma importância para entender e quantificar os processos hidrológicos. Estudar a influência da quantidade e da intensidade de chuva na erodibilidade do solo necessita-se de séries pluviométricas obtidas em pluviômetros, que nem sempre estão disponíveis e/ou se quer existem. Diante disto, estudos de simulação de precipitação pluvial, utilizando-se simuladores de chuva (SPOHR et al, 2007), têm sido realizados devido a sua praticidade, com a vantagem de permitir simular volumes de chuvas com intensidades predeterminadas e um período de dados bem mais curto.

Neste contexto, estudos sobre o efeito da precipitação pluvial nas propriedades físicas do solo são difíceis de serem realizados, porque há necessidade de se conhecer o quantitativo da chuva ocorrido versus tempo de ocorrência (intensidade). Diante disto, uma das alternativas é a de utilização de simulador de chuvas, por permitir controlar o volume precipitado num determinado intervalo de tempo (SOUZA, 2004).

Um dos métodos utilizados experimentalmente para estimar a erodibilidade do solo consiste em correlacionar volumes de água aplicados versus perdas de solo. De acordo com Panachuki et al, (2006), esses procedimentos tem como principal vantagem, agilizar o processo a obtenção de dados relevantes às práticas de manejo do solo e culturas.

Santos (2011) afirmou, também, que o uso de simuladores de chuvas para se obter dados de escoamento superficial e de erosão em curtos períodos de tempo e em condições especiais, diminuindo o tempo de coleta e geração de dados, facilitando assim o trabalho de pesquisa.

Eltz et al (2001) explicaram que nos estudos de perdas de solo e água por erosão, estão sendo utilizadas as aplicações de chuvas simuladas com intensidade constante. No entanto, negligencia-se uma das mais importantes características da precipitação pluvial que é a variação da sua intensidade durante a ocorrência da chuva. Essa característica aliada as outras características da chuva, tais com a quantidade diária e/ou no espaço de tempo menor, a quantidade, duração e distribuição na estação chuvosa, o início e o término, a torrencialidade, dentre outras diferem de local para local, até mesmo, dentro de uma mesma microrregião (Almeida, 2012).

Figueiredo Neto & Valle Junior (2010) citam que à medida que a infiltração ocorre, a camada superficial do solo vai gradativamente diminuindo o teor de umidade. Por isso, a

simulação de chuvas surge como o método mais eficiente e representativo na determinação da velocidade de infiltração do solo.

Aplicando-se chuva simulada em parcelas de 1 m², Silva (2006), constatou que a superfície gramada foi a que apresentou os melhores resultados, mesmo para uma aplicação de água com intensidade superior a 150 mm/h durante 30 minutos. Ele encontrou, também, que em superfícies cobertas com vegetação houve redução do escoamento superficial e numa parcela com solo exposto, ao lado, a quantidade escoamento superficial foi três vezes maior.

Esse mesmo autor argumenta, ainda, que esses resultados mostram o impacto causado pela remoção da vegetação natural sobre o volume de escoamento superficial gerado durante eventos extremos de chuvas. Isso mostra, portanto, a importância da manutenção de áreas verdes, em locais destinados à urbanização, e a necessidade de alternativas para proteger o solo e minimizar o impacto da gota de chuva.

Em experimentos com seis parcelas experimentais de (4 m²), mantidas com coberturas de 0; 20; 40; 60; 80 e 100%, com aplicação de chuvas simuladas com intensidades de 60; 80; 100 e 120 mm h⁻¹ e durações de 68; 40; 24 e 14 minutos, Silva et al (2005) encontram que a energia cinética, acumulada, acarretou aumento na perda de solo para todas as porcentagens de cobertura, embora houve redução significativa em função do acréscimo de cobertura, tendo mais influência no controle das perdas de solo do que no das perdas de água.

Quantificando-se a capacidade de infiltração da água no solo, utilizando-se infiltrômetros de anéis e simulador de chuva de aspersão, Costa et al, (1999) verificaram que, para os mesmos valores de tempo, a capacidade de infiltração determinada pelos anéis foi maior que a encontrada pelo simulador. Eles explicaram que essa diferença pode estar associada à forma de aplicar a água sobre a superfície. Nos anéis concêntricos, por manter uma carga hidráulica sobre a superfície, a infiltração ocorre na taxa máxima que o solo comporta, sendo limitada apenas pelas características do próprio solo, que não sofre nenhuma alteração em sua superfície. Já, no simulador de chuvas não há carga hidráulica sobre a superfície do solo, deixando-o exposto à ação direta do impacto das gotas da chuva e do efeito do escoamento superficial.

Esses mesmos autores afirmaram, ainda, que os fatores associados à desagregação das partículas do solo, podem ser carregadas pela enxurrada, arremessadas pelo salpico ou mesmo deslocadas para o interior do solo, constituindo uma crosta superficial, com maior densidade, o que resulta numa redução na intensidade de infiltração da água no solo.

Ferreira et al, (2010) constataram em suas pesquisas, simulando-se chuva em superfícies de solo com e sem cobertura de palha (palhada). Na parcela sem cobertura, a perda

total de solo, com declividade de 20 % foi, em média, 1,37 vezes maior que a superfície com 10 % de declividade. Na declividade de 10 % a perda total de solo, no tratamento sem cobertura do solo, foi, em média, quatro vezes maior que o coberto com 1 ton.ha⁻¹ de palha e 16 vezes maior que a correspondente ao tratamento com 5 ton.ha⁻¹.

Quanto às perdas de água explicam ainda que no tratamento com solo descoberto, a perda total de água, na parcela com declividade de 20 % foi, em média, 1,27 vezes maior que a com declive de 10 %. Na declividade de 10 % a perda total de água com tratamento sem cobertura do solo foi, em média, 10,5 vezes maior que a superfície com 1 ton.ha⁻¹ de palha e 21 vezes maior que a correspondente ao tratamento com 5 ton.ha⁻¹. Já no tratamento com cobertura a perda total de água correspondente ao tratamento com 1 ton.ha⁻¹ foi, em média, 2 vezes maior que a correspondente ao tratamento com com 5 ton.ha⁻¹ (FERREIRA et al, 2010).

Tendo em vista os resultados relacionados acima, infere-se que a cobertura vegetal não somente protege o solo, mas reduz a erosão e o escoamento superficial. Isso requer, evidentemente, a adoção de manejo de solo visando o controle da erosão para que haja uma melhoria nas atividades agrícolas praticadas.

2.5 – Métodos de estimativa de perdas de solo

Existem vários métodos de pesquisas para se estudar e avaliar as ocorrências e consequências do processo de erosão hídrica dos solos. Ou até mesmo estimar as perdas de solos e a produção de sedimentos que são transportados por arraste em suspensão nas calhas dos rios. Os métodos de cálculo da descarga de sedimentos a partir de medições em rios, citam-se, por exemplo, o de Einstein Modificado por Colby e Hembree (1955) e Colby (1957), o de Meyer Peter e Müller (1948), o de Einstein (1950), o Van Rijn (1984) e Cheng (2002). Existem, ainda, os métodos de estimativa indireta da descarga total de material de fundo, utilizados por Scapin et al, (2007); Engelund e Hansen (1967), Yang (1973), Ackers e White (1973), Van Rijn (1984) e Karim (1998).

Para estimar o transporte de sedimentos em várias localidades do Brasil, usando os modelos; Equação Universal de Perda de Solo - USLE, Equação Universal de Perda de Solo Revisada - RUSLE e Water Erosion Prediction Project - WEPP, Amorim et al, (2010) comparando-o a predição das perdas de solo, pelos referidos modelos, com as obtidas em parcelas experimentais. Eles encontraram que houve diferenças significativas entre a média

geral de perdas de solo estimada pelos modelos e as medidas nas parcelas experimentais para diferentes condições edafoclimáticas brasileiras.

Arruda et al, (2013) instalaram 50 pinos metálicos de 1,0 m de comprimento, equidistantes 2,50 m um do outro, dos quais 30 cm foram introduzido no solo para determinar as perdas por erosão, adotando-se a metodologia sugerida Bertoni e Lombardi Neto (1999). Foram realizadas duas avaliações da variação na altura dos pinos a partir da superfície do solo.

Oliveira et al, (2008) realizaram estimativas de tolerância de perda de solo a partir da compilação de dados de 189 perfis de solos representativos do estado da Paraíba, calculada utilizando-se quatro métodos: 1) o proposto por Lombardi Neto & Bertoni (1975); 2) o de Bertol & Almeida (2000); 3) o modificado de Bertol & Almeida (1989); e 4) o método considerando-se os valores de permeabilidade do solo, obtidos em campo.

Contudo o modelo mais empregado para demonstrar a ação dos principais fatores que exercem influência nas perdas de solo pela erosão hídrica laminar, é a Equação Universal de Perdas de Solo (USLE). Essa equação foi desenvolvida nos Estados Unidos, em 1954, e sequencialmente sendo aprimorada. O modelo revisto por Wischmeier & Smith, com uso no Brasil, consta que a partir de 1975, em São Paulo, com ajustes metodológicos citados por Bertoni & Lombardi Neto (1995).

A equação universal de perda dos solos é largamente aplicada para o território nacional e permite quantificar e regionalizar áreas com maior risco de ocorrência de erosão. Os parâmetros de solo e clima (chuva), aliados aos de topografia definem o potencial natural de erosão da USLE, não levando em consideração, a ação antrópica.

De acordo com Pedro & Lorandi (2004), a USLE utiliza para estimar a perda anual de solo, os fatores relacionados à erosividade da chuva e enxurrada; erodibilidade do solo; comprimento da encosta e declividade do terreno que exprimem as condições naturais do clima, do solo e do terreno.

Em áreas urbanas ou com afloramento rochoso geralmente é descartado por não ser possível encontrar fatores para essas áreas, visto que a USLE foi desenvolvida para solos agrícolas, que são manejados, não existindo indicações de sua aplicação para esses tipos de áreas (ROPPA et al, 2008).

Dentre as várias formas de estudo da erosão do solo que levam em consideração a análise espacial do fenômeno, apresenta-se a avaliação preditiva como forma de auxiliar o planejamento do uso da terra, bem como determinar as medidas de conservação. No intuito de desenvolver estudos preditivos, recorre-se ao uso de modelos, que surgiram na década de 40,

e até hoje são amplamente utilizados nas pesquisas de conservação do solo (MENDONÇA, 2005).

Miranda et al, (2006), destacaram que o fator R é uma medida do potencial da chuva em ocasionar erosão numa área sem proteção, em MJ/ha.mm. Já, a equação de perda de solo, segundo Correa & Santos Pinto (2012) permite estimar a erosão do solo a médio e longo prazo e, portanto, possibilita subsidiar o manejo de práticas conservacionistas, propondo-se minimizar a perda de solos em níveis aceitáveis.

Os coeficientes R, K, L e S representam os fatores naturais mais importantes, que são o potencial erosivo das chuvas (erosividade), à natureza do solo (erodibilidade) e à morfologia do terreno (comprimento do declive e grau de declive). Estes fatores interagindo, compõem o potencial natural de erosão (PNE). Já os fatores C e P são de natureza antrópica e estão relacionados à ocupação das terras e às suas características de cultivo, ou seja, as formas de uso-manejo e as práticas conservacionistas. Essa equação, dada sua grande abrangência nos aspectos ambientais, socioeconômicos e culturais, explica-se o porquê do seu uso em diferentes escalas e finalidades (PEREIRA, 2002).

Com relação à equação, o referido autor destaca que ela pode ser aplicada para quantificar perdas de solo e água, estimar erosão e seus impactos, diagnóstico ambiental, avaliação da fragilidade de terras, dentre outras.

O fator de erodibilidade dos solos (K) é um indicativo da susceptibilidade a erosão que um solo tem, para valores iguais de precipitação, vegetação, manejo e declividade, cujos valores em função do tipo de solo estão disponíveis em tabelas citadas por Bertoni e Lombardi Neto (2005) e Domingos (2006).

Os fatores L e S são indicativos da topografia do local, comprimento e declividade respectivamente. O comprimento do declive (fator L) é de significativa importância para quantificar a perda de solo, sendo a sua extensão diretamente proporcional à velocidade do escoamento superficial (CORREA & SANJOS PINTO, 2012).

O fator C refere-se ao uso e manejo, relação entre as de perdas de solo de um terreno cultivado em determinadas condições e as perdas correspondentes de um terreno mantido continuamente sem vegetação, ou seja, nas mesmas condições em que o fator K é avaliado.

De acordo com Domingos (2006), as praticas conservacionistas representadas pelo fator P, estabelecem relação entre as perdas de solo de um terreno cultivado, sem adoção do manejo, e as perdas quando se pratica o manejo.

Weill et al, (2001) em estudos na bacia hidrográfica do rio Mogi Guaçu, no Estado de São Paulo, aplicando-se o modelo USLE encontraram que cerca da metade da área, as taxas de

perda de solo foram abaixo dos limites de tolerância, a erosão foi de baixa ou muito baixa e risco muito baixo a degradação. Enquanto que, a outra metade apresentou degradação de recursos, com destaque para a área serrana como sendo a mais crítica do ponto de vista do controle da erosão. Isso demonstra, entretanto, a importância de se utilizar a equação universal de perdas de solo para quantificar as distintas situações ambientais da referida bacia.

Vieira (2008) explica que em função das limitações de métodos usando a equação USLE, os resultados devem ser adotados como indicativo ambiental, uma vez que o potencial de erosão no interior da sub-bacia é variável.

De acordo com Valle Junior (2008), a USLE é importante para se quantificar a produção de sedimentos de uma vertente e, conseqüentemente, estimar o potencial de assoreamento de um manancial e/ou de um reservatório. Por isso, essa equação é uma das mais aceitas e utilizadas, por contemplar nos seus procedimentos metodológicos as perdas oriundas da erosão laminar.

Neves et al (2011) explicaram que a equação universal de perdas de solo é uma importante ferramenta em estudos de planejamento de práticas de manejo e conservação do solo. Resultados encontrados por eles na bacia hidrográfica do Rio Jauru, MT, mostraram que as perdas médias, por erosão hídrica, foram de $3,26 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, que equivale a um grau de erosão muito baixo, com variação entre $9,42 \text{ t.ha}^{-1}$ em Neossolos Litólicos e $6,33 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ em Neossolos Quartzarênicos.

Silva et al (2009) estimaram as perdas de solo, usando a equação USLE, na bacia do rio Capiá, afluente do Rio São Francisco, localizada entre os Estados de Pernambuco e Alagoas, e encontraram que 65 % da área da bacia apresentaram perdas anuais de solo de 0,1 a $40 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ e os 35 % , as perdas de solo variaram entre 40 e $200 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$.

Em trabalhos realizados na região serrana do Estado do Espírito Santo, Dutra et al (1997) descreveram que embora reconheçam que há possibilidade de utilizar diversos modelos preditivos de perda de solo e de geração/transporte de sedimentos. No entanto, deve-se considerar que existem limitações impostas a cada modelo e a necessidade de escolha do mais adequado e adaptável às situações ambientais da área objeto de estudo.

2.6 - Caracterização Morfométrica de Bacias Hidrográficas

De acordo com NASCIMENTO & VILLAÇA (2008), a bacia hidrográfica já é aceita, universalmente, como uma unidade de planejamento, uma vez que esta se constitui num sistema natural bem delimitado geograficamente e onde os fenômenos e interações podem ser

integrados. Dessa forma, as bacias hidrográficas podem ser tratadas como unidades geográficas, onde os recursos naturais se integram. Além disso, constitui-se uma unidade espacial de fácil reconhecimento e caracterização.

As bacias hidrográficas são delimitadas pelos divisores de água e seus tamanhos podem variar desde dezenas de metros quadrados até milhões de metros quadrados. As bacias de tamanhos diferentes articulam-se a partir dos divisores de água, integrando um sistema de drenagem organizado hierarquicamente (ALCÂNTARA & AMORIN, 2005).

Tonello et al (2006) em estudos sobre bacias hidrográficas explicam que evidenciar qualitativamente os aspectos da bacia hidrográfica torna-se insuficiente para identificação de homogeneidades em relação aos fatores que influenciam o relevo.

Um dos primeiros e mais comuns procedimentos executados em análises hidrológicas ou ambientais é a caracterização morfométrica que tem como objetivo esclarecer as várias questões relacionadas com o entendimento da dinâmica ambiental local e regional (TEODORO et al, 2007).

Então a análise e modelagem de sistemas geomorfológicos em ambiente computacional potencializaram a obtenção e análise de dados e informação que antes necessitavam de longos levantamentos de campo os que tornam a pesquisa onerosa. Por isso, a caracterização morfométrica tornou-se um meio menos dispendioso (CHEREM, 2008).

Nestes estudos a mensuração e a análise matemática da configuração da superfície terrestre, quanto à forma e às dimensões de sua paisagem, são usadas nas estimativas das características da bacia hidrografia (morfometria).

A caracterização morfométrica de bacias é de grande importância para estudos ambientais, principalmente, quando o ambiente em questão está sofrendo alterações em parte de seu curso d'água, pois eles desempenham papéis importantes dentro do ecossistema (PINTO JUNIOR & ROSSETE, 2005).

O norteamento das ações baseadas nestas áreas tem seu principio pelo uso do geoprocessamento, importante ferramenta para a localização, delimitação, medições e análise morfométrica de sua superfície. O uso de métodos cartográficos torna-se de grande precisão quando manipulados em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), *softwares* específicos para tratamento, armazenamento, manipulação e visualização de dados espaciais (COUTINHO et al, 2011).

Anteriormente, os estudos morfométricos eram elaborados manualmente, o que tornava o processo demorado e mais suscetível a erros. Entretanto, com o avanço dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG's), a análise morfométrica tornou-se acessível

proporcionando aos gestores maior agilidade na geração e análise das informações necessárias à tomada de decisões em comparação aos métodos ou técnicas manuais (SALLES, 2010).

A análise morfométrica permite reduzir o grau de subjetividade na avaliação das formas do relevo, favorecendo a comparação de paisagens envolvidas nos fenômenos climáticos e geológicos diferenciados. A correlação entre os parâmetros morfométricos e a ocorrência de determinados tipos de fenômenos naturais pode levar ao estabelecimento de modelos de evolução da paisagem e como consequências se obtêm definições de formas racionais de uso e ocupação de solo (FERRARI et al, 1998).

Cabe destacar também as ações antrópicas que têm se desenvolvido rapidamente nas últimas décadas e potencializado alterações nas características morfométricas das bacias hidrográficas, por meio da canalização e retificação de cursos fluviais, terraplanagem, impermeabilização do solo, dentre outros (OLIVEIRA et al, 2009).

Essa heterogeneidade sistemática dificulta a representação dos processos envolvidos e alteram no escoamento superficial, causando por sua vez mudanças no comportamento das enchentes, vazões mínimas e máximas das bacias. Logo a compreensão sobre os aspectos relativos à drenagem ao relevo e a geologia facilitam o entendimento de várias questões associadas à dinâmica ambiental local, sendo as informações adquiridas nesses estudos fundamentais para a elaboração de projetos (SANTOS et al, 2012).

Os estudos referentes à morfometria de bacias hidrográficas podem ser definidos como um conjunto de procedimentos metodológicos que tem como orientação, a investigação e compreensão científica dos elementos naturais de uma bacia hidrográfica. A morfometria relacionada aos cursos fluviais possibilita esclarecer questões acerca da morfogênese e morfodinâmica da paisagem, sabendo que a rede de drenagem assume papel de destaque na compartimentação do relevo (IBGE, 2009).

A análise morfológica de sistemas ambientais, como a análise morfométrica de bacias hidrográficas, é de extrema importância para o atual momento científico da Geomorfologia, que auxiliado por novos procedimentos metodológicos têm contribuído no entendimento do modelado escultural do relevo da bacia e colaborado nos estudos de maior escala de análise geográfica (CHEREM, 2008).

A modelagem hidrológica serve para auxiliar a tomada de decisões envolvendo questões ambientais, principalmente, num sistema aberto como a bacia hidrográfica. Modelos são semelhantes à proposição de tabelas, gráficos e mapas que são utilizados como uma linguagem específica e padronizada com o objetivo de representar a realidade descrevendo e

caracterizando entidades ou fenômenos, esses artifícios são bastante utilizados para análise e representação espacial (SILVA et al, 2010b).

No Brasil é fácil perceber o planejamento urbano sem infraestrutura adequada, o que causa transtornos à população. Como o país de clima tropical, há sempre a predominância de ocorrência de chuvas convectivas e de alta intensidade. Além disso, outros fatores como os tipos de solos e condições do relevo favorecem eventos como enchentes, que são agravadas pelos incorretos dimensionamentos dos sistemas de drenagem. Ao avaliar a importância desse aspecto, a análise morfométrica tem uma importante contribuição como uma ferramenta de suporte para o planejamento territorial (CASTRO & CARVALHO, 2009).

Em estudos das interações entre os processos, sob o ponto de vista quantitativo, utiliza-se o método da análise morfométrica através dos seguintes parâmetros: relevo da bacia, densidade hidrográfica, densidade de drenagem, altimetria, dentre outros. Vale salientar que a combinação dos diversos dados permite a diferenciação de áreas homogêneas. Estes parâmetros podem revelar indicadores físicos específicos para um determinado local, de forma a qualificarem as alterações ambientais (ALVES & CASTRO, 2003).

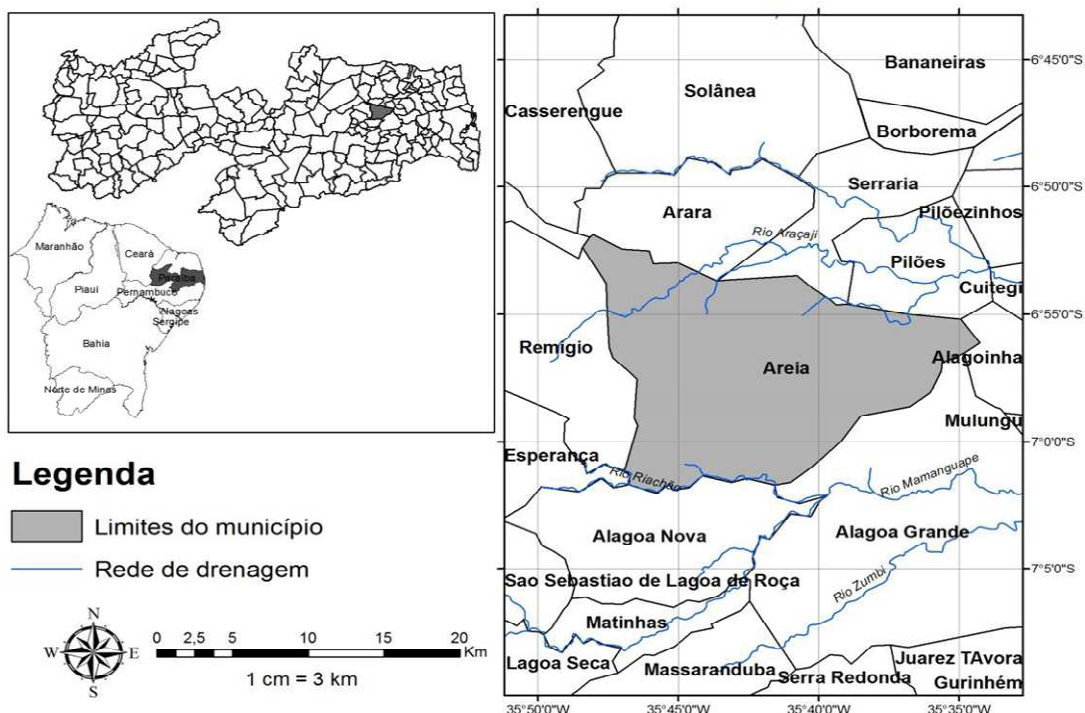
Estes mesmos autores explicam que qualitativamente os aspectos são insuficientes para a identificação de homogeneidades, no que diz respeito aos fatores que influenciam as formas de relevo. Assim, fica evidente a necessidade do uso de métodos quantitativos para estudos desta natureza.

3.0 - MATERIAL E MÉTODOS

3.1 – Localização e caracterização da área de estudo.

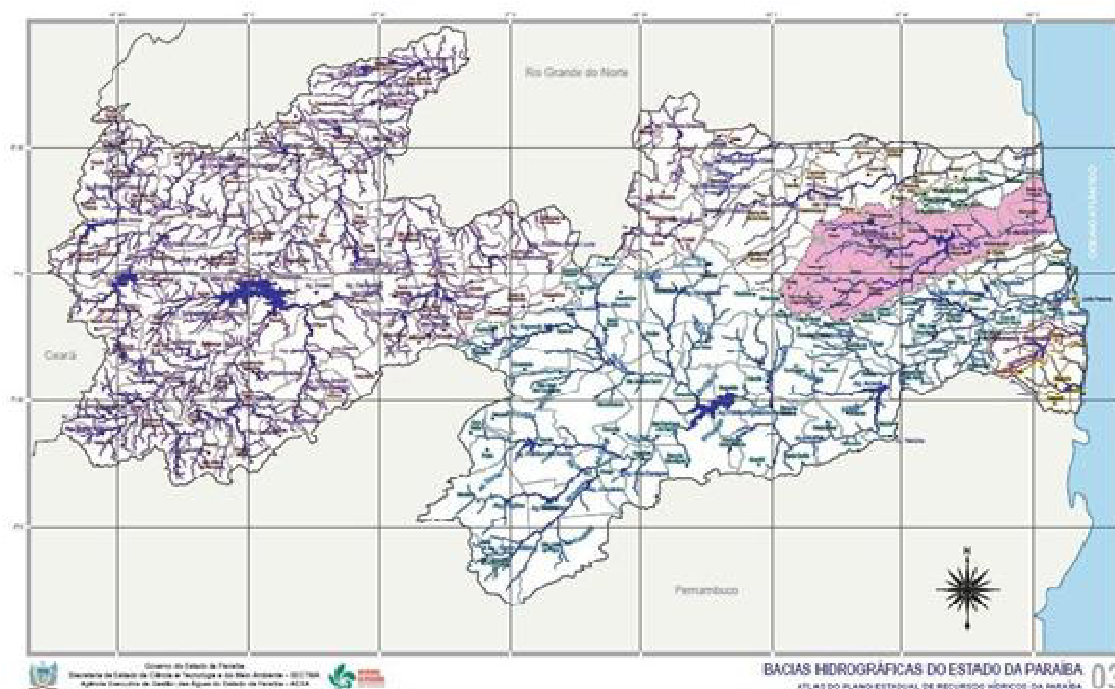
O município de Areia Figura (1) situa-se na escarpa oriental do Planalto da Borborema, microrregião do Brejo Paraibano, latitude 06°57'S, longitude 35°41'W e a 623 m de altitude, distante 45 km de Campina Grande e com área territorial de 269 km².

Figura 1. Mapa do Estado da Paraíba, com destaque para o município de Areia, PB.



A área experimental localiza-se em um dos afluentes da zona rural do município de Areia, no sítio Velho, que deságua no alto curso da bacia hidrográfica do rio Mamanguape (Figura 2).

Figura 2. Mapa da bacia hidrográfica do rio Mamanguape, em destaque. Adaptado pelo autor.



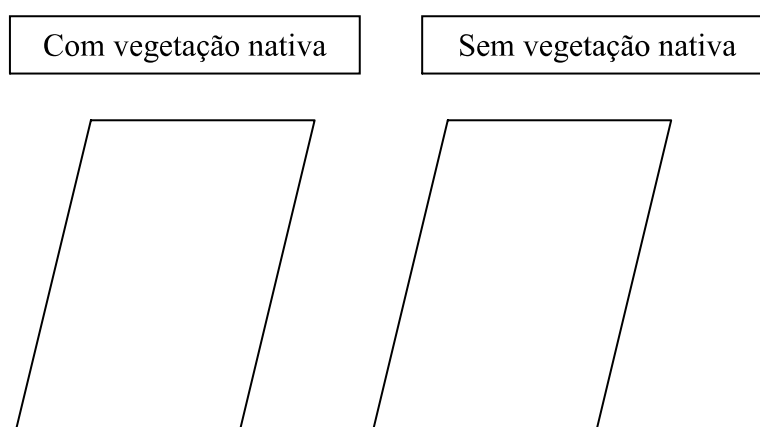
Fonte: (AESAs, 2012).

As parcelas experimentais foram selecionadas levando em conta à acessibilidade e a proximidade de um tributário do rio Mamanguape, medindo 1 m de largura por 1 m de comprimento. O local onde foi instalado o experimento fica no Sitio Velho, Município de Areia, PB.

O georeferenciamento do local foi feito utilizando-se um GPS (Global Positioning System) obtendo os dados: (Altitude e localização), cujas coordenadas geográficas são: Latitude 06°59'13"S, Longitude 35°42'33"W e altitude de 481 m com declividade média de 27 %.

Os solos das parcelas são o Podzólico Vermelho Amarelo equivalente eutrófico com horizonte "A" proeminente de acordo com a classificação proposta por Brasil (1972). No decorrer do experimento foram utilizados mapas, registros fotográficos, GPS para georeferenciamento da referida área experimental. Foram selecionadas duas parcelas, sendo uma com cobertura vegetal nativa e outra sem cobertura vegetal (descoberta).

Figura 3. Croqui das parcelas experimentais medindo 1m² com vegetação natural e sem vegetação.



3.2 - Procedimentos Metodológicos.

3.2.1 - Instalação das parcelas experimentais.

As parcelas experimentais com vegetação nativa e sem vegetação foram delimitadas com folhas de PVC, de um metro de comprimento por 1 m de largura, semi enterradas no solo a 5 cm de profundidade, fixadas com ripas de madeira em suas extremidades, pregadas e vedadas nos cantos, a fim de evitar perdas de água ou sedimentos como mostra a Figura (4).

Figura 4. Vista das parcelas experimentais de 1m² com cobertura vegetal nativa e sem vegetação. Sítio Velho, Areia, PB.



Na parcela com vegetação foram identificadas e catalogadas as espécies nativas existentes.

3.2.2 – Teor de umidade do solo e aplicação de “chuvas” simuladas

Antes de ser aplicada a água em cada parcela foram coletados as amostras de solo, em estrutura deformada, usando 1 trado do tipo holandês na profundidade de 10 cm. O solo coletado foi acondicionado em latinhas de alumínio e em seguida conduzido ao laboratório da UFPB, em Areia. As latinhas foram pesadas, usando-se uma balança de precisão, vazias e com as amostras de solos. Em seguida foram colocadas em estufa a 65° C por 48 horas até ficar com o peso constante, quando era pesada novamente. O teor de umidade do solo (U, em %) foi calculado mediante a expressão (1):

$$U (\%) = \frac{mu - ms}{ms} \times 100 \quad (1)$$

Sendo: mu- massa do solo úmido (g);

ms- massa do solo seco (g)

A aplicação de água nas parcelas, aqui denominada de chuva simulada, foi feito usando-se um regador de 10 litros (Figura 5). Como 1 mm equivale a um volume de 1 litro por m^2 e as parcelas tinham áreas unitárias, para cada volume de 10 L do regador equivale a 10 mm. O tempo de aplicação foi cronometrado em 30 minutos, sendo aplicados os volumes de 10, 20, 30, 40 e 50 Litros, que correspondem, respectivamente, a 10, 20, 30, 40 e 50 mm. O balanço hídrico foi feito contabilizando a entrada menos à saída de água e/ou de sedimento escoado do interior da parcela e coletada em baldes volumétricos, instalados na abertura do solo e na extremidade do cano de PVC (Figura 4). Ressalta-se, entretanto, que o processo contábil foi feito para cada lâmina aplicada, mantendo-se os mesmos procedimentos de coleta de amostras de solos e do teor de umidade para cada lâmina aplicada.

Figura 5. Aplicação de chuva simulada nas parcelas experimentais. Sítio Velho, Areia, PB.



As análises do balanço hídrico, o teor de umidade do solo e a produção de sedimentos foram feitos comparando-se as lâminas aplicadas da parcela com vegetação nativa e a sem vegetação.

A produção de sedimento de cada parcela, em mm, para cada evento de aplicação da água foi relacionado com o teor de umidade de solo antes da aplicação da lâmina de água.

Esse procedimento permitiu quantificar a produção de sedimentos (carreamento) em função da intensidade de aplicação e em função da declividade.

Os percentuais de perdas de solo e concentração de sedimentos foram determinados pela pesagem da massa do material carreado na enxurrada, coletados em baldes volumétricos. Os baldes plásticos eram vedados e deixados em repouso por 48 horas para que o material coletado fosse decantado. Em seguida era retirada toda água dos baldes e o sedimento decantado foi acondicionado em latinhas de alumínio, era pesado (antes e após) e em seguida secado em estufa a 65° C, durante 48 horas, sendo pesado e registrado em função da lâmina aplicada.

A comparação de dados de produção de sedimentos, umidade do solo e balanço hídrico foi realizada entre a parcela com vegetação e sem vegetação, seguida por uma visualização gráfica e análises de regressão.

O modelo regressão usado foi o do tipo potencial (2);

$$Y = aX^n \quad (2)$$

Sendo Y = lâmina coletada e X = intensidade de aplicação. A escolha da melhor equação foi feita com base no indicativo estatístico de precisão (coeficiente de determinação) e no menor erro de estimativa.

3.3 - Caracterização morfométrica do alto curso da bacia hidrográfica do Rio Mamanguape

A base de dados usada para gerar os mapas alto curso da bacia hidrográfica do rio Mamanguape foi feita com base no sistema de informações geográficas (SIG), com o uso do software ArcGis 9.3. e obteve-se parâmetros como, altitude (m), declividade (máxima, mínima e média) em (%), área da bacia, perímetro da bacia, números de canais, elevação (mínima, máxima e média) em (m) e comprimento dos canais (km). Esses parâmetros são necessários para estabelecer as características morfométricas de uma bacia e/ou sub-bacias hidrográficas, conforme procedimentos metodológicos descritos por Tonello (2006) e descritos no Quadro (01).

Quadro 01 – Características morfométricas obtidas no estudo da bacia e sub-bacias hidrográficas.

Características Morfométricas	Tipo de Análises
Características geométricas	Área total Perímetro total Coeficiente de compactidade (Kc) Fator de forma (F) Índice de circularidade (IC) Padrão de drenagem
Características do relevo	Orientação Declividade mínima Declividade média Declividade máxima Altitude mínima Altitude média Altitude máxima Declividade média do curso d'água principal
Características da rede de drenagem	Comprimento do curso d'água principal Comprimento total dos cursos d'água Densidade de drenagem (Dd) Ordem dos cursos d'água

Fonte: TONELLO et al, 2006.

As classes de declividade foram agrupadas de acordo com a classificação estabelecida por Tonello et al., (2006) o em seis intervalos como mostra o Tabela (01).

Tabela 01 - Classificação da declividade segundo Embrapa (1979).

Declividade (%)	Discriminação
0 - 3	Relevo plano
3 - 8	Relevo suave ondulado
8 - 20	Relevo ondulado
20 - 45	Relevo forte ondulado
45 - 75	Relevo montanhoso
> 75	Relevo forte montanhoso

Fonte: TONELLO et al, 2006.

Para realização deste estudo foi utilizado o modelo digital de elevação (MDE) para a extração automática da rede de drenagem da bacia do Riacho do Pontal obtido no site da EMBRAPA Monitoramento por satélite (CNPM) e é fruto de um projeto chamado BRASIL EM RELEVO (As cartas utilizadas são referentes à área do alto curso da bacia do Mamanguape: SB-25-Y-A-IV, SB-25-Y-A-V, SB-25-Y-C-I, SB-25-Y-A-II) no qual dados da SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) referentes ao Brasil (MIRANDA, 2005). Para a extração das redes de drenagem o MDE passou por diversos tratamentos realizado com o SIG ArcGis 9.3.

Assim, para gerar os “mapas de direção e acumulação de fluxo” foi necessário primeiro converter o MDE para o formato GRID. Com o MDE no formato GRID foi possível gerar os mapas contendo as direções de fluxo e o fluxo acumulado, através do módulo de análise hidrológica do ArcGis 9.3.

O método empregado para delimitação automática do limite da bacia foi de acordo com a ordem da hierarquia fluvial com base na proposta de classificação de Strahler (1952). Em seguida foi delimitada a área da bacia juntamente com suas subdivisões através do Menu “*Hydrology*” na ferramenta “*Watershed*”. Posteriormente utilizando recursos do SIG foram calculados alguns parâmetros físicos tais como: área, perímetro, comprimento das redes de drenagens, número de segmentos dos rios, e tais dados foram à base para diversos cálculos para determinar alguns parâmetros físicos.

Posteriormente utilizando recursos do SIG foram calculados alguns parâmetros físicos tais como: área, perímetro, comprimento das redes de drenagens, número de segmentos dos rios, e tais dados foram à base para diversos cálculos para determinar alguns parâmetros físicos.

Densidade de drenagem (3) e a densidade hidrográfica (4) foram dadas pelas seguintes equações segundo (HORTON, 1945):

$$Dd = \frac{L}{A} \quad (3)$$

Sendo que Dd = densidade de drenagem; L = comprimento total dos rios ou anais e A = área de drenagem ou total da bacia.

Indicando a maior ou menor velocidade com que a água deixa a bacia hidrográfica, logo indica o grau de desenvolvimento do sistema de drenagem, ou seja, fornece uma indicação da eficiência da drenagem da bacia (CARDOSO et al, 2006).

$$Dh = \frac{N}{A} \quad (4)$$

Sendo que, Dh = densidade hidrográfica; N = número total de rios e A = área da bacia.

Simultaneamente ao coeficiente de compacidade, equação (5), o índice de circularidade, equação (6), tende para a unidade à medida que a bacia se aproxima da forma circular e diminui à medida que a forma torna-se alongada (CARDOSO et al, 2006):

$$Kc = \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (5)$$

Sendo que, Kc = coeficiente de compacidade; P = perímetro e A = área de drenagem.

$$Ic = \frac{12,57 \times A}{P^2} \quad (6)$$

Sendo Ic; Índice de circularidade; A= área de drenagem; P= perímetro.

Todos os cálculos, análises estatísticas e a confecção de gráficos e tabelas foram realizados utilizando a planilha Excel.

4.0 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 – Levantamento fitossociológico da parcela experimental com vegetação

Os principais resultados quantitativos do levantamento fitossociológico, da parcela com vegetação nativa, totalizaram-se em 107 organismos, dos quais 35 não foram identificados e 72 foram identificados, no Laboratório de Biologia da UFPB, Areia. Dos setenta e dois organismos reconhecidos, pertencem as famílias, gêneros e espécies descritas a seguir:

a) Feijão Carioca (*Phaseolus vulgaris*), pertencente à Família: Fabaceae, Gênero: *Phaseolus* e Espécie: *Phaseolus vulgaris* L. Os 12 indivíduos identificados tinham altura, média, de 20 cm;

b) Melão de São Caetano (*Momordica charantia* L.), pertencente à Família: Curcubitaceae, Gênero: *Momordica* e Espécie: *Momordica charantia* L. É também conhecida como erva de São Caetano, fruto de cobra, erva das lavadeiras e melãozinho. Trata-se de um cipó herbáceo, de cheiro desagradável, caule sulcado e fino, ramos quadrangulares, folhas palmatífidas, dentre outras características. Foram identificados cinco exemplares e os ramos se espalharam e alcançaram uma altura média de 5 cm acima do solo;

c) Capim Tiririca (*Cyperus rotundus* L.), pertencente à Família: Cyperaceae, Gênero: *Cyperus*, Espécie: *Cyperus rotundus* L. A tiririca é uma das principais plantas daninhas, possui um conjunto de bulbos, rizomas e tubérculos subterrâneos, interligados em forma de corrente, de onde surgem as folhas e as hastes florais. Os tubérculos são produzidos nos rizomas e, quando brotam, uma ou mais gemas começam a crescer, produzindo novas plantas

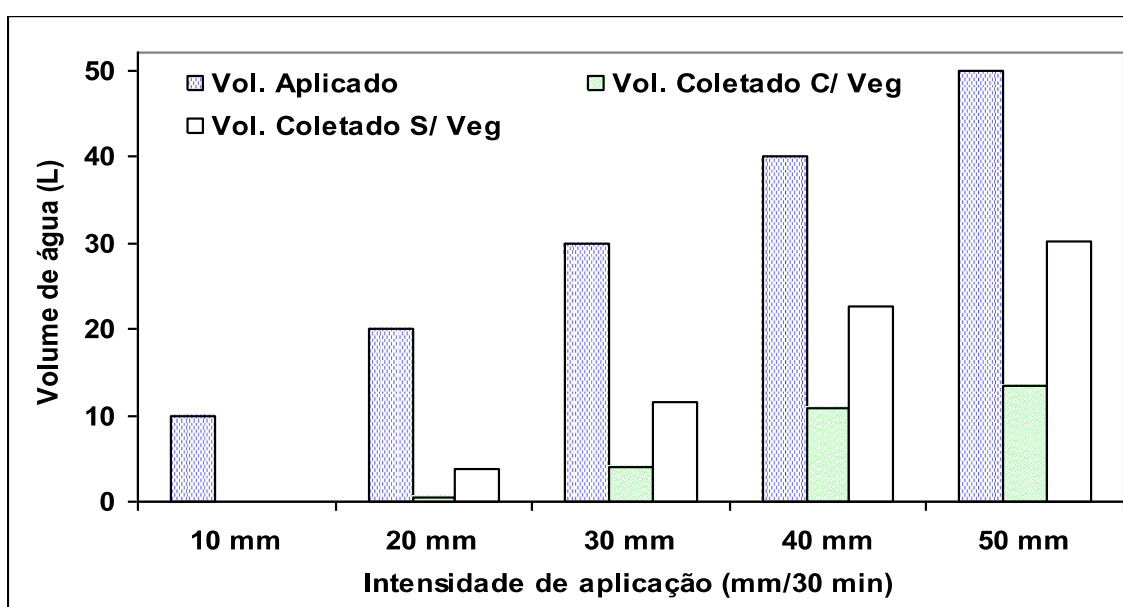
com mais tubérculos, garantindo a reprodução e a disseminação da tiririca. A maior predominância de vegetação nativa era dessa espécie, com 55 organismos e altura média, em relação ao solo, de 12 cm.

Além destes, observou-se a presença de outro tipo de capim do Gênero: *Brachiaria*, mas não foi possível identificar a sua espécie. Outros vegetais também não foram possíveis de identificar, mas existiam algumas gramíneas e herbáceas. Foram observados nove organismos do capim *Brachiaria*, com altura de cerca de 30 cm, cerca de doze herbáceas, com altura média de cerca de 10 cm e 14 gramíneas com altura de 8 cm.

4.2 – Balanço hídrico e umidade do solo.

O balanço hídrico nas parcelas experimentais com vegetação e sem vegetação observa-se na Figura (6). Verificou-se que na aplicação de 10 mm de chuva, ambas as parcelas não apresentaram escoamento, na aplicação de 20 mm a parcela com vegetação apresentou escoamento de 2,5%, já à parcela experimental sem vegetação apresentou um escoamento de 18,8% do volume aplicado. Aplicaram-se os 30 mm de chuva e pôde-se observar que a parcela com vegetação apresentou escoamento de 12,8% e a parcela sem vegetação 38,7% do volume aplicado.

Figura 6. Balanço hídrico em função da intensidade de aplicação de água nas parcelas com e sem vegetação nativa. Sítio Velho, Areia, PB.

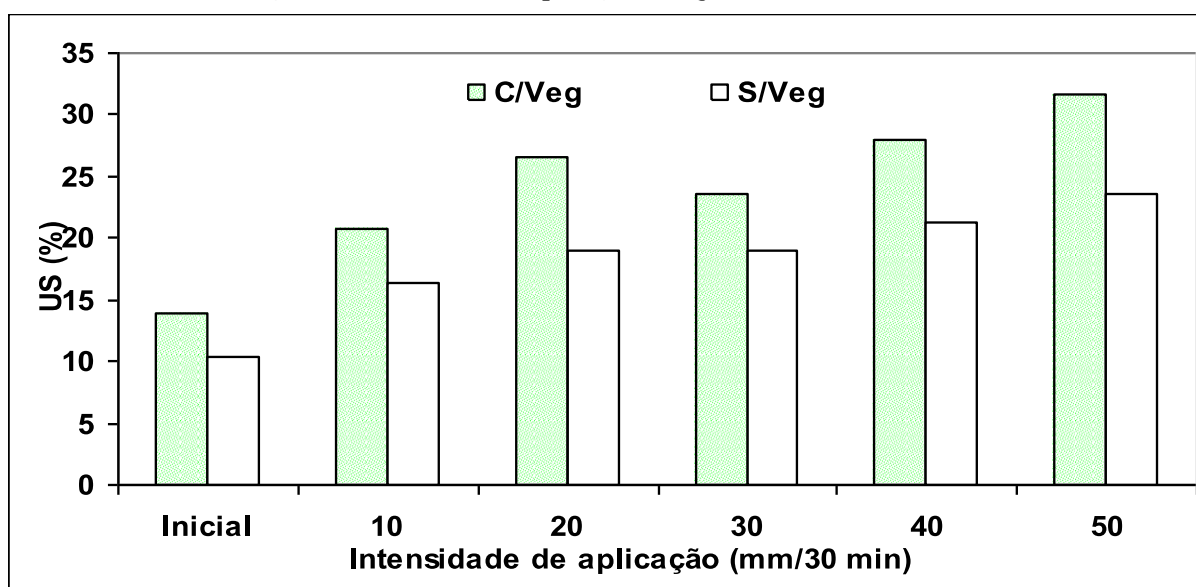


Quando aplicados os maiores volumes de chuva em ambas as parcelas observou-se que, na parcela com vegetação houve um escoamento de 27,0% e na parcela sem vegetação 56,1% para a aplicação de 40 mm, já na aplicação de 50 mm foi possível observar escoamento de 26,5% para a parcela com vegetação e de 60,1% do volume aplicado para a parcela sem vegetação.

De modo geral nas aplicações de chuvas simuladas, o volume total de água utilizado foi de 150 Litros, aplicados em cada parcela. Na parcela com vegetação as perdas de água por escoamento foram de apenas 19% do total aplicado, enquanto que na parcela sem vegetação as perdas por escoamento representaram 45% do volume total, ou seja, mais que o dobro das perdas de água por escoamento superficial. Estes valores demonstram a importância da cobertura vegetal e como sua presença influencia nas perdas de água por escoamento superficial e infiltração no solo.

A unidade do solo nas parcelas experimentais com vegetação e sem vegetação para cada aplicação de chuva e coleta de solo, bem como as umidades iniciais do solo nas parcelas, ou seja, a umidade antes das aplicações das lâminas de água verifica-se na Figura (7).

Figura 7. Teor de umidade do solo nas parcelas experimentais com e sem vegetação em função da intensidade de aplicação de água. Sítio Velho, Areia, PB.



Comparando-se os resultados encontrados em ambas as parcelas foi possível observar que a umidade inicial na parcela com vegetação foi de 13,9%, já na parcela sem vegetação essa umidade foi de 10,4% representando uma queda na umidade de 25,2% em relação à parcela com vegetação. Após a aplicação de 10 mm a umidade do solo na parcela com

vegetação foi de 20,7% enquanto que na sem vegetação o teor de umidade foi de 16,3% indicando uma redução de 21,3%. Contatou-se, portanto, que a umidade do solo posterior à aplicação de 20 mm foi de 26,5%, na parcela com vegetação, e de 19,0% na parcela sem vegetação, revelando uma redução de 28,3%. Já, na parcela com vegetação a umidade foi de 23,5% e de 19,0% para a parcela sem vegetação demonstrando uma diminuição de 19,1%, referente à aplicação de 30 mm.

Na aplicação de 40 mm observou-se uma umidade de 28,0% na parcela com vegetação e na parcela sem vegetação essa umidade foi de 21,2% uma redução de 24,3%, e por fim após a aplicação de 50 mm a umidade foi de 31,6% para a parcela com vegetação e de 23,6% para a parcela sem vegetação, tendo como redução o percentual de 25,3%.

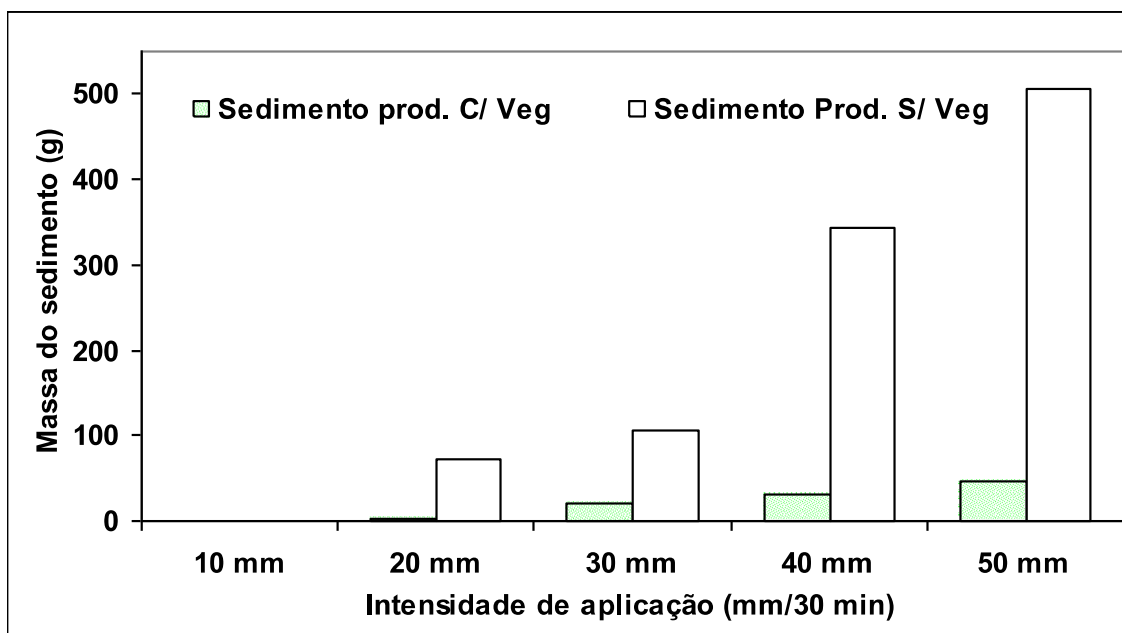
Foi possível constatar que na parcela com vegetação a umidade manteve-se em média 1,3 vezes maior que na parcela sem vegetação. Fato que revelou a importância da cobertura vegetal seja na capacidade de infiltração do solo ou mesmo no armazenamento de água na serrapilheira proveniente dos vegetais evitando maiores lâminas de água escoadas superficialmente.

4.3 - Produção de sedimento.

A produção de sedimentos em (g) por enxurrada nas parcelas com vegetação e sem vegetação observa-se na Figura (8). Com a aplicação de 10 mm de chuva em ambas as parcelas não houve enxurrada, logo a produção de sedimentos inexistiu. Com a aplicação de 20 mm de chuva simulada, a parcela com vegetação apresentou produção de sedimentos de 3,1 g, representando apenas 4,2% do sedimento carregado na parcela sem vegetação onde houve a produção de 73,0 g. Na aplicação de 30 mm a parcela com vegetação perdeu 20,4 g representando 19,2% do sedimento carregado pela parcela sem vegetação que perdeu 106,4 g.

As maiores discrepâncias foram observadas nas aplicações de 40 mm de chuva cuja produção de sedimento da parcela com vegetação foi de apenas 29,8 g representando 8,7% da quantidade do sedimento perdida pela parcela sem vegetação onde esse valor foi de 344,2 g de sedimento e as perdas ocorridas na aplicação de 50 mm de chuva foram de 46,6 g na parcela com vegetação representando apenas 9,1% das perdas ocorridas na parcela sem vegetação que apresentou uma perda de 506,9 g de sedimento carregado.

Figura 8. Produção de sedimento em função da intensidade de aplicação nas parcelas com e sem vegetação. Sítio Velho, Areia, PB.

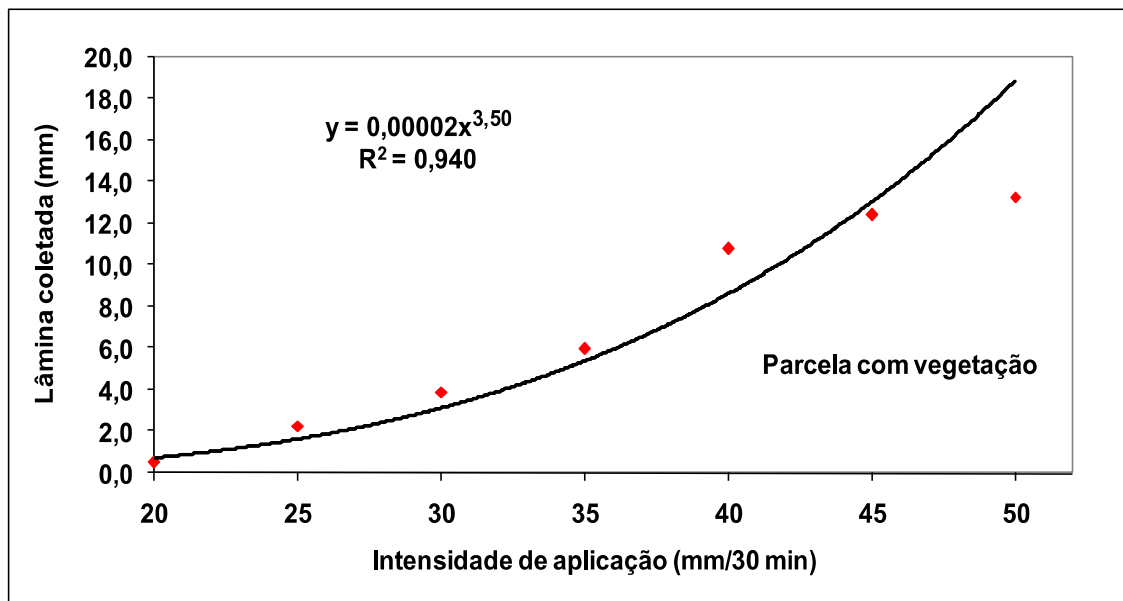


Constatou-se a importância da vegetação na proteção do solo contra as perdas por erosão causada pela enxurrada, uma vez que o sedimento produzido na parcela sem vegetação representou em média 10,3 vezes mais que o sedimento produzido na parcela com vegetação, logo a vegetação desenvolve a função de barreira contra o impacto das gotas de água proveniente da chuva evitando o processo inicial da erosão que é o salpicamento e o desprendimento das partículas do solo. Foi possível constatar que por diferentes lâminas aplicadas, as perdas de solo foram sempre maiores na parcela sem vegetação.

Verifica-se nas Figuras (9), (10), (13), (14), (17) e (18) o modelo de regressão potencial entre os dados da lâmina coletada (mm), arraste de sedimento (kg. ha^{-1}) e início de escoamento (min), as análises de correlação permitiram estabelecer as equações de regressão e os respectivos valores dos coeficientes de determinação (R^2), para as parcelas com vegetação e sem vegetação. A linha de tendência dos dados originais e os elevados valores do coeficiente de determinação, variando de 0,90 a 0,974 revelam as excelentes concordâncias existentes entre os dados gerados.

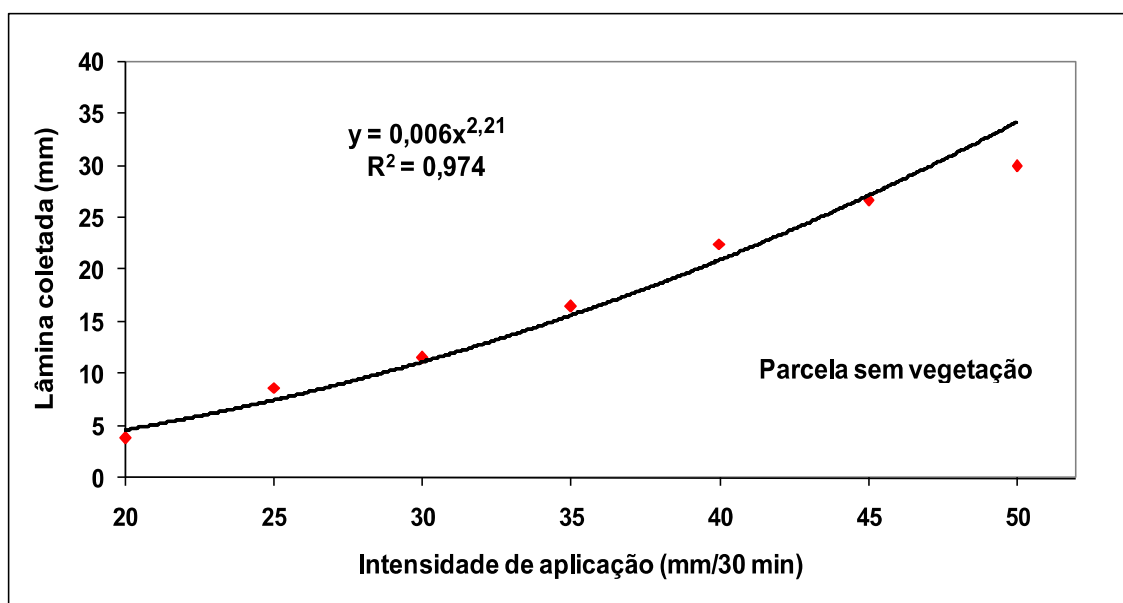
O modelo de regressão potencial da lâmina coletada por intensidade de aplicação na parcela com vegetação revelou que o valor do coeficiente de determinação de 0,940 indicou uma ótima concordância e precisão como mostra a Figura (9).

Figura 9. Modelo de regressão entre a lâmina de água coletada e a intensidade de aplicação na parcela com vegetação. Sítio Velho, Areia, PB.



O modelo de regressão potencial da lâmina coletada por intensidade de aplicação na parcela sem vegetação e revelou que o valor do coeficiente de determinação de 0,974 indicou uma excelente concordância e precisão, como mostra a Figura (10).

Figura 10. Modelo de regressão entre a lâmina de água coletada e a intensidade de aplicação na parcela sem vegetação. Sítio Velho, Areia, PB.



4.3.1 – Arraste de sedimento

Nas Figuras (11) e (12) verifica-se o arraste de sedimento ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) por intensidade de aplicação nas parcelas com vegetação e sem vegetação. Numa análise simples e visual percebe-se que à medida que a intensidade aumenta o arraste de sedimentos também se torna maior em ambas as parcelas.

O arraste de sedimentos em ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) nas parcelas com vegetação e sem vegetação observa-se nas Figuras (11) e (12). Com a aplicação de 20 mm de chuva simulada a parcela sem vegetação apresentou arraste de sedimentos 23,5 vezes maior que a parcela com vegetação. Na aplicação de 30 mm a parcela sem vegetação perdeu 5,2 vezes mais sedimento que a parcela com vegetação. Nas aplicações de 40 mm e 50 mm de chuva simulada o arraste de sedimento na parcela sem vegetação foi, respectivamente, de 11,6 e 10,9 vezes maior que na parcela com vegetação.

Figura 11. Arraste de sedimento em função da intensidade de aplicação de água na parcela com vegetação. Sítio Velho, Areia, PB.

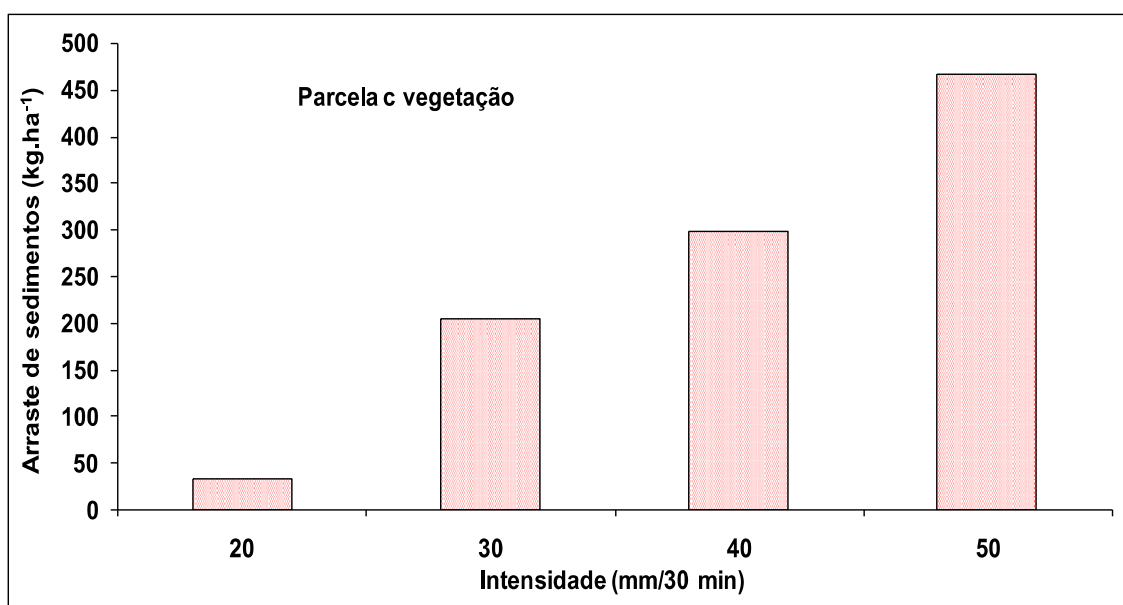
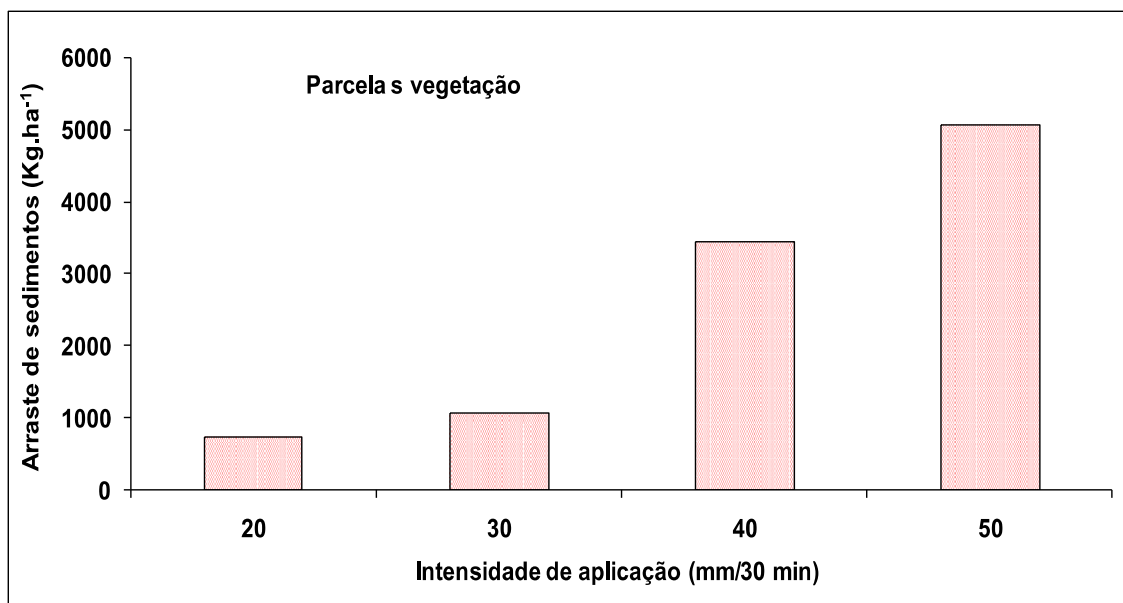


Figura 12. Arraste de sedimento em função da intensidade de aplicação de água na parcela sem vegetação. Sítio Velho, Areia, PB.



A Figura (13) mostra o modelo de regressão potencial do arraste de sedimento por intensidade de aplicação para a parcela com vegetação e revela que o valor do coeficiente de determinação de 0,91 indicou uma excelente concordância e precisão. A Figura (14) mostra que no modelo de regressão potencial do arraste de sedimento por intensidade de aplicação para a parcela sem vegetação, o valor do coeficiente de determinação de 0,90 demonstrou uma ótima concordância e precisão.

Figura 13. Modelo de regressão entre o arraste de sedimento e a intensidade de aplicação de água na parcela com vegetação. Sítio Velho, Areia, PB.

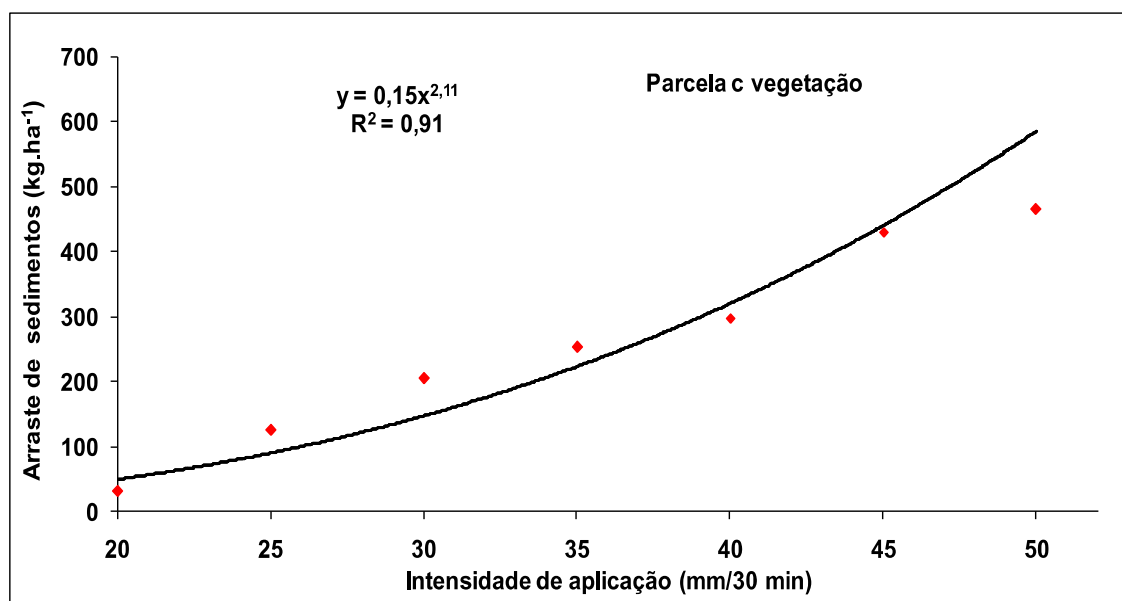
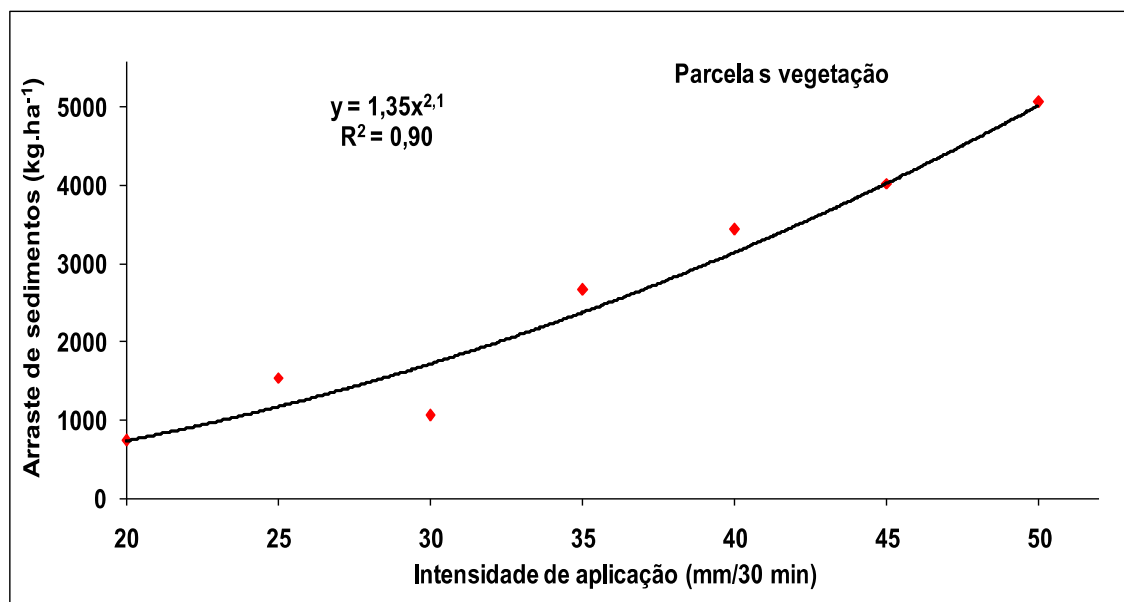


Figura 14. Modelo de regressão entre o arraste de sedimento e a intensidade de aplicação de água na parcela sem vegetação. Sítio Velho, Areia, PB.



Os prejuízos sociais e ambientais gerados pela erosão do solo são bastante elevados, pois reduzem a capacidade produtiva das terras, revertendo no aumento dos custos de produção e conseqüentemente na diminuição do lucro dos produtores, interferindo na permanência da atividade agrícola.

Dentre os principais fatores relacionados com o aumento da degradação ambiental estão as freqüentes alterações não planejadas no uso da terra, acima da capacidade de suporte do solo. Nas zonas rurais, o manejo inadequado do solo, sem a observância dos limites e riscos de degradação ambiental, tem provocado o desenvolvimento de processos erosivos acelerados. Esses resultados concordam com os comentários feitos por PRUSKI et al., (2006), quando disseram que o manejo inadequado do solo é um dos principais fatores causadores da degradação e deterioração da qualidade ambiental.

Destaca-se, entretanto, que o impacto das gotas de chuvas, coloca em suspensão as partículas finas, as quais são transportadas quando o solo está saturado ou quando a lâmina precipitada é superior à capacidade de infiltração de água no solo, gerando escoamento superficial. Desta forma, o material transportado deposita-se em locais mais baixos, depressões naturais ou reservatórios de água, concluindo assim o processo erosivo.

As perdas de solo decorrentes da erosão hídrica dependem principalmente da declividade do terreno, do regime pluvial e das características do solo, o que concorda com (CAMPOS FILHO et al., 1992).

4.3.2 – Início de escoamento.

O início do escoamento por intensidade de aplicação nas parcelas experimentais com vegetação e sem vegetação observa-se nas Figuras (15) e (16). Verifica-se que na aplicação de 20 mm a parcela sem vegetação apresentou um tempo de escoamento 9,5 vezes mais rápido que a parcela experimental com vegetação. Na aplicação estimada de 25 mm de chuva notou-se que a parcela sem vegetação apresentou tempo de escoamento 10,8 vezes mais rápido que a parcela com vegetação.

Figura 15. Relação entre o início do escoamento e a intensidade de aplicação de água na parcela com vegetação. Sítio Velho, Areia, PB.

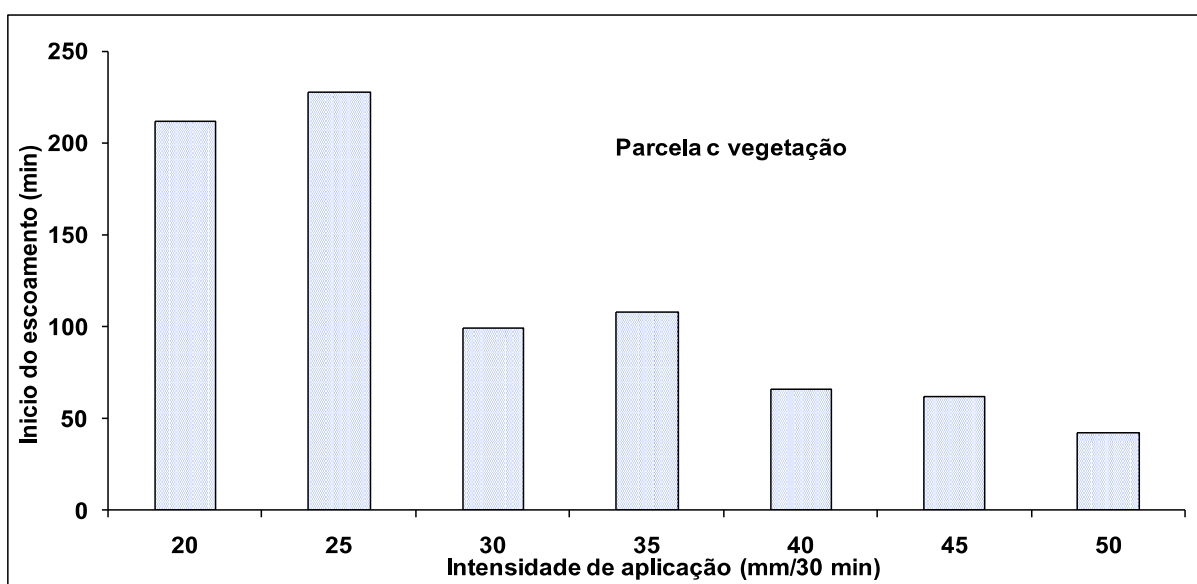
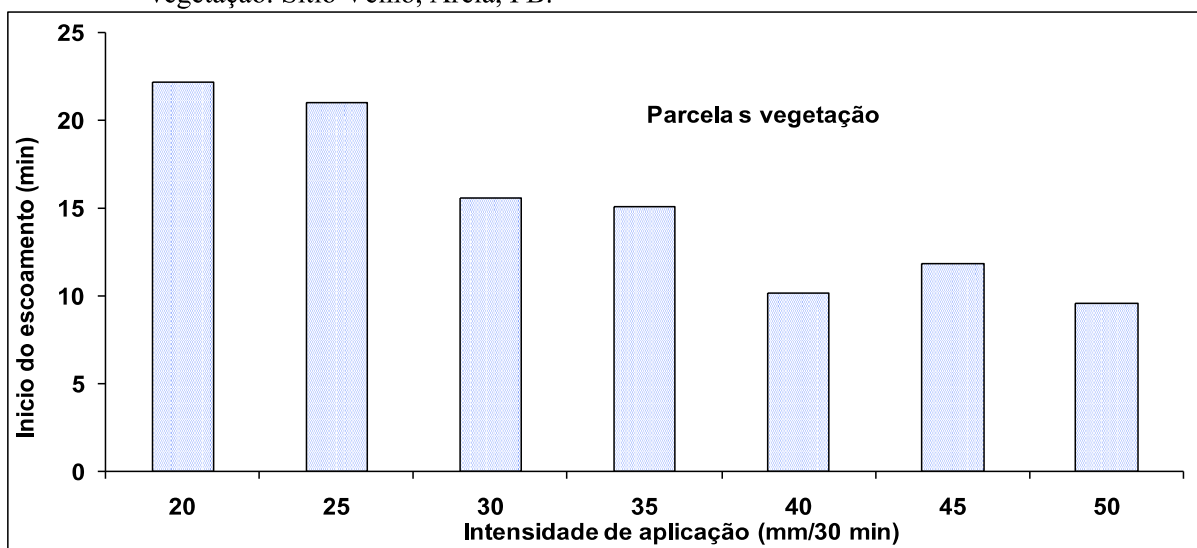


Figura 16. Relação entre o início do escoamento e a intensidade de aplicação de água na parcela sem vegetação. Sítio Velho, Areia, PB.



Quando aplicado o volume de 30 mm de chuva simulada a parcela sem vegetação apresentou tempo de escoamento 6,3 vezes mais rápido que na parcela com vegetação, na aplicação estimada de 35 mm o tempo de escoamento foi 7,1 vezes mais rápido que na parcela com vegetação, na aplicação de 40 mm foi possível observar tempo de escoamento 6,4 mais rápido que na parcela com vegetação, o mesmo se observou para as aplicações posteriores, na aplicação estimada de chuva simulada de 45 mm para a parcela sem vegetação o tempo de escoamento foi 5,2 vezes mais rápido que na parcela com vegetação e 4,3 vezes mais rápido na aplicação de 50 mm do volume aplicado na parcela sem vegetação. Em relação à parcela com vegetação.

A vegetação mostra ser importante na redução do tempo de escoamento superficial, uma vez que o tempo de escoamento da parcela sem vegetação foi em média 7,1 vezes mais rápido que na parcela com vegetação, logo a vegetação funciona como barreira para o escoamento, aumentando o tempo de escoamento e amenizando o potencial de arraste de sedimento por enxurrada.

O modelo de regressão potencial do início de escoamento por intensidade de aplicação para a parcela com vegetação revelou que o valor do coeficiente de determinação de 0,91 indicou uma ótima concordância e precisão como mostra a Figura (17). O modelo de regressão potencial do início de escoamento por intensidade de aplicação para a parcela sem vegetação revelou que o valor do coeficiente de determinação de 0,91 indicou uma ótima concordância e precisão como mostra a Figura (18).

Figura 17. Modelo de regressão potencial entre o início de escoamento e a intensidade de aplicação para a parcela com vegetação. Sítio Velho, Areia, PB.

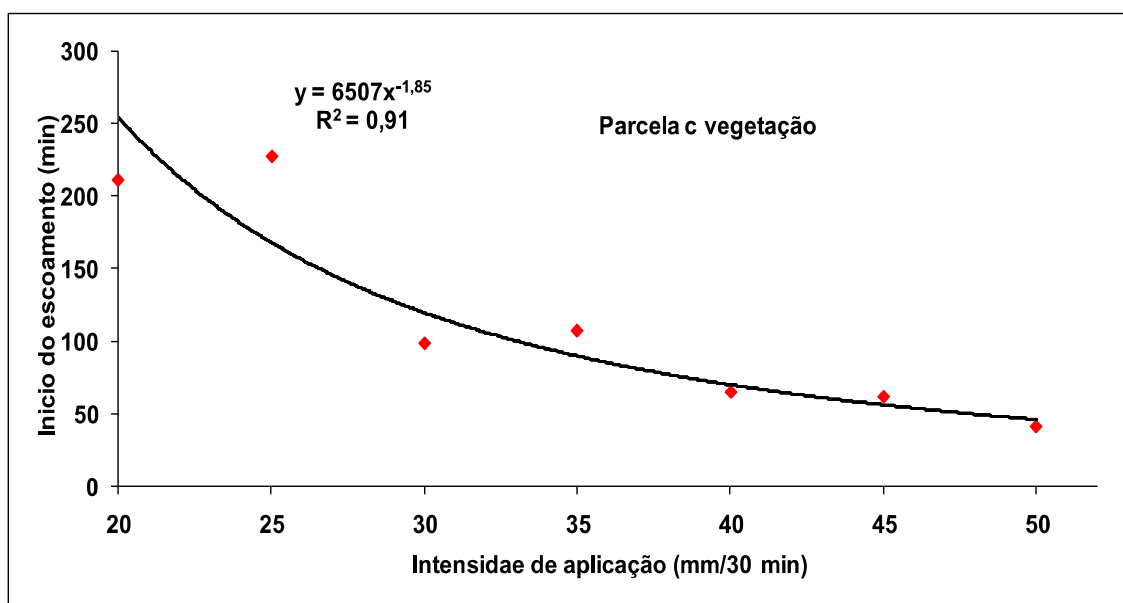
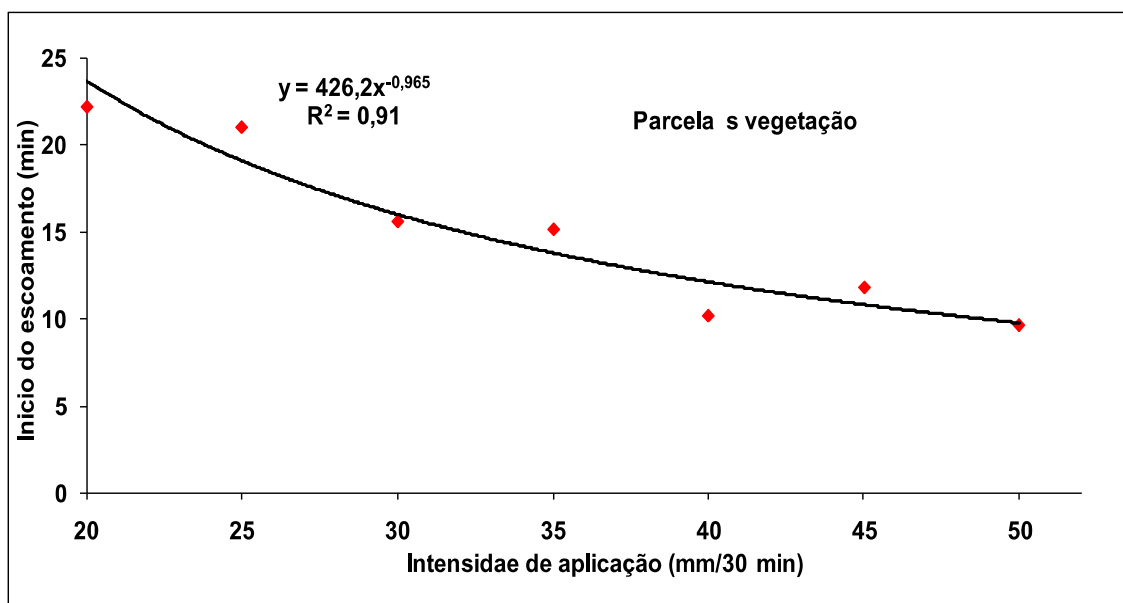


Figura 18. Modelo de regressão potencial entre o início de escoamento e a intensidade de aplicação para a parcela sem vegetação. Sítio Velho, Areia, PB.



Sendo assim os coeficientes de determinação estabelecidos nos citados modelos de regressão potencial são indicativos da dispersão dos dados em relação à média das repetições. Portanto, as equações propostas, para qualquer uma das parcelas, têm elevada precisão, revelando uma ótima concordância entre os dados analisados.

4.4 - Caracterização Morfométrica

De acordo com os indicadores físicos do Alto curso do Rio Maranguape, utilizou-se o método da análise morfométrica, cujos parâmetros são mostrados na Tabela 2.

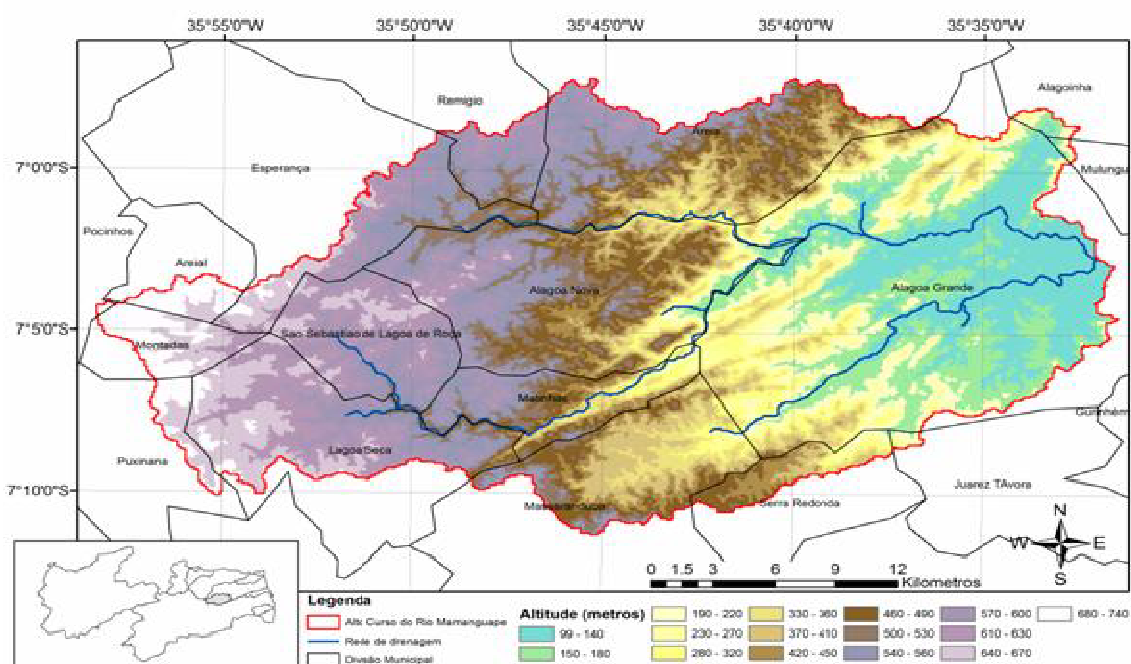
No perímetro estudado as perdas de solo ocorreram a 481 m de altitude situada em altitudes médias em relação à totalidade do alto curso, a amplitude altimétrica entre a localidade das parcelas experimentais e as porções mais rebaixadas do planalto em Alagoa Grande foi de 382 m. A declividade foi de 27%, um pouco mais elevada que a declividade média de aproximadamente 13%, a amplitude constatada foi de aproximadamente 24%. Revelando que o sedimento resultante das chuvas que ocorrem na área, são transportados para as localidades menos elevadas cuja declividade mostra-se bem acentuada facilitando o transporte direcionado para a calha do rio e conseqüentemente sendo depositado nas localidades onde a velocidade da água é menor e o relevo é menos abrupto ou escarpado.

Tabela 2. Parâmetros morfométricos do alto curso da bacia do rio Mamanguape, município de Areia, PB.

Parâmetros	Valores
Área	825,7 km ²
Perímetro	209,3 km
Coefficiente de Compacidade	2,039
Índice de circularidade	0,236
Declividade Mínima	0 %
Declividade Máxima	75,25 %
Declividade Média	12,73 %
Altitude Mínima	99,0 m
Altitude Máxima	744,0 m
Altitude Média	411,6 m
Amplitude	645 m
Comprimento do curso d'água principal	55,6 km
Comprimento total dos cursos d'água	113,3 km
Densidade da drenagem	0,137 km/km ²
Densidade Hidrográfica	0,017 canais/km ²

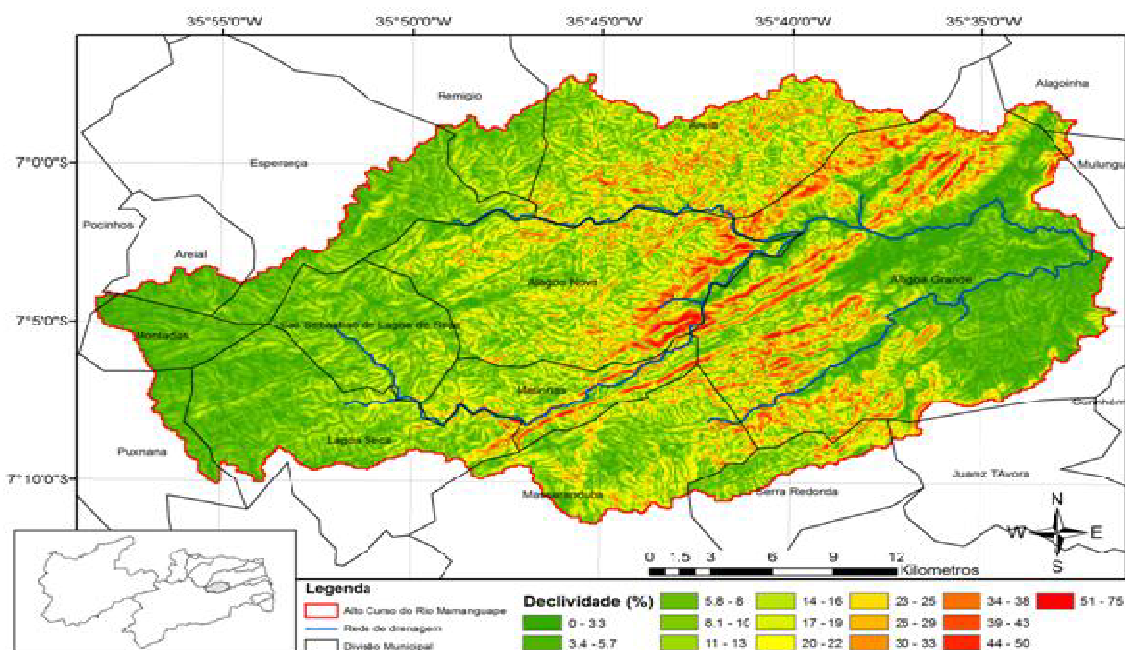
A bacia apresentou uma amplitude altimétrica de 645 metros que é a diferença entre as altitudes máximas de 744m encontradas nas cabeceiras do rio e as mínimas de 99 m encontradas nos limites entra o alto curso do rio e o médio curso (Figura 19).

Figura 19. Mapa altimétrico do alto curso do Rio Mamanguape, PB.



Analisando a declividade da bacia hidrográfica em questão na Figura (20) observou-se que as áreas mais declivosas predominantes coincidem com as altitudes entre 190m e 490m de altitude destacando assim a escarpa oriental do Planalto da Borborema, trecho compreendido entre os municípios de Areia e Alagoa Grande onde a declividade máxima variou entre 51 e 75%, de acordo com a classificação proposta pela Embrapa (TONELLO et al, 2006), o relevo classifica-se como relevo montanhoso e forte montanhoso, já de acordo com a classificação proposta por (ROCHA, 1997), o relevo pode ser considerado como montanhoso e também escarpado.

Figura 20. Mapa de declividade do alto curso do Rio Mamanguape, PB



As menores declividades foram encontradas nas menores e maiores altitudes, nas maiores altitudes do alto curso do rio Mamanguape, a variação foi compreendida entre 3,4 e 5,7% e portanto sendo classificadas como relevo plano e suave ondulado, já nas porções menos elevadas a declividade variou entre 0 e 3,3% classificadas como relevo plano (TONELLO et al, 2006; ROCHA, 1997).

Com base nas análises realizadas e de acordo com a classificação de hierarquia fluvial proposta por STRAHLER, (1952), o alto curso do rio Mamanguape tem poucas ramificações, área total de 825,7 km², perímetro de 209,3 km, comprimento do curso principal de 55,6 km, dentre outros parâmetros morfométricos como a altitude declividade.

A densidade de drenagem encontrada foi de 0,137 km/km² demonstrando assim que a bacia apresentou uma drenagem muito pobre, pois a relação entre comprimento total dos cursos de água e área total da bacia foi baixa. Inúmeros trabalhos explicam que, o índice de densidade de drenagem pode apresentar variações que vão de 0,5 Km/Km² em bacias pobres em drenagem a 3,5 km/km² ou mais em bacias bem drenadas (CÂNDIDO & SANTOS, 2011). A densidade de drenagem nestas condições acima segundo (VILLELA E MATTOS,1975), indicam, portanto, que a bacia em estudo apresentou baixa capacidade de drenagem.

O coeficiente de compacidade obtido foi de 2,039, revelando que o alto curso da bacia do rio Mamanguape é alongada. Este índice varia com a forma da bacia e quanto mais irregular for à bacia maior será o coeficiente de compacidade. O valor mínimo desse coeficiente corresponde à unidade que mostra que a bacia é circular e valores acima de 1 refere-se a bacias mais alongadas fato comprovado pelo baixo índice de circularidade, indicando que a bacia não possui formato semelhante ao de uma circunferência (VILLELA E MATTOS, 1975; TONELLO et al, 2006).

O índice de circularidade foi de 0,236, valor que comprova o aspecto alongado da bacia em estudo, segundo estudos de CHEREM, (2008) na bacia do Alto Rio das Velhas – MG onde se obteve um índice de circularidade igual a 0,48 indicando reduzido tempo de concentração com maior possibilidade de cheias. Seus valores de Dd igual a 3,52km/km² e Dh igual a 2,48 rios/km² indicam que a bacia apresenta baixa capacidade de gerar novos canais e média capacidade de infiltração. No alto curso do rio Mamanguape a densidade hidrográfica Dh foi de 0,017 canais/km², muito baixa.

5.0 – CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos, concluiu-se que:

- a) Não houve escoamento superficial, portanto, não houve produção de sedimentos, com a aplicação de uma lâmina de água com intensidade 10 mm/30 min nas parcelas com vegetação nativa e sem vegetação;
- b) As perdas de água e solo foram sempre maiores na parcela sem vegetação;
- c) O teor de umidade do solo, na parcela com vegetação, foi, em média, 1,3 vezes maior que na parcela sem vegetação;

- d) A parcela sem vegetação produziu, em média, 10,3 vezes mais sedimento que a com vegetação nativa;
- e) O percentual de escoamento superficial na parcela com vegetação nativa é três vezes menor que na sem vegetação;
- f) O tempo de escoamento superficial na parcela sem vegetação foi, em média, 7,1 vezes mais rápido que o da parcela com vegetação.
- g) O alto curso do rio Mamanguape tem poucas ramificações;
- h) A bacia apresentou uma amplitude altimétrica de 645 metros;
- i) O relevo no trecho compreendido entre os municípios de Areia e Alagoa Grande classifica-se como relevo montanhoso e escarpado;
- j) Na área próxima a nascente o relevo é plano e suave ondulado;
- k) O alto da bacia apresentou uma drenagem pobre, baixa capacidade de gerar novos canais e média capacidade de infiltração;
- l) A equação de regressão potencial para os dados da lâmina coletada (mm), arraste de sedimento (kg. ha^{-1}) e início de escoamento (min), revelou elevadas concordâncias e precisão.

6.0 – REFERÊNCIAS

AESA: Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/geoprocessamento/geoportal/mapas_perh/Bacias%20Hidrograficas%20do%20Estado%20da%20Paraiba.zip> Acesso em: 06/05/2012.

ALCÂNTARA, E. H., AMORIM, A. J. **Análise morfométrica de uma bacia hidrográfica costeira: um estudo de caso.** Caminhos de Geografia, v.7, n.14, p 70-77, 2005.

ALMEIDA, H. A. de. **Climatologia aplicada à geografia.** UEPB: publicação didática, Campina Grande, 138p. 2012.

ALVES, J & CASTRO, P. T. **Influência de feições geológicas na morfologia da bacia do rio Tanque (MG) baseada no estudo de parâmetros morfométricos e análise de padrões de lineamentos.** Rev. Bras. Geocienc., São Paulo, v. 33, n. 2, p. 117-127, 2003.

AMORIM, R. S. S.; SILVA, D. D. Da.; PRUSKI, F. F. MATOS, A. T. **Avaliação do desempenho dos modelos de predição da erosão hídrica usle, rusle e wepp para diferentes condições edafoclimáticas do Brasil.** Revista Eng. Agríc., Jaboticabal, v.30, n.6, p.1046-1049, nov./dez. 2010.

ARRUDA, W. C.; LIMA, H. N.; FORSBERG, B. R.; TEIXEIRA, W. G. **Estimativa de erosão em clareiras através da mudança do relevo do solo por meio de pinos.** Disponível em: http://projetos.inpa.gov.br/ctpetro/workshop_site/Resumos_PI3/ Acesso em: 15/10/2013.

BERTOL, I.; GOBBI, E.; BARBOSA, F. T.; PAZ-FERREIRO, J.; WERNER, R. S. **Erosão hídrica em campo nativo sob diversos manejos: perdas de água e solo e de fósforo, potássio e amônio na água de enxurrada.** R. Bras. Ci. Solo, 35:1421-1430, 2011.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo.** São Paulo: Ícone, 1995. 355 p.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo.** São Paulo: Ícone, 5 Ed. 2005.

BIAZIN, P. C. **Característica sedimentar e hidrológica do rio Ivaí em sua foz com o rio Paraná, Icaraíma - PR.** / Pollyana Crocetta Biazin - Maringá, PR - 73 p. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Estadual de Maringá. 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Levantamento exploratório reconhecimento de solos do estado da Paraíba.** Rio de Janeiro: MA/SUDENE, (Boletim Técnico, 15). 669p. 1972.

CAMPOS FILHO, O. R.; SILVA, I. F.; ANDRADE, A. P.; LEPRUN, J. C. Erosividade da chuva e erodibilidade do solo no agreste de Pernambuco. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 27, n. 9, p. 1363-1370, 1992.

CÂNDIDO, A. K. A. A.; SANTOS, J. W. M. C. **Avaliação de métodos de delimitação automática de sub-bacias da bacia hidrográfica do Rio Manso-MT a partir de MDE.** Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.1121.

CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, S. V. **Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo-RJ.** Árvore, Viçosa, v.30, n.2, p.241-248, 2006.

CARVALHO, D. F. de.; MONTBELLER, C. A.; CRUZ, E. S.; LANA, A. M. Q.; SILVA, W. A. **Efeito da cobertura morta e do preparo do terreno nas perdas de solo e água em um argissolo vermelho-amarelo.** R. Engenharia na Agricultura, Viçosa, v.11, n.1-4, Jan./Dez., 2003.

CARVALHO, N. Hidrossedimentologia Prática. Rio de Janeiro. CPRM, 1994. 372 p.

CASTRO, S. B. & CARVALHO, T. M. **Análise morfométrica e geomorfologia da bacia hidrográfica do rio Turvo - GO, através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento.** Scientia Plena V. 5, n. 2, 2009.

CHEREM, L. F. S. **Análise morfométrica da bacia do alto do rio das velhas – MG /** Luís Felipe Soares Cherem. – 2008. xii, 110 p. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, 2008.

COGO, N. P.; LEVIEN, R.; SCHWARZ, R. A. **Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.27, n.4, pp. 743-753, 2003.

CORREA, E. A., SANJOS PINTO, S. A. F. **Avaliação do potencial natural de erosão da bacia hidrográfica do córrego monjolo grande (Ipeúna-SP)** REVISTA GEONORTE, Edição Especial, V.2, N.4, p.1356 - 1367 , 2012.

COSTA, É. L.; SILVA, A. M.; COLOMBO, A.; ABREU, A. R. **Infiltração de água em solo, determinada por simulador de chuvas e pelo método dos anéis.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.3, n.2, p.131-134, Campina Grande, PB, DEAg/UFPB, 1999.

COUTINHO, L. M.; CECÍLIO, R. Avelino.; XAVIER, A. C.; ZANETTI, S. S.; GARCIA, G. O. **Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio da Prata, Castelo, ES.** Irriga, Botucatu, v. 16, n. 4, p. 369-381 , outubro-dezembro, 2011. Disponível em: <<http://www.labogef.iesa.ufg.br/links/sinageo/articles/504.pdf>> Acesso em: 21/06/2011.

DOMINGOS, J. L. **Estimativa de perda de solo por erosão hídrica em uma bacia hidrográfica** / Jocival Luiz Domingos - Vitória, ES - 2006. 66 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) - Universidade Federal do Espírito Santo, 2006. Disponível em: <<http://www.mundogeomatica.com.br/TesesMonografias/>>. Acesso em: 19/09/2012.

DUTRA, K. R.; TEIXEIRA, E. C.; MENDONÇA, A. S. F. **Determinação da estimativa de perda de solo por erosão superficial em bacia hidrográfica utilizando sistema de informações geográficas - sig.** In: Anais em 19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, ABES, Foz do Iguaçu, Brazil, 1997.

ELTZ, F. L. F.; MEHL, H. U.; REICHERT, J. M. **Perdas de solo e água em entressulcos em um argissolo vermelho-amarelo submetido a quatro padrões de chuva.** R. Bras. Ci. Solo, 25:485-493, 2001.

FALCÃO SOBRINHO, J. FALCÃO, C. L. C. **O processo erosivo e a mata ciliar do rio Acaraú na Serra das Matas (CE).** Mercator - revista de geografia da ufc, ano 04, número 07, 2005.

FERRARI, J. A.; HIRUMA, S. T.; KARMANN, I. Caracterização morfométrica de uma superfície cárstica do Vale da Ribeira, São Paulo (NÚCLEO CABOCLOS - PETAR). Revista IG São Paulo, 19, p. 9-17, 1998.

FERREIRA, A. O.; GONZATTO, R.; MIOLA, A.; ELTZ, F. L. F.; AMADO, T. J. C. **Influência da declividade e de níveis de cobertura do solo no processo de erosão com chuva simulada.** Revista Verde (Mossoró – RN – Brasil) v.5, n.5, (Número Especial) p. 182 - 190 Dezembro de 2010.

FIGUEIREDO NETO, A. B., VALLE JUNIOR, R. F. **Análise comparativa de equipamentos para simulação de chuva.** In: Anais do 3º SIN - Seminário de Iniciação Científica e inovação Tecnológica. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, Uberaba - MG, 2010.

GONÇALVES, D. B.; VALE, P. N. C.; RODRIGUES, S. C. **Estudo comparativo entre dados de precipitação e escoamento superficial em parcelas experimentais na fazenda**

experimental do glória – Uberlândia – MG. VI Simpósio nacional de geomorfologia / Geomorfologia tropical e subtropical: processos, métodos e técnicas, Goiânia - GO, Set, 2006.

GUERRA, A. J. T. **Experimentos e monitoramentos em erosão dos solos.** Revista do Departamento de Geografia, n. 16, p. 32-37. 2005.

HORTON, R. E. **Erosional development of streams and their drainage basin: Hydrophysical approach to quantitative morphology.** Geol. Soc America Bulletin, v.3, n.56, 1945.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico de Geomorfologia /** IBGE, Coordenação de Recursos naturais e Estudos Ambientais. – 2. ed. - Rio de Janeiro : IBGE, 2009. Disponível em: <http://pt.scribd.com/doc/28090801/IBGE-2009-Manual-Tecnico-Geomorfologia> . Acesso em: 22/11/2012.

LOMBARDI NETO, F.; PASTANA, F. I. **Relação chuva-perdas por erosão.** Bragantia, Campinas, v. 31. n 19. p. 227 – 234, 1972.

MEIRA FILHO, A.; NASCIMENTO, J. W. B.; LIMA, V. L. A.; SANTOS, J. S. **Desenvolvimento de um modelo de captação de água de chuva para o semi-árido do Brasil.** Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal, v. 6, n. 1, p. 121-136, jan/abr 2009.

MENDONÇA, I. F. C. **Adequação do uso agrícola e estimativa da degradação ambiental das terras da microbacia hidrográfica do riacho Una, Sapé-PB /** Izaque Francisco Candeia de Mendonça.-Campinas, SP - 158 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) Universidade Estadual de Campinas. 2005.

MEYER, L. D. How rainfall intensity affects interrill erosion. Transactions of the ASAE, 24(6): 1472-1475, 1981.

MIRANDA, E. E. de; (Coord.). **Brasil em Relevo.** Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 06/05/2012.

MIRANDA, T. C.; BASTOS, C. A. B.; TASSI, R. **Avaliação do potencial erosivo e da geração de sedimentos em microbacias contribuintes a estruturas de drenagem rodoviária.** VII Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos - UNES. Porto Alegre - RS, 2006.

MOURA, M. S. B. de; GALVINCIO, J. D.; BRITO, L. T. de L.; SOUZA, L. S. B. DE; SÁ, I. I. S.; SILVA, T. G. FREIRE da. **Clima e água de chuva no semi-árido.** In: BRITO, L. T. de L.; MOURA, M. S. B. de; GAMA, G. F. B. (Ed.). Potencialidades da água de chuva no semi-árido brasileiro. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, cap. 2, p. 37-59. 2007.

NASCIMENTO, W. M.; VILLAÇA, M. G. **Bacias hidrográficas: planejamento e gerenciamento.** Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros – Seção Três Lagoas Três Lagoas – MS – Nº 7 – ano 5, Maio de 2008.

NEVES, S. M. A. S.; MOTINHO, M. C.; NEVES, R. J.; SOARES, E. R. C. **Estimativa da perda de solo por erosão hídrica na Bacia Hidrográfica do rio Jauru/MT.** Soc. & Nat., Uberlândia, ano 23 n. 3, 423 - 434, set/dez, 2011.

OLIVEIRA, É. D.; CUNHA, M. C.; VESTENA, L. R.; THOMAZ, E. L. **Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Cascavel, Guarapuava/PR.** Revista Unicentro; ANALECTA Guarapuava, Paraná v.10 n. 2 p. 45-65, 2009.

OLIVEIRA, F. P.; SANTOS, D.; SILVA, I. F.; SILVA, M. L. N. **Tolerância de Perda de Solo por Erosão para o Estado da Paraíba.** Revista de biologia e ciências da terra, ISSN 1519-5228. V. 8, n.2, 2008.

PAIVA, J. B. D.; PAIVA, E. M. C. D. & VILLELA, S. Avaliação hidrossedimentométrica do trecho não revestido do canal adutor do projeto de transposição das águas do rio São Francisco. Revista Brasileira de Engenharia, Caderno de Recursos Hídricos. Vol. 13, Nº 2, Dezembro/1995. pp. 81-114.

PANACHUKI, E.; ALVES SOBRINHO, T.; VITORINO, A. C. T.; CARVALHO, D. F.; URCHEI, M. A. **Parâmetros físicos do solo e erosão hídrica sob chuva simulada, em área**

de integração agricultura-pecuária. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental v.10, n.2, p. 261–268, 2006.

PEDRO, F. G.; LORANDI, R. **Potencial natural de erosão na área periurbana de São Carlos-SP.** Revista Brasileira de Cartografia N° 56/01, 2004.

PEREIRA, L. C. **Aptidão agrícola das terras e sensibilidade ambiental: proposta metodológica.** / Lauro Charlet Pereira. - Campinas, SP - 122 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) Universidade Estadual de Campinas. 2002.

PINTO JUNIOR, O. B.; ROSSETE, A. N. **Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Ribeirão Cachoeira, MT-Brasil.** Revista Geoambiente on-line. n.4, Jan - 2005.

POLETO, C.; MERTEN, G. H. (Org.). **Qualidade dos sedimentos.** Porto Alegre: ABRH, 397p. 2006.

PORTELA, J. C.; COGO, N. P.; AMARAL, A. J.; GILLES, L.; BAGATINI, T.; CHAGAS, J. P.; PORTZ, G. **Hidrogramas e sedimentogramas associados à erosão hídrica em solo cultivado com diferentes sequências culturais, com diferentes condições físicas na superfície.** R. Bras. Ci. Solo, v. 35, n. 01: p. 225-240, 2011.

PRUSKI, F. F.; AMORIM, R. S. S.; SILVA, D. D.; GRIEBELER, N. P.; SILVA, J. M. A. **Conservação de solo e água: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006. 240 p.

ROCHA, J. S. M. **Manual de Projetos Ambientais.** Santa Maria: UFSM, 1997. 446p.

ROPPA, C.; SANTOS, J. F.; FRANCELINO, M. R.; VALCARCEL, R. **Análise de atributos físico-ambiental de ecossistemas perturbados com o uso de técnicas de geoprocessamento na Serra do Madureira-mendanha, Nova Iguaçu-RJ.** In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, XVII. 2008, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro. 2008, CD-R.

SALES, M. C. L. **Evolução dos estudos de desertificação no nordeste brasileiro**. GEOUSP – Espaço e Tempo, São Paulo, n. 11, pp.115–126, 2002.

SALLES, M. M. **O uso do sig na análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio São João – MG**. / [manuscrito] Moacir Mello Salles. - 2010. 29 f. Monografia (especialização em Geoprocessamento) - Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, 2010.

SANTOS, C. A. G.; SILVA, R. M.; SRINIVASAN, V. S. **Análise das perdas de água e solo em diferentes coberturas superficiais no Semiárido da Paraíba**. Revista OKARA: Geografia em debate, v.1, n.1, p. 1-152, 2007.

SANTOS, D. B.; VIDOTTO, M. L.; BERTINATTO, R.; MARCON, G. R. S.; FRIGO, E. P. **Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio São José, Cascavel, PR**. Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias, Guarapuava-PR, v.5, n.2, p. 7-18, 2012.

SANTOS, J. Y. G. **Avaliação das perdas de água e solo no semiárido paraibano mediante chuva simulada e modelagem hidrossedimentológica**. / José Yure Gomes dos Santos - João Pessoa, PB - 115 p. Dissertação (mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental) Universidade Federal da Paraíba. 2011.

SANTOS, R. F. **Vulnerabilidade Ambiental** / Rozely Ferreira dos Santos, organizadora. – Brasília: MMA, p. 192, 2007.

SANTOS, T. E. M.; MONTENEGRO, A. A. A. **Erosividade e padrões hidrológicos de precipitação no Agreste Central pernambucano**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande - PB, v.16, n.8, p.871–880, 2012.

SCAPIN, J. **Caracterização do transporte de sedimentos em um pequeno rio urbano na cidade de Santa Maria – RS**. / Juliana Scapin - Santa Maria, RS - 115 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Maria. 2005.

SCAPIN, J.; PAIVA, J. B. D.; BELING, F. A. **Avaliação de Métodos de Cálculo do Transporte de Sedimentos em um Pequeno Rio Urbano**. RBRH — Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 12 n.4 Out/Dez 2007.

SILVA, A. S.; PORTO, E. R.; LIMA, L. T.; GOMES, P. C. F. **Captação e conservação de água de chuva para consumo humano: cisternas rurais- dimensionamento, construção e manejo.** EMBRAPA-CPTASA/SUDENE, Petrolina, PE, Circular Técnica n. 12, 103p, 1984.

SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F.; SCHAEFER, C. E. G. R.; AMORIM, R. S. S.; PAIVA, K.W. N. **Efeito da cobertura nas perdas de solo em um argissolo vermelho-amarelo utilizando simulador de chuva.** R. Eng. Agríc., Jaboticabal, v.25, n.2, p. 409-419, 2005.

SILVA, G. B. L. **Avaliação Experimental Sobre a Eficiência de Superfícies Permeáveis com Vistas ao Controle do Escoamento Superficial em Áreas Urbanas.** Tese de Doutorado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Publicação PTARH.TD-01/06, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 180p, 2006.

SILVA, R. M.; PAIVA, F. M. L.; SANTOS, C. A. G. **Análise do grau de erodibilidade e perdas de solo na bacia do rio Capiá baseado em sig e sensoriamento remoto.** RBGF-Revista Brasileira de Geografia Física. Recife-PE, v..2 n.01, p. 26-40. 2009.

SILVA, R. M.; SANTOS, C. A. G.; SRINIVASAN, V. S. **Perdas de água e sedimento em diferentes sistemas de manejo no semiárido da Paraíba.** Mercator - volume 10, número 21, p. 161-170, 2011.

SILVA, V. A.; AMORIM, R. R.; SANTOS, M. C. F.; PEREZ FILHO, A.; MOREAU, M. S. **A utilização de técnicas de geoprocessamento para modelagem de cenários de uso e perda de solo na bacia hidrográfica do rio colônia no litoral sul da Bahia (Brasil).** VI Seminário Latino Americano de Geografia Física II Seminário Ibero Americano de Geografia Física Universidade de Coimbra, Maio de 2010b.

SILVA, Y. J. A. B.; SILVA, M. D. R. O.; CANTALICE, J. R. B.; ARAÚJO, A. M.; SOUZA, W. L.S.; CAVALCANTE, D. M. **Transporte de sedimento suspenso produzido na bacia hidrográfica do rio ipojuca – porto de suape.** IX Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos - UNES. Brasília - DF, 2010a.

SOUZA, M. D. **Desenvolvimento e utilização de um simulador de chuvas para estudos de atributos físicos e químicos do solo relacionados a impactos ambientais** / Manoel Dornelas de Souza.-- Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 20p.- (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 37), 2004.

SPOHR, R. B.; CARLESSO, R.; ELTZ, F. L. F.; BROETTO, T.; FLORES, C. H.; KNIES, A. E. **Escoamento superficial e infiltração de água no solo sob chuva simulada no Rio Grande do Sul**. In: Anais do XXXI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Gramado-RS, pp. 1-6, 2007.

STRAHLER, A. N. **Hypsometric (area-altitude) – analysis of erosion al topography**. Geological Society of America Bulletin, v.63, n.10, p.1117-1142, 1952.

TEODORO, V. L. I.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D. J. L.; FULLER, B. B. **Conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local**. Revista UNIARA, n.20, p. 137, 2007.

TONELLO, K. C.; DIAS, H. C. T.; SOUZA, A. L.; RIBEIRO, C. A. A. S.; LEITE, F. P. **Morfometria da bacia hidrográfica da cachoeira das pombas, Guanhães - MG**. R. Árvore, Viçosa-MG, v.30, n.5, p.849-857, 2006.

TUCCI, C. E. M. **Impactos da variabilidade climática e dos usos do solo nos recursos hídricos**. Brasília: ANA, 150 p. Relatório técnico, 2002.

VALLE JUNIOR, R. F. **Diagnóstico de áreas de risco de erosão e conflito de uso dos solos na bacia do rio Uberaba** /Renato Farias do Valle Junior. – Jaboticabal, SP - Tese (Doutorado em Agronomia) Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2008.

VIANA, E. T.; BATISTA, M. A.; TORMENA, C. A.; COSTA, A. C. S.; INOUE, T. T. **Atributos físicos e carbono orgânico em latossolo vermelho sob diferentes sistemas de uso e manejo**. R. Bras. Ci. Solo, v. 35: n. 6, p. 2105-2114, 2011.

VIEIRA, V. F. **Estimativa de perdas de solo por erosão hídrica em uma sub-bacia hidrográfica.** R. Geografia - v. 17, n. 1, 2008.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada.** São Paulo: McGraw – Hill do Brasil, 1975. 245p.

WEILL, M.A.M.; ROCHA, J.V.; LAMPARELLI, R.A. **Potencial natural de erosão e riscos de degradação na bacia hidrográfica do rio Mogi-Guaçú (SP).** In: Simpósio nacional de controle de erosão, 7., 2001, Goiânia. 2001.