**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO/USP
FACULDADE DE FILOSOFIA LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS/FFLCH
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA FÍSICA**

Cleire Lima da Costa Falcão

**A DINÂMICA EROSIVA DO ESCOAMENTO PLUVIAL EM ÁREA DE
DEPRESSÃO SERTANEJA E DE MACIÇO RESIDUAL NO SEMI-
ÁRIDO CEARENSE**

**São Paulo
2008**

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO/USP
FACULDADE DE FILOSOFIA LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS/FFLCH
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA FÍSICA**

**A DINÂMICA EROSIVA DO ESCOAMENTO PLUVIAL EM ÁREA DE
DEPRESSÃO SERTANEJA E DE MACIÇO RESIDUAL NO SEMI-
ÁRIDO CEARENSE**

Cleire Lima da Costa Falcão

**Tese apresentada ao Departamento
de Geografia da Faculdade de
Filosofia, Letras e Ciências
Humanas da Universidade de São
Paulo, para obtenção do título de
Doutor.**

**Orientador: Prof. Dr. Adilson Avansi
de Abreu**

**São Paulo
2008**

Aos meus **pais**, pela força, compreensão;

Ao **maridão** pela compreensão, sugestões e sintonia,
todo o amor;

Aos meus filhotes **Ícaro e Ítalo**, peças raras, queridas e amadas, agora já
crescidos e amadurecidos;

À minha filha **lasmin**, pelo carinho de seus beijinhos, e pela paciência,
pois desde sua chegada ao mundo me acompanha nesta jornada, antes no
mestrado, hoje com 7 aninhos,
linda e maravilhosa.

A quem estive tão ausente,
Mas ele se manteve sempre presente,
DEUS.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Adilson ,

Gratidão de forma especial, ao professor Dr. Jurandir pelas orientações, confiança, apoio e estímulo.

As meninas da coordenação, pela colaboração em diversos momentos e carinho dispensado

À coordenação do Doutorado , nas pessoa do prof.

Ao bolsista

Aos meus familiares, em especial ao meu pai e minha mãe por suas orações, todo apoio e carinho.

A minise pelas palavras de incentivo, mesmo a distância.

Ao maridão

Aos meus filhotes, pela compreensão e paciência, agora não somente os meninos, mas também a nossa princezinha Iasmin (agora a mamãe vai sair do computador).

*Luz, que aquece
Os pobres corações de pastores;
Luz que ilumina
As sábias cabeças reais.*

*Luz divina,
Cristo-Sol,
Aquece nossos corações,
Ilumina nossas cabeças,
Para que se torne bom
O que queremos fundar*

*A partir dos corações,
E a partir das cabeças
A uma meta conduzir.*

Rudolf Steiner

**Só uma visão sistêmica, unitária, sinfônica nos poderá aproximar de uma
Compreensão do que é nosso maravilhoso planeta vivo.
José A. Lutzenberger.**

RESUMO

O presente trabalho está baseado na perspectiva sistêmica. Buscamos a compreensão de que os componentes e os fenômenos naturais se integram, efetuando troca de matéria e energia. Nesta perspectiva, a área de estudo tem como espaço de análise a bacia hidrográfica do rio Acaraú(CE), onde foram considerados os aspectos históricos e culturais, percebendo-se inter-relações importantes com os aspectos físicos: cobertura vegetal, clima, hidrografia, solos, geologia e geomorfologia. Objetivamos avaliar a estimativa da produção de sedimentos em duas sub-bacias, em diferentes cenários de uso da terra, na dinâmica erosiva do escoamento superficial pluvial, nas margens do canal fluvial, em duas áreas de unidade geomorfológica denominada maciço residual em um Argissolo e depressão sertaneja em Luvissolos crônicos. A escolha por bacias de drenagem parte do pressuposto de que estas representam uma unidade espacial onde os diferentes elementos encontram-se integrados e em equilíbrio. Consideramos o fato de que as maiores taxas erosivas são encontradas nas áreas onde a agricultura se dedica às culturas temporárias de ciclo anual, pois acreditamos que para o controle da erosão precisamos evitar que a água adquira velocidade no seu percurso de escoamento superficial, pois a intensidade erosiva varia de acordo com as diferentes taxas de cobertura no solo. Para estimar o carreamento de sedimentos provenientes do escoamento superficial pluvial, a partir de diversos tipos de manejo agrícola da região, procuramos reproduzir um cenário para as duas sub-bacias. As três parcelas experimentais foram montadas, de forma que pudéssemos representar a realidade do pequeno agricultor, em função do preparo das terras para a cultura de subsistência nas margens do terraço fluvial, onde o solo fica desprotegido de vegetação, logo no início das primeiras chuvas. Durante dois anos de monitoramento, o escoamento superficial foi dirigido às calhas e aos tanques de sedimentação. As parcelas foram instaladas no topo do terraço fluvial, no sentido de declive, na margem direita de cada sub-bacia, sendo três na área 1 Maciço Argissolos (A,B,C) e três na área 2 Depressão Luvissolos (D,E,F), sob a cobertura vegetal, com área útil de 1.725,00m², sendo: 50 metros de largura por 10m de comprimento as parcelas A e D; 50m de largura por 11,5 de comprimento, as parcelas B e E; 50m de largura por 13m de comprimento, as parcelas C e F. Foi possível observar a influência da cobertura vegetal no carreamento de sedimentos. Os cenários geraram diferentes padrões espaciais de produção de sedimentos. Uma redução de 83% para a parcela com 3m e 92% para a parcela com 1,5m de mata em relação a parcela s/v. Pôde-se observar que o aumento da cobertura do solo diminui drasticamente o transporte de sedimentos carreados. Estes resultados evidenciam a necessidade de estudos para identificação das áreas onde é necessária a implementação das práticas de manejo do uso do solo para o controle dos processos erosivos e não somente práticas de proteção aos cursos d'água por meio da cobertura do solo.

Palavras Chave: análise sistêmica, carreamento de sedimentos, solos, erosão, cobertura vegetal.

ABSTRACT

The present work based on this perspective systemic looking for the understanding that the components and natural fit into making an exchange of matter and energy in this perspective, the area of study is to examine the area of the river basin hidrography and Acaraú(Ce), which had been considered the historical and cultural aspects, realize, it is important inter-relationships with the physical aspects: Vegetation cover, climate, hidrography, Soils, geology and evaluate the Stimite geomorphology. The method the product of sediments into two Sub-basin in different scenarios of land use, dynamics of erosive runoff rain on the banks of the River canal in two areas of geomorphology unit called in a solid Residual mass and Sertaneja in luvisols chronic depression. The choice for draining basins based on the assumption they are present an espatial unit where the different elements are integrate into balance. Consider and the fact that the highest rastes are found in erosive areas where agriculture was dedicated crops temporary cycle Annual therefore believe that for the control of erosion need to prevent water becomes fast on their way to runoff, because of erosive intensity varies according to different rates of coverage on the ground. To estimate the Corriement of sediment from the surface rain, for several types of agricultural management in the region, trying to play a scenary the two sub-basins as three the reality of small farmer, depending on the preparation of land for growing Subsistence banks of the river surface, where the soil is bare of vegetation as early as the beggining of the first rains. During two years of monitoring, the runoff was directed to the rails and Tanks of Sedimentation, as plots were installed on the top of the river terrace, to Slope on the right bank of each Sub-basin, three in the area massive Argilosoils 1 (A,B,C) and 3 in the Area 2 depression Luvisols (D,E,F), under the canopy, with the usable area of 1.72500M, and 50M wide and 10M long, the plots A and D, 50 wide and 11,5M in tenth, parcels B and E, 50M wide and 13M in Lenght the parcels C and F. It was possible to observe an influence of the vegetation covering into taking of sediments. The Scenarios created different Standards of production of sediments. One redution about 83% for parcel with 3M and 92 for parcel S/V. it can observe that highest of the Covering Soil stays small concretly the transport of sediments taken. These results evidence necessity of study for identification areas where is necessary with implementation of the practices of maneja useful of soil for the control process erosives and no only practices of protection to the courses of water by covering of the soil.

Keywords: Sistemic analysis, taking of sediments, soils, erosion, vegetation covering.

SUMÁRIO

RESUMO.....	iii
ABSTRACT	v
LISTA DE QUADROS	vii
LISTA DE TABELAS	ix
LISTA DE FIGURAS	xi
APRESENTAÇÃO.....	xiv
INTRODUÇÃO	11
1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	22
1.1 Bacias hidrográficas: uma visão sistêmica integradora	22
1.2 A microbacia como unidade de estudo	29
1.3 O processo de erosão em uma abordagem sistêmica	32
1.4 O experimento e a mensuração no processo erosivo	35
2. OBJETIVOS E HIPÓTESE.....	40
3 ASPECTOS CONCEITUAIS	42
3.1 O fator erosão em uma análise integrada da natureza	42
3.1.1 Declividade e o processo erosivo	45
3.1.2 Erosão e precipitação.....	48
3.1.3 Vegetação e o uso da terra	52
3.1.4 Erosão e produtividade do solo	54
3.1.5 Práticas conservacionistas e o processo erosivo	58
3.1.6 Plantio direto, convencional e conservação do solo	63
3.2 A cobertura vegetal como suporte ecológico.....	69
3.2.1 A vegetação de mata ciliar	70
3.2.2 O suporte geoecológico e a função hidrológica.....	71
3.2.3 A Lei Florestal	73
4. O SISTEMA AMBIENTAL DA ÁREA DE ESTUDO	77
4.1 Os elementos característicos da bacia do rio Acaraú	80
4.2 Formas de uso e ocupação do solo	109
5. ENCAMINHAMENTO TÉCNICO E METODOLÓGICO OPERACIONAL ...	125
5.1 Levantamento e análise bibliográfica	126
5.2 Elaboração da documentação cartográfica	126
5.3 Seleção da área de estudo.....	127
5.3.1 Contextualizando a sub-bacia do riacho Mulungu	130
5.3.2 Contextualizando a sub-bacia do riacho Mandigueira	136
5.4 Delineamento experimental.....	139
5.4.1 Cenário das áreas experimentais	145
5.4.2 Experimento Argissolos Vermelho Amarelo eutrófico	147
5.4.3 Experimento Luvissolos Crônicos	148
5.5 Atividades de monitoramento	148
5.5.1 Coleta das amostras nas parcelas	151
5.6 Atividades de gabinete	153
5.7 Atividades de laboratório	153

5.8 Análise dos resultados	154
6. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	156
6.1 Análise dos parâmetros pluviométricos	156
6.2 Análise da produção de sedimentos	170
6.2.1 Parâmetros: sedimentos transportados e precipitação	170
6.2.2 Parâmetros: sedimentos transportados e vegetação	185
6.2.3 Parâmetros físicos e químicos do solo	193
6.3 O fator econômico e social	209
CONSIDERAÇÕES FINAIS	211
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	213

Apresentação

Nossa preocupação com a dinâmica dos processos geomórficos teve início em 1996, quando passamos a integrar as atividades docentes do Departamento de Geografia da Universidade Estadual do Vale do Acaraú (UVA)-CE. Ao ministrar as disciplinas “Fundamentos de Ecologia”, “Biogeografia” e “Hidrologia”, estas, que possuem muitas afinidades e fornecem informações que se completam, conduziram-me a um entendimento dos fenômenos ocorrentes na natureza.

O convívio com os alunos, as diversas indagações nas aulas de campo marcaram-nos muito, nesta fase de aprendizado. Fazia-nos refletir o conjunto de processos desencadeados com as intervenções humanas, principalmente associadas ao uso do solo agrícola e sua forma de degradação dos elementos da natureza. As conversas informais com os agricultores revelavam a cultura nordestina fortemente influenciada pelos hábitos indígenas de brocar e queimar, os quais destroem a cobertura vegetal e a matéria orgânica, reduzem a infiltração da água no solo, sem esquecer a alta erosividade das chuvas, fatores, que, em conjunto, levam aos riscos da erosão, ao desequilíbrio e à esterilidade do solo. Daí foi surgindo o interesse, juntamente com a necessidade de entender sobre a dinâmica geomórfica erosiva, em seus aspectos culturais e naturais.

Nesta busca do conhecimento, manifestou-se o interesse por outros ramos da Geografia Física, como a Geomorfologia e a Pedologia, os quais nos possibilitaram um entendimento maior dos efeitos negativos provocados pelas atividades agrícolas. Iniciamos alguns monitoramentos, utilizando pinos com escala métrica em área de vertente acentuada na serra da Meruoca/CE; monitoramento com parcelas delimitadas, tendo como primeiro fruto significativo monografias de graduação de alunos.

Percebendo a importância de tal estudo, partimos para a implantação de um Laboratório de Solos, na possibilidade de maior

suporte para o desenvolvimento de nossas pesquisas. Esta experiência como profissional nos conduziu a realizar o curso de Mestrado (2000-2002), em área de concentração Solos e Nutrição de Plantas, na Universidade Federal do Ceará-UFC, onde avaliamos as perdas de solo acarretadas por determinados manejos e seu efeito na perda de produtividade dos solos, em área de sítio no maciço residual da serra da Meruoca, situada na bacia do rio Acaraú (CE). Verificamos a fundamental importância da necessidade da conservação do solo, isso porque, entre outras razões, seus solos são altamente sucessíveis aos processos erosivos decorrentes da produção agrícola.

As pesquisas foram continuadas e a área de abrangência foi se estendendo para outros pontos da bacia do Acaraú. Em 2002-2003, com a necessidade de aprofundar o estudo dos processos superficiais de escoamento pluvial, relacionados à erosão, trabalhamos em projetos com financiamento pela FUNCAP, monitoramos a quantificação de perdas de solo em vertentes com e sem vegetação, e outro, recentemente, com o apoio da PRODETAB/EMBRAPA 2004-2007, recuperação de mata ciliar em microbacias de áreas degradadas no sertão cearense.

As pesquisas desenvolvidas por meio dos projetos, associados ao convívio com os alunos de graduação nas aulas de campo, propiciou-nos o contato com área de maior abrangência da bacia do Acaraú, tanto nas áreas de maciços, quanto em áreas da depressão sertaneja. Empiricamente, percebíamos a relação do desmatamento com a remoção de nutrientes pela erosão; daí a necessidade de abordar a importância da cobertura vegetal no controle do escoamento superficial das águas pluviais, no carreamento dos sedimentos. O fator mais agravante neste cenário relaciona-se com a substituição da vegetação por culturas em solos com erodibilidade alta e produtividade baixa.

Por outro lado, e talvez ainda mais primordial, é compreendermos não apenas os processos que ocorrem na natureza, quando um ou mais elementos

que a compõem são alterados, mas também percebermos de que maneira o homem interfere e contribui para essas alterações. Desta maneira, optamos por uma continuidade nessa linha de pesquisa também no programa de Doutorado.

A seleção da bacia do rio Acaraú é bastante acertada para o estudo, pelo fato de possuir enorme importância para a região, pois é a bacia de captação de água de 22 municípios, sendo responsável pelo abastecimento hídrico para a população. Apresenta características geomorfológicas semelhantes à quase totalidade do semi-árido, possuidora de áreas de depressão sertaneja e de "enclaves" - os maciços residuais.

Paralelamente a isso, no entrever dessas áreas, temos algumas planícies fluviais que favorecem o desenvolvimento da agricultura, propiciando uso inadequado do solo agrícola, utilizando-se das práticas do desmatamento e das queimadas. Desta forma, consideramos imprescindível a manutenção das matas ciliares, pois é havida como parte integrante da rede de drenagem.

INTRODUÇÃO

Nos espaços rurais, os problemas principais causados pelo uso da terra, sem levar em conta os limites e riscos impostos pela natureza, causam sérios problemas de degradação ambiental e prejuízos econômicos e sociais às comunidades urbanas e rurais. Entre esses, destaca-se a erosão do solo, que provoca a perda de terrenos agricultáveis e o assoreamento de reservatórios e cursos d'água. Este fato é observado na Bacia Hidrográfica do rio Acaraú, no Estado do Ceará, localizada entre as coordenadas geográficas: Latitude sul de 02°47' a 04°58' e Longitude oeste de 39°40' a 40°51'.

Na literatura é expressa por diversos autores que o manejo inadequado do solo, tanto em ambientes rurais com urbanos, é a mais importante causa de degradação. A necessidade de produção de alimentos faz com que haja a derrubada cada vez maior de espécies vegetais, fato injustificável nos dias de hoje. A agricultura é, sem dúvida, um dos fatores de perturbação ambiental dos mais intensos, em razão da falta de planejamento em que é realizada. O manejo inadequado do solo na agricultura e pecuária, o desmatamento, conseqüentemente, a erosão, as enchentes e a diminuição das reservas de água no subsolo são problemas relacionados à conservação da água e devem ser mencionados. Essas causas, provocadas pela intervenção antrópica, podem ser acentuadas em decorrência da declividade das encostas, de maior declividade do escoamento das águas, em superfície e em subsuperfície, da existência de descontinuidades nos afloramentos rochosos e nos solos, e das chuvas concentradas. Daí a necessidade de se discutir o escoamento superficial na erosão do solo, como causa e efeito.

A necessidade de se debater a erosão remontante com suporte no escoamento concentrado, ou *rill wash*, nos conduziria abordar a importância do escoamento superficial das águas pluviais no aumento do processo erosivo, e nos direcionava a oferecer uma contribuição sobre o papel da sociedade e da ação do homem neste processo, principalmente com base na prática agrícola adotada.

Muitos estudos alertam a comunidade sobre os efeitos desastrosos da falta de preservação dos nossos recursos naturais. É notória a preocupação em propor medidas para programar a recuperação dos ambientes degradados, que, no caso de áreas de mata ciliar, basicamente, resume-se em levantamentos sobre as características ecológicas da área. Tal investigação nos proporciona o entendimento de até que ponto o homem exerce influência significativa, em termos de uso do solo, nas matas ciliares.

A retirada de uma vegetação do tipo ciliar acarreta problemas de abastecimento de água, assoreamento de rios e represas, agravados ainda pela instalação da cultura de subsistência. Não resta a menor dúvida de que o desmatamento deve ser levado em conta, mas, se for seguido de um manejo adequado do solo, a degradação ambiental pode não acontecer. Daí a importância do desmatamento na degradação ambiental, não esquecendo outras causas abordadas pela literatura. Guerra e Cunha (1996) assinalam que, se o desmatamento fosse sempre causador de degradação, as áreas agrícolas, que geralmente necessitam de desmatar grandes extensões para o seu desenvolvimento, provocariam processos de degradação, a despeito das práticas conservacionistas. Por exemplo, ao se desmatar grandes áreas para a agricultura, deve-se deixar intactos os mananciais, porque só assim é possível continuar o abastecimento d'água bem como diminuir a possibilidade de erosão.

Refletir sobre as áreas de pequenos agricultores também é de suma importância, uma vez que, quando estes se inserem nas proximidades do leito do rio, tem o agricultor, como opção, plantar sua cultura de subsistência às margens do canal fluvial, como são os casos verificados de extensas terras na bacia do rio Acaraú.

O grande problema da vegetação ciliar é harmonizar as normas que preconizam o Código Florestal com a necessidade de exploração do produtor. A legislação brasileira adota uma leitura mínima de acordo com a largura do curso de água. Este tipo de delimitação não considera as diferenças regionais como o clima, condições de superfície, relevo, solos, uso do solo; o que pode não

garantir a eficiência necessária como barreira de retenção de sedimentos. Estas áreas são constituídas de solos altamente susceptíveis à erosão, Uma outra preocupação porque os solos marginais dos cursos d'água ao longo dos rios é o que se tem em termos de substrato físico de maior fertilidade para tirar suas lavouras; daí a pressão do agricultor sobre as margens.

É preciso dar aos agricultores a liberdade de decidir sobre quando e onde plantar, evitando-se que planos regionais centralizados decidam o momento certo do plantio pelas médias gerais de chuva que em geral descartam as particularidades do clima. (MATTOS, 2005, p. 68).

Muito já se escrevem sobre as secas no ambiente semi-árido, no entanto, poucos procuram inventariar práticas ou metodologias pragmáticas que facilitem a convivência do agricultor com a terra ao longo de um período chuvoso. Neste contexto, e considerando a urgente necessidade de avaliar, no plano exploratório, os efeitos negativos provocados pelas atividades agrícolas conduzidas de forma predatória e sem utilização de práticas conservacionistas, bem como propor diretrizes preliminares, para uma melhoria no sistema de produção e estabelecer sua política de convívio com a seca em dois solos representativos do semi-árido.

Esta estratégia tem por princípio o reconhecimento da realidade com suporte a uma abordagem sistêmica, e não apenas de suas partes. Com arrimo nas práticas adotadas, pode-se compreender a lógica de convivência com os riscos nos diversos espaços.

Os sistemas agrícolas do sertão passaram a se adequar a um curto período de três meses de precipitação ao longo do ano. Os sistemas da agricultura familiar dominantes no sertão atualmente são herdeiros do sistema tradicional de broca e queima. Sua estabilidade e lógica se mantiveram durante anos, com produtividades satisfatórias.

O estudo aqui apresentado, portanto, constitui a primeira tentativa de compatibilizar a necessidade do agricultor com os estudos sobre o

desenvolvimento dos processos erosivos no contexto de uma bacia hidrográfica. Consideramos que esta compatibilização é de grande importância para a atividade agrícola, já que o pequeno agricultor necessita de terras para o cultivo, e que estes sejam produtivos.

Assim, o conhecimento dos atributos físicos e de suas características, pelos agricultores, constitui informação preciosa na decisão do uso da terra e seu manejo. Diante das informações sobre as limitações de solo, clima e relevo, o agricultor terá melhores condições de analisar as possibilidades de desenvolvimento das diversas culturas passíveis de implantação em sua propriedade.

É importante salientar a diversidade natural ao longo da Bacia Hidrográfica do rio Acaraú. No caso, duas áreas, uma no maciço residual situada na microbacia do riacho Mulungu e outra na depressão sertaneja situada na microbacia Mandigueira, tendo assim uma representatividade de duas compartimentações geomorfológicas bem distintas, podemos visualizar no mapa 1 (Base cartográfica). As duas caracterizadas por um sistema de exploração de cultura de subsistência, sendo, no geral, uma com solos profundos e alta precipitação. A outra é o inverso, com solos rasos e precipitações moderadas. É nesse contexto que o solo se faz representativo, em função de sua peculiaridade.

O solo, por ser o agente passivo na erosão, aquele que recebe a ação do agente erosivo, merece destaque. Cada solo apresenta uma capacidade peculiar de resistir à erosão, a qual, nos modelos de predição erosiva, é denominada fator de erodibilidade do solo. Quando o solo, porém, é protegido por cobertura vegetal densa e com sistema radicular abundante, o processo erosivo é menos intenso.

Os Luvissolos Crômicos são muito representativos em termos de ocupação das terras do Ceará, abrangendo cerca de 2.699.320ha e situam-se em terceiro lugar, logo após os Argissolos Vermelho-Amarelo eutrófico e os Litossolos Crômicos. Fato similar, proporcionalmente, na bacia do rio Acaraú.

Tais solos são intensamente explorados, no caso do Luvisolo Crômico, pela cultura do algodão, e do Argissolo vermelho-amarelo, pelas culturas de subsistência e comerciais; nestes, as espécies de alto porte são disseminadas (SÁ, 1994). Os solos na região semi-árida estão sujeitos a processos erosivos intensos, em razão da elevada intensidade das chuvas em determinados períodos do ano, da ausência de cobertura vegetal no momento em que incidem as primeiras chuvas, da pouca profundidade dos solos e de baixos teores de matéria orgânica. O mais grave ainda é que, desde o preparo das terras para o plantio, começa a remoção de nutrientes pela erosão, fase na qual o solo sem cobertura é exposto à intensiva erosividade das chuvas no primeiro trimestre do ano, se encontra muito vulnerável às perdas.

Observa-se um processo de degradação, ocasionando as perdas de suas características originadas pelos períodos críticos de semi-áridéz acentuada, determinando, com efeito, uma ausência da caatinga arbórea densa, substituídas por uma caatinga arbustiva aberta, arbustos isolados, cactáceas e invasoras mais adaptadas ao ambiente impactado.

Um agravante ao que ora expomos é o fato de que as atividades da agricultura e pasto são desenvolvidas sem respeitar a capacidade de uso do relevo e, em especial, nas áreas de mata ciliar. Isto resulta no avanço da erosão e, conseqüentemente no assoreamento do riacho, fazendo-se necessária a aplicação das técnicas de conservação do solo quando por ocasião do cultivo do solo para a agricultura e pasto, com vistas a minimizar os efeitos erosivos.

É bastante conhecido o problema mundial da erosão nos solos cultivados, o qual tende a se agravar na medida do aumento das áreas incorporadas ao processo produtivo e as práticas de mecanização intensiva das culturas. A erosão é reconhecida universalmente como uma das importantes ameaças ao crescimento da produção agrícola necessária ao suprimento da crescente demanda da população, porque afeta progressivamente a produtividade do solo no sentido de reduzi-la, muitas vezes, irreversivelmente e em vastas áreas cultivadas. Dedek (1987)

argumenta que a erosão, mediante as perdas de nutrientes e matéria orgânica, também diminui a produtividade com a redução da profundidade efetiva do solo. Outros fatores, como a remoção da camada arável e a conseqüente exposição do subsolo, em que, geralmente, a disponibilidade de nutrientes é menor, há maior concentração de elementos tóxicos à planta de sorte que a aeração e a capacidade de água disponível diminuem, fatos estes que acarretam menor produtividade.

Segundo Tricart (1969), os mecanismos da erosão resultam de uma verdadeira ruptura do equilíbrio natural que afeta, a um só tempo, a cobertura vegetal e os solos. Quando, entretanto, o solo é protegido por cobertura vegetal densa e com sistema radicular abundante, o processo erosivo é menos intenso. Coelho Neto (1995) comentou que a cobertura vegetal intercepta as gotas de chuva, dissipa a energia cinética da queda e evita o seu impacto direto sobre a superfície, o que reduz o grau de desagregação do solo. Além disso, a cobertura vegetal faz diminuir a velocidade do escoamento das águas superficiais pela formação de barreiras mecânicas, o que minimiza o transporte de sedimentos.

Na perspectiva de Coelho Neto (1995), a cobertura (viva ou morta) do solo pode promover redução nas perdas de solo até 90% e na velocidade da enxurrada de até 62%. Concluiu em suas pesquisas que, uma vez reduzido o efeito do impacto direto das gotas de chuva sobre a superfície, o tamanho dos agregados transportados pela enxurrada passa a ser em função do método de preparo do solo e/ou tipo de equipamento utilizado.

A intenção de manter a cobertura do solo de pequeno a médio porte tem a finalidade de produzir o efeito de reter o solo e, na medida do possível, retardar a tempo o processo erosivo. Portanto, é importante a manutenção desses “artifícios” para que o sistema se ponha em relativo equilíbrio.

De acordo com Sá (1994), a degradação da vegetação nativa é à base do mapeamento das áreas degradadas, no Nordeste. Conforme o autor, as áreas

com degradação atingem 22% do semi-árido, representando 66% das áreas mais secas, sendo que, dos 22%, 12,8% foram considerados com degradação muito forte e correspondiam a Luvisolos, 3,4% de forte a muito forte, correspondendo a Neossolos 3,4% forte, correspondendo a Argissolos, Nitossolos e Cambissolos e 2,4% moderada, correspondendo a Planossolos. Observa-se que praticamente toda a área de Luvisolos do nordeste e um quarto de Neossolos do semi-árido foram considerados degradados. Paraíba, Ceará, Rio Grande do Norte e Pernambuco tinham porções altas de suas áreas totais degradadas (64, 53, 36 e 25%).

Os estudos da Ciência Geográfica, entretanto, tendem a buscar a problemática atual, pautada numa evolução histórica e fazer entender os mecanismos hoje utilizados como manejo do uso do solo agrícola na bacia do Acaraú, com base numa herança cultural. Tal perspectiva nos remete a uma reflexão sobre os espaços de depressão sertaneja e dos maciços residuais.

Há hoje grande cuidado em relação à sedimentação ocorrente nos grandes reservatórios em todo o mundo, em razão do aumento da produção de sedimentos nas bacias contribuintes, o que é demonstrado em diversos estudos.

A ausência de uma política de controle e sedimentos torna-se grande fonte de desperdício de recursos no Brasil. A retirada da mata ciliar ao longo dos rios, a produção agrícola mal planejada e outras atividades associadas ao aproveitamento do solo trazem danos irreparáveis aos corpos d'água brasileiros.

Estas questões apontam para a importância da ação antrópica no planejamento ambiental de uma bacia; mas do que isto, para a interação das diversas atividades potencialmente agressoras ao meio ambiente e o seu papel no desenvolvimento de uma política responsável da gestão dos recursos hídricos.

O capítulo de número 1, *Fundamentação Teórica*, possibilita o entendimento teórico e conceitual sobre a abordagem sistêmica, enfatizando a

bacia hidrográfica e o fator erosão do solo. Para tanto, foi subdividido em temas específicos: 1.1 *Bacias hidrográficas: uma visão sistêmica integradora*, que nos remete aos conceitos de bacia hidrográfica e a relação sistêmica de seus elementos O tópico 1.2 *A microbacia como unidade de estudo*, nos remete a uma visão pontual no contexto geral de uma bacia hidrográfica 1.3 *O processo de erosão do solo em uma abordagem sistêmica*; que visa colocar o leitor no objeto maior da pesquisa 1.4 *O experimento e a mensuração no processo erosivo*, tópico que estabelece a relação do empírico ao experimental. Remete à reflexão sobre o observável e o possível a ser analisado mediante modelos; propicia a humanização do sistema natural.

O capítulo de número 2 traz, em ordem, *os objetivos e a hipótese*.

O capítulo de número 3 apresenta *os aspectos conceituais*. Refere-se a campo do saber específico. Subdivide-se em: 3.1. *O fator erosão em uma análise integrada na natureza*, especificando as etapas que se processa a erosão do solo; 3.1.1. *Declividade e o processo erosivo* permitem o entendimento da influência das rampas no deslocar das partículas do solo; 3.1.2. *Erosão e precipitação*, que nos conduz a análise da influência da precipitação quando ao estágio o processo erosivo; 3.1.3. *A vegetação e o uso a terra*, enfatiza a importância da vegetação no controle da erosão; 3.1.4. *Erosão e produtividade do solo* fazem à relação da erosão quanto à produção, repercutindo nos efeitos de ordem negativa ao meio natural e ao aspecto econômico; 3.1.5. *Práticas conservacionistas e o processo erosivo* induzem ao entendimento da conservação do solo através de medidas de conservação do mesmo 3.1.6. *Plantio direto, convencional e conservação do solo*, relacionam os diversos tipos de plantios e seus efeitos; 3.2.1 *A vegetação de mata ciliar*, caracteriza a importância desta vegetação ao ecossistema; 3.2.2 *O suporte ecológico e a função hidrológica*, discute a manutenção da integridade da microbacia hidrográfica; 3.3 *A lei Florestal* apresenta a gestão florestal no Brasil respaldada pela Lei nº 4.771, que instituiu o Código Floresta.

O capítulo de número 4, *Os elementos característicos da área de estudo*, 4.1 *Formas de uso e ocupação*; possibilita a reflexão como o agricultor vem manifestando suas práticas agrícolas ao longo de um processo histórico de ocupação da Bacia Hidrográfica rio Acaráú 4.2. *Os elementos naturais característicos da área de estudo*, possibilitam o entendimento em visualizar a estrutura física-natural dos elementos constituintes na área de estudo e suas influências na compreensão dos aspectos visíveis da aparência no cenário da paisagem.

O capítulo de número 5, *Encaminhamento técnico e metodológico operacional*, oferece os passos necessários para a realização da pesquisa, suscitando, através de tópicos, conforme segue: 5.1. *Levantamento e análise bibliográfica*, referente-se as informações sobre a busca de material bibliográfico, 5.2. *Levantamento do material cartográfico*; oferece o instrumento técnico para fins de elaboração dos mapas; 5.3. *Seleção da área de estudo*, suscita os critérios de escolha das áreas para fins experimentais, e define as sub-bacias através dos tópicos. 5.3.1 e 5.3.2.. O tópico 5.4 *Delineamento experimental*, momento este em que é descrito o procedimento adotado para delimitação das áreas e a forma de montagem do experimento, e nos traz o tópico 5.4.1 com os cenários das áreas experimentais. No tópico, 5.4.2 *Experimento no solo Argissolo vermelho-amarelo eutrófico*, propicia o entendimento do solo em questão 5.5.3 *Experimento no solo Luvissolos crônicos*, a exemplo do tópico anterior, propicia o entendimento do solo em questão, 5.5. *Atividades de monitoramento*, oferece a operacionalização do acompanhamento do experimento, 5.6. *Atividades de gabinete*, onde são descritos os passos de interpretação dos dados, juntamente com os tópicos 5.7. e 5.8.

O capítulo de número 6, *Apresentação e análise dos resultados da pesquisa*, relaciona-se diretamente aos dados obtidos e a interpretação dos mesmos. Para efeitos mais detalhados é subdividido em tópicos. 6.1. *Análise dos parâmetros pluviométricos*, analisando a distribuição temporo-espacial da precipitação, 6.2. *Análise da produção de sedimentos*, o qual é subdividido em dois sub-tópicos, o primeiro enfatizando os sedimentos e a precipitação e o

segundo os sedimentos e a vegetação; 6.2.1. *Parâmetros: sedimentos transportados e precipitação*, com dados referentes à quantidade de material erodido por cada parcela, associando a condição da precipitação 6.2.2. *Parâmetros: sedimentos transportados e vegetação*, com dados referentes à quantidade de material erodido por cada parcela, associando a condição da faixa de vegetação em suas diferentes espessuras, 6.2.3. *Parâmetros: químicos e físicos do solo*, nesse temos as condições dos elementos físicos e químicos do solo, quando na montagem do experimento e suas relações com os sedimentos que foram deslocados e coletados nas calhas e nos tanques de deposição, faz-se uma análise qualitativa e qualitativa dos mesmos e 6.3. *Análise das condições sócio-econômicas*, refere-se à análise da condição de uso da área, em seus aspectos sócio-econômicos.

Segue o último capítulo, com as considerações finais, que nos remete a uma reflexão sobre as hipóteses e o cumprimento dos objetivos.

1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo, busca-se compreender os processos erosivos. A fundamentação teórica e metodológica prioriza o conhecimento baseado na perspectiva sistêmica, entendendo o ambiente como um conjunto de elementos interligados, efetuando troca de matéria e energia.

Thornes e Brunsden (1977) expressam que o emprego do sistema é devidamente apropriado em estudos de processos e será cada vez mais importante ao estabelecer a resposta para estes processos. Com a aplicação da abordagem sistêmica, se deu um novo caminhar para a Ciência Geográfica, por meio da Teoria Geral dos Sistemas, adotando os termos de soma, mecanização, centralização, finalidade, fugindo com isso apenas da abordagem empírica.

Em estudos de Geografia é necessário utilizar-se do conceito de sistema para compreender os temas complexos como se apresentam interdependentes, conseqüentemente influenciados e sofrendo ações dos elementos (matéria ou energia) que constituem as relações de fluxos no grande sistema Terra.

As bacias hidrográficas integram uma visão conjunta do comportamento das condições naturais e das atividades humanas nelas desenvolvidas uma vez que, mudanças significativas em qualquer dessas unidades, podem gerar alterações, efeitos ou impactos. A integração, portanto dos conhecimentos existentes sobre a bacia hidrográfica e a síntese desses conhecimentos é que nos permite, segundo os conceitos e a metodologia proposta, o conhecimento da Análise Geral dos Sistemas.

1.1 Bacias hidrográficas: uma visão sistêmica e integradora

A bacia hidrográfica é definida por Christofoletti (1980:102) como “área drenada por um determinado rio ou por um sistema fluvial”. Um rio ou um trecho

de rio não é um sistema isolado. Os rios constituem ecossistemas abertos e lineares, cujas características variam ao longo do tempo e espaço.

Faz necessário esclarecer que os sistemas apresentam-se em duas categorias, isolados e não isolados. Os isolados são considerados os que não realizam troca de massa ou energia, portanto só existem nos laboratórios; os não isolados, são agrupados em sistemas fechados (a entrada de massa e ar é impedida, mas não a saída) e abertos, quando ocorrem trocas de massa e energia com seus circunvizinhos.

De acordo com Gregory (1992, p.222)

Os sistemas abertos, contudo, foram definidos como os que precisam de um suprimento de energia para sua manutenção e preservação, e são mantidos em condição de equilíbrio pelo constante suprimento e remoção de matéria e energia. Os sistemas abertos podem receber energia livre (ou entropia negativa) no sistema e se podem comportar apresentando equifinalidade, pois condições iniciais diferenciadas podem conduzir a resultados finais semelhantes.

Ross (1998) afirma que a bacia pode ser considerada uma unidade hidrogeomorfológica da paisagem com seus canais fluviais, saídas e divisores que acabam por constituir um importante ecossistema. Segundo Johnston (1986), o ecossistema é “um sistema do tipo processo-resposta voltado para os fluxos de energia dos ambientes biológicos, muitos dos quais incluem, ou são afetados pelo homem”. Sendo também um sistema de controle, no quais os componentes vivos agem como reguladores dos fluxos de energia.

Assim, podemos utilizar o emprego da teoria dos sistemas em estudo de bacias de drenagem. Sendo uma área da superfície terrestre que drena água, sedimentos e materiais dissolvidos para uma saída comum, num determinado ponto de um canal fluvial. Neste percurso, recebe suprimento contínuo de energia através do clima reinante e que sistematicamente, perde energia através da água e dos sedimentos que deixam. As transformações físicas que ocorrem na superfície são acompanhadas por quantidades de energia, onde a radiação solar

funciona como a maior fonte de energia da matéria em movimento em seguida finalizando as saídas.

Os sistemas trocam energia e matéria com outros sistemas. Fuchs (2002, p.40), comenta que dentro da Teoria Geral dos Sistemas, a composição da matéria e da energia é importante,

[...] A matéria, que corresponde aos elementos que compõem o sistema. Por exemplo, no sistema hidrográfico a matéria é representada pela água e pelos detritos; a energia corresponde às forças que fazem o sistema funcionar e divide-se em energia potencial e cinética. O potencial é representada pela força inicial que desencadeia o funcionamento do sistema, sendo que a gravidade funciona como energia potencial para o sistema hidrológico e para os sistema morfogenéticos.

No sentido amplo, um sistema é uma série de elementos ligados entre si, interagindo para formar um todo operacional (JOHNSTON, 1986, p.165). O resultado das inter-relações entre os fluxos de matéria e energia que entram e se movem dentro de seus limites, a resistência da superfície topográfica e suas respectivas distribuições no tempo e espaço, é considerada por Zavoianu (1985), como a evolução de qualquer paisagem terrestre, e, por consequência, de qualquer bacia de drenagem. Enfim, as quantidades de matéria e energia recebidas na bacia agem sobre as variáveis: rocha, relevo, solo e a cobertura vegetal que no decorrer do tempo irão definir os elementos característicos de uma bacia.

Para Gregory (1992) um sistema tem sido geralmente definido como “Conjunto de elementos com características variáveis; - as relações entre as características dos elementos; as relações entre o meio ambiente e as características dos elementos”.

A bacia hidrográfica é um sistema geomorfológico aberto, que recebe matéria e energia através de agentes climáticos e perde através do deflúvio. A bacia hidrográfica, como sistema aberto, pode ser descrita em termos de variáveis com inter-relações bem definidas. Estas formam os elementos que

contribuem para a definição das características da bacia são: o embasamento rochoso, o relevo, o solo e a cobertura vegetal.

Uma bacia hidrográfica coleta a precipitação que cai sobre sua superfície e conduz parte dessa água para o rio através do escoamento superficial e do fluxo de água subterrânea. Os solos e a vegetação influenciam na velocidade com que essa água alcança o rio. A litologia determina a textura do solo que, por sua vez, controla a capacidade de estocar água para comunidades vegetais. A estrutura geológica define a morfologia da bacia e, com isso, controla os processos de erosão e lixiviação, além do potencial de produtividade da área. Tempo é um fator decisivo no intemperismo das rochas e na erosão que determina escarpas e, conseqüentemente, o gradiente do rio. A natureza do substrato do rio é fortemente influenciada pela paisagem e pelo estágio dos processos erosivos. O rio é, portanto, produto integrado à bacia hidrográfica e cada bacia é formada por um conjunto de microbacias.

Considerando a bacia hidrográfica como um sistema, temos em primeiro momento a precipitação, como maior fonte de matéria - entrada, o *input*. Considerando a existência de uma cobertura vegetal sobre o solo, a água da chuva é primeiramente interceptada pelo dossel (a água poderá também atingir diretamente o solo ou corpos d'água). Esta água interceptada pode ser evaporada. Da água que chega até a superfície do solo, parte é infiltrada (entra no perfil de solo) e parte pode escoar superficialmente. A água infiltrada irá se redistribuir ao longo do perfil de solo. Simultaneamente à entrada de água no solo, a água pode estar sendo evaporada pela superfície ou retirada do solo pelas raízes e transpirada pelas folhas do dossel. A água pode ainda descer o perfil de solo e chegar ao lençol freático, ou, em algumas situações, pode haver um fluxo ascendente de água no solo.

Em terrenos declivosos, pode ocorrer também fluxos lateral sub-superficial, ou ainda forma canais por onde a água escoar preferencialmente, este processo é ilustrado na figura 1. Estes canais podem escoar água somente durante um evento de chuva ou durante algum tempo depois, cessando o

escoamento tão logo a água infiltre no solo (curso afluyente). Outros canais, por sua vez, permanecem constantemente escoando água (curso efluente) a menos que, por algum motivo, o nível do lençol freático venha a baixar fazendo que o canal fique acima da zona de saturação. A variação de umidade dentro do perfil de solo pode ser contabilizada através de um balanço de massa, onde são computadas as entradas e saídas de água no sistema.

Figura 1. Formação de canais após evento de chuva em vertente desnuda as margens do canal fluvial na Serra das Matas em Monsenhor Tabosa (CE), 2006.

Este balanço de água no solo pode ser resumido utilizando a fórmula:

$$0_{ints} P - E - E - E_p - Q_{saída} + Q_{entrada} - \Delta 0 = , (1.1)$$

Onde P é a precipitação (chuva, neve ou neblina), E_{int} é a água interceptada pelo dossel que posteriormente é evaporada, E_s é a evaporação do solo, E_p é a transpiração pelas plantas, $Q_{saída}$ é o escoamento de água para fora do sistema, $Q_{entrada}$ é o escoamento de água para dentro do sistema (fluxo ascendente, escoamento superficial e subsuperficial de elementos à montante) e $\Delta 0$ é variação do estoque de água no solo. O termo P - é geralmente chamado de precipitação líquida, ou seja, refere-se a aparte da precipitação que realmente chega à superfície do solo. Os termos $E_{int} + E_s + E_p$ são denominados evapotranspiração. A equação de balanço pode ser utilizada para eventos simples de precipitação ou para uma série temporal, embora as escalas temporais de cada um dos processos possam ser consideravelmente diferentes.

As inter-relações entre estes fatores, e suas respectivas distribuições no tempo e espaço, comandam em grande parte a evolução e o estado atual da topografia e morfologia da bacia de drenagem, que apresentam potencial de utilização baseado segundo as características de seus componentes; substrato geológico, formas e processos geomorfológicos, mecanismos hidro-meteorológicos e hidrogeológicos (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Esta concepção de bacia de drenagem e sistema integra uma visão conjunta do comportamento das condições naturais e das atividades humanas, onde as mudanças significativas podem gerar impacto, onde os tipos de leitos podem ser alterados pelo seu caráter integrador das dinâmicas ocorridas. Conforme Lima (1986), a microbacia hidrográfica é uma unidade natural da paisagem, as quais apresentam condições apropriadas, para avaliar de forma detalhada as interações entre o uso da terra, portanto, revelam excelentes áreas de estudo.

Para Petraglia (1995, p. 102) “o ser humano desenvolve-se e organiza-se, transformando a natureza. Como sujeito, procede a auto-eco-organização, considerando, para isso, os princípios de ordem, desordem e organização”.

No contexto da compreensão de intervenções que afetam os fenômenos Christofolletti (2004, p. 92) comenta:

Levando em consideração que a maior parte dos fenômenos da natureza e os socioeconômicos, quando analisados, não são lineares, pode-se afirmar que eles se comportam como sistemas dinâmicos e caóticos, pois se deve levar em consideração que, além da grande diversidade dos elementos, há vários graus de liberdade quanto ao comportamento destes. A primeira característica importante estes sistemas é o processo de realimentação (feedback). Pequenas mudanças podem ocasionar efeitos dramáticos, pois podem ser amplificadas repetidamente por meio de realimentação, constituindo a base das instabilidades e da subida emergência de novas formas de ordem, tão típicas da auto-organização. A segunda característica é a existência de níveis críticos. Estes níveis são patamares a partir dos quais um sistema se desequilibra. Esta mudança de estado geralmente é causada por um pequeno aumento do fluxo de matéria e energia. O

terceiro aspectos dos sistemas não-lineares é o surgimento do cálculo da dimensão fractal.

A ação de feedback retratada por Christoforetti (2004) é entendida como a interdependência entre os elementos integrantes no sistema e entre sistemas regulando a energia. De acordo com Johnston (1986, p. 162)

o ecossistema é um sistema do tipo processo-resposta voltado para os fluxos de energia dos ambientes biológicos, muitos dos quais incluem, ou são afetados pelo homem. Ele é também um sistema de controle nos quais os componentes vivos agem como reguladores dos fluxos de energia.

Segundo Zakia (1998), a adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento tem um aspecto positivo, pois a maioria das relações de causa-efeito, aí geradas, está ligada ao uso dos recursos hídricos, cuja rede de drenagem se conforma a estes fatores de intervenção humana. Por outro lado, Freitas (2000) considera como efeito negativo da adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento, o fato de que grande parte destas relações de causa e efeito tem caráter econômico e político, o qual extrapola os limites da bacia hidrográfica, o que dificulta a negociação social.

O uso racional dos recursos naturais acarreta sua preservação e para isso é necessário que haja um manejo contínuo. O fator bastante relevante na qual devemos considerar de fundamental importância é a preservação da mata ciliar, pois irá refletir na redução do assoreamento, na fauna e no desenvolvimento dos animais. É necessário salientar ainda as práticas de manejo do uso do solo como *input*, a entrada. Pois, em função da aplicação das práticas de uso tenderá a uma estabilidade, indo proporcionar um desenvolvimento do seu biótico e conseqüentemente uma melhora na estrutura do solo, em conseqüência direta ocorrerá o equilíbrio. Aumentando a estabilidade irá reduzir o assoreamento, indiretamente, aumentará a capacidade do reservatório, um dos problemas mais sérios dos nossos reservatórios.

1.2 A microbacia como unidade de estudo

A microbacia hidrográfica é uma unidade natural da paisagem, as quais apresentam condições apropriadas, para avaliar de forma detalhada as interações entre o uso da terra.

No começo do século XX, em vários países, teve início utilização de microbacias hidrográficas como unidades experimentais. Os resultados obtidos demonstraram que o uso da terra e as atividades nelas desenvolvidas afetam a quantidade, o regime de vazão e a qualidade de sua água. Estudos realizados por Aubertin e Patric (1974) evidenciaram que é possível realizar determinado grupo de operações de exploração econômica do solo como um mínimo impacto à qualidade da água.

Lima (1999) cita que o manejo de microbacias hidrográficas, como estratégia holística de uso dos recursos naturais renováveis de maneira a salvaguardar o solo e a água é tido como um dos recursos mais importantes, tanto para a sustentabilidade das microbacias como das bacias de maior escala e dos rios, mas, principalmente, para a busca do desenvolvimento sustentável. Likens *et al* (1977), defende que a utilização de microbacias como ecossistemas para estudar ciclagem de nutrientes, comportamento hidrológico, intemperismo das rochas e outros processos naturais.

O pensamento de Odum (1971) já assinalava a microbacia hidrográfica como um todo, não apenas como um determinado curso d'água, fornecendo uma maneira sistêmica de entender os processos da paisagem.

Por definição, microbacias são áreas críticas para dinâmica de nutrientes e habitats para macroinvertebrados, peixes e anfíbios na bacia hidrográfica. O papel das microbacias na conservação, restauração e manejo dos recursos hídricos vem sendo reconhecido mais intensamente nos últimos anos.

Segundo Lima (1994) o conceito de microbacia é um tanto vago; primeiro, porque não há limite de tamanho para a sua caracterização, e em segundo lugar, porque há que se fazer distinção entre dois critérios:

a) Do ponto de vista hidrológico, as bacias hidrográficas são classificadas em grandes e pequenas não com base em sua superfície total, mas nos efeitos de certos fatores dominantes na geração do deflúvio. Define-se “microbacia” como sendo aquela cuja área é tão pequena que a sensibilidade a chuvas de alta intensidade e às diferenças de uso do solo não seja suprimida pelas características da rede de drenagem.

b) Do ponto de vista de programas e políticas de uso do solo de recente estabelecimento no país – os programas de manejo de microbacias: o critério de caracterização da microbacia, neste caso, é eminentemente político e administrativo.

É importante destacar que por meio de monitoramentos de indicadores hidrológicos na escala de microbacia é possível identificar várias práticas de manejo que não são compatíveis com a sustentabilidade, por exemplo, o desmatamento da mata ciliar em uma propriedade rural contribui para a degradação dos recursos hídricos, uma vez que prejudica o processo de infiltração de água no solo.

Diversos autores, entre eles Likens (1985), Gregory e Walling (1973) e Naiman (1992) abordam a microbacia como um sistema natural aberto, principalmente em termos da integração dos ciclos naturais de energia, nutrientes e, destacadamente da água. A microbacia apresenta uma definição espacial do ecossistema muito singular e conveniente, dentro da qual, é possível o estudo detalhado das interações entre a utilização da terra e a quantidade e qualidade da água produzida.

O ramo do conhecimento que se preocupa com o manejo da microbacia hidrográfica é a Hidrologia Florestal, a qual tem a água como enfoque central, adotando uma visão integrada, ou sistêmica, do manejo dos recursos naturais (MONTGOMERY *et al.*, 1995).

Para Lima e Zakia (2006), as principais características para entender, desenvolver e implementar práticas de manejo sustentável estão vinculadas, a resposta como a microbacia reage durante a ocorrência de chuva, em termos da quantidade, da distribuição temporal e da qualidade da água do escoamento direto.

O conhecimento ainda incompleto dos mecanismos pelos quais a microbacia reage à ocorrência de chuva por meio do escoamento é uma das grandes contribuições das pesquisas em microbacias experimentais. Pois, a precipitação que cai em uma microbacia é composta de vários processos hidrológicos de superfície e de sub-superfície, com diferentes tempos de residência, dependendo das condições intrínsecas da microbacia (geologia, solos, declividade, etc.) bem como do uso da terra, ou seja, de suas condições hidrológicas e ecológicas (HEWLETR,1982).

O comportamento da microbacia e suas respostas às práticas de manejo estão fortemente relacionados às condições hidrológicas regionais, conforme sugerido em outros trabalhos (ANDREASSIAN, 2004).

O decreto nº 94.076 (BRASIL,1987) instituiu o Programa Nacional de Microbacias Hidrográficas (PNMH), sob a supervisão do Ministério da Agricultura, visando um adequado aproveitamento agropecuário dessas unidades ecológicas, mediante a adoção de práticas de utilização racional dos recursos naturais renováveis. O PNMH deu sequência ao Programa Nacional de Conservação dos Solos (PNCS), tendo como objetivo central executar ações voltadas para a prática de manejo e conservação de recursos naturais renováveis, evitando sua degradação e visando um aumento sustentado da produção e produtividade agropecuárias, bem como de renda dos produtores rurais.

Segundo Andréassian (2004), a estreita relação entre água e floresta foi reconhecida inicialmente na França, depois da revolução de 1789, onde muitos estudos foram desenvolvidos para comprovar a interdependência entre a proteção das florestas e a regulação da vazão, além das relações entre florestas

e mudanças climáticas. No entanto, deve-se considerar que para diferentes condições climáticas e pedológicas, as florestas respondem de formas também diversas aos impactos sofridos.

1.3 O processo de erosão do solo em uma abordagem sistêmica

Gregory (1982) considera a abordagem sistêmica como uma metodologia unificadora para a Geografia e eficaz para o emprego em trabalhos de solos. Comenta o autor que, em certos ramos da Geografia Física a abordagem sistêmica foi utilizada como parte de uma base fundamental para o estudo de bacias de drenagem, ou de canais fluviais, e tem sido utilizada como instrumento básico para outros ramos da Geomorfologia.

Zavoianu (1985), refletindo sobre uma bacia de drenagem, com suporte em uma concepção sistêmica, considera o solo como dependente de outras variáveis. Depende do tipo de embasamento, da vegetação, da posição geográfica da bacia e dos fatores climáticos. Para o autor, as características do solo podem oferecer informações sobre as condições ambientais entre os fatores de formação e qualquer mudança nesse equilíbrio se refletirá em descontinuidades verticais nos perfis.

Para o autor, ainda, uma abordagem sistêmica, um horizonte orgânico bem desenvolvido e estruturado é importante para a atuação dos processos que resultam da circulação de matéria e energia numa bacia. As propriedades físicas e hídricas comandam a circulação da água, a mais importante entrada de matéria. Essas propriedades são relevantes na definição das formas de circulação da água nas vertentes (escoamento, infiltração do solo, lavado e erosão do solo). Solos com grande permeabilidade apresentam pouco escoamento superficial e favorecem o armazenamento de água subterrânea, modificando a distribuição temporal

e as relações entre fluxo superficial e subterrâneo, principais vias de circulação de matéria.

Argumenta, ainda, que, das principais propriedades físicas e hídricas do solo, a textura é a mais importante, por determinar em grande parte a permeabilidade e a capacidade de reter ou perder água, assim como a coesão e resistência ante os agentes externos. A textura é estimada com base nas porcentagens de areia, silte e argila, encontradas da fração mineral do solo; as relações entre esses componentes determinam toda uma série de grupos intermediários com propriedades bem definidas.

Os solos com até 80% de areia são muito permeáveis para a água e o ar, mas a sua retenção é baixa. O conteúdo baixo ou moderado de argila equilibra essas propriedades; quando o teor de argila aumenta a permeabilidade diminui e aumenta a retenção. Quando a argila excede os 50% da massa mineral os poros maiores diminuem e aumenta a capilaridade, daí resultando baixa permeabilidade. A água infiltra com grande dificuldade, e com frequência acumula-se na superfície em pequenas poças nas vertentes mais suaves. Quando a declividade é alta aparece o escoamento superficial, e o solo está sujeito à circulação enérgica e erosão, podendo ocorrer decaptação nas chuvas torrenciais, já que a maior parte delas escoar e pode levar a violentas enxurradas. O conteúdo de umidade é também relevante nos processos de erosão do solo. Por exemplo, se a chuva torrencial cair sobre solos úmidos saturados por chuvas torrenciais anteriores, o escoamento aparece de imediato. A competência é grande, podendo aprofundar antigos sulcos e ravinas, além de formar outros.

Várias são as interlocuções dos atributos do solo em relação à erosão. Destaca-se, por exemplo, maior estabilidade de agregados, como é convencionalmente referida e não é importante no controle da erosão somente por atribuir maior resistência intrínseca ao agregado, mas principalmente pelo que ela representa na manutenção do solo com porosidade adequada.

Outras situações podem ser analisadas. A erosão tende a ser menos intensa em solo bem estruturado, poroso e físico-quimicamente mais resistente e pouco permeável. Enfim, o significado de porosidade do solo, mais do que o de um vazio, é a interface de sólidos e fluidos, em que a energia mecânica gravitacional da água pode se dissipar em manifestações de viscosidade. A declividade S e o comprimento L podem assumir diferentes importâncias relativas nas relações causais da erosão, quando outras condições físicas do meio variam; a erosão não é função ou não tem suas causas afetadas apenas pela declividade S e pelo comprimento da rampa. A variação dos valores de a e b refere-se, assim, a ajustes que corrigem o grau de manifestação de outros fatores; a vazão em um sulco é, assim, também uma função do comprimento de rampa.

É também evidente que, as gotas de chuva podem incorporar energia de velocidade à água que se encontra sobre a superfície do solo, mas a turbulência, nesse caso, apenas será tanto mais intensa quanto maior for a proporção de energia de velocidade da chuva que não se converte em energia de velocidade da água que está sobre o solo.

Destaca-se, ainda, a capacidade de transporte, que é a capacidade de agente erosivo transportar sedimentos. A carga de sedimentos é a taxa de transporte efetiva ou vigente, sendo que ela pode tanto ser maior quanto menor do que a capacidade de transporte. Tais interpretações detêm um entendimento sistêmico, pois, quando a carga de sedimentos excede a capacidade de transporte, ocorre a deposição de sedimentos numa taxa proporcional à diferença entre a capacidade de transporte e aquela carga. A deposição reduz a carga de sedimentos, acumulando-se sobre a superfície do solo. Quando, porém, a carga de sedimentos é menor do que a capacidade de transporte, o fluxo de água pode promover desagregação do solo.

Guerra (1991) argumenta que qualquer que seja a extensão, o quadro sistêmico deve permitir vincular proposição teórica e metodológica, estando aberto a prestar-se ao teste empírico, como são feitos nos modelos

mistos de mensuração e análise, como, por exemplo, quando se utiliza a simulação.

Ainda, segundo o autor, a erosão do solo pode ser entendida como um processo resultante dos agentes ecodinâmicos, sendo, desta maneira considerada pelos pedólogos como sendo sinônimo de erosão geológica ou natural.

Com amparo na abordagem sistêmica, estudiosos da Ciência Geográfica estabeleceram novas relações na percepção com a natureza, tendo no experimento e na mensuração dos dados elementos a mais de análise.

1.4 O experimento e a mensuração no processo erosivo

Com a inserção da Teoria Geral dos Sistemas, o tratamento dado à natureza levou em consideração a interação dos elementos ou a sua associação. A aplicabilidade de tal conhecimento inseriu-se na Geografia Física, inicialmente, na Geomorfologia, pelos trabalhos de Arthur Strahler (1950). A abordagem sistêmica propiciou aos estudos de Geografia Física uma substituição da morfologia da paisagem por uma tipologia de padrões espaciais (MENDONÇA, 1991).

Tricart (1981), procurando relacionar a Geomorfologia com a análise sistêmica, ressalta que a paisagem reflete o funcionamento do ecossistema. Antes, porém, Tricart (1977) se referiu ao valor da abordagem sistêmica como instrumento lógico para estudar os problemas do meio, dando condições de uma visão de conjunto do aspecto dinâmico.

Com a aplicabilidade da análise sistêmica, a representação da paisagem natural passa a ser percebida como algo delimitado, com padrões e atributos para cada elemento. A natureza começa, então, a ser humanizada, seja por meio de amostragens ou pela quantificação ou até

mesmo pela noção de causa e efeito de cada elemento componente no sistema.

Colângelo (1997), ao tratar de processos erosivos, faz uma relação direta com a aplicação de modelos e a abordagem da Teoria Geral dos Sistemas, para o autor, os processos erosivos decorrentes as atividades vinculadas à hidrologia das vertentes são estimuladas a partir da fixação de um ou vários dos seguintes parâmetros:

Embasamento rochoso, formações superficiais, incluídos os volumes pedológicos, morfologia e morfometria interfluvial e cobertura vegetal. Assim são estabelecidas as já referidas relações entre pares de variáveis, fundamentais para a valoração dos limiares vinculados à ocorrência de um determinado processo.. Além disso, o conhecimento de um conjunto de relações simples entre pares de variáveis constitui a base para a elaboração de modelos mais sofisticados, onde um maior número de variáveis pode ser correlacionado numa expressão matemática (COLANGELO, 1997, p. 53).

Ainda, segundo o autor,

A construção de modelos, apesar de representar ma etapa avançada em relação ao trabalho experimental, não corresponde, contudo, à obtenção de produtos acabados, definitivos. Continuamente testados, os modelos sofrem correções, adições, ou são simplesmente substituídos por outros, mais rigorosos e abrangentes, ou seja, mais poderosos quanto a velocidade estatística e amplitude de aplicação (p. 53).

Tais afirmações são vinculadas à Teoria Geral dos Sistemas, quando o autor coloca:

No caso da abordagem sistêmica aplicada à Geografia foi incorporado o modelo termodinâmico de representação do mundo físico através da Teoria Geral dos Sistemas, estabelecida por Von Bertalanffy (1950, p. 53).

Outros autores discorrem sobre o assunto. Segundo Boardman (1992), os modelos de erosão dos solos ofereceram respostas mediante as modelagens matemáticas, tendo nos sistemas de transferências de sedimentos diferentes efeitos de variação nos *inputs* a serem avaliados mais fáceis e mais rapidamente.

Boardman (1992) relata que, pela modelagem matemática da erosão dos solos e sistema de transferência de sedimentos devem permitir os diferentes efeitos de variações nos *inputs* a serem avaliados.

Gregory (1992) lembra que a mudança temporal era estudada com referência a modelos há muito estabelecidas e muitas vezes qualitativas que apresentam base insuficiente nas mensurações quantitativas ou nos processos ambientais atuais. Com a aquisição de mais dados e com a compreensão dos processos contemporâneos, houve um avanço rumo ao desenvolvimento dos modelos mais sofisticados de mudança temporal, o que tem sido de grande significado para o progresso da Geografia Física.

Haines Young e Petech (1986) apresentam modelos como sendo os recursos ou instrumentos utilizados para fazer predições. Eles são meios pelos quais as teorias podem ser testadas. As situações de teste são projetadas para permitir um conflito entre teoria e observação. Afirma, ainda, que os conflitos podem ser provocados pelos elementos do modelo.

Algumas discussões, entretanto, são inerentes a aplicabilidade dos modelos, como, no caso, a mensuração e os experimentos. De acordo com Morgan (1986), considerando a mensuração da erosão dos solos, diz que esta e seus efeitos controladores podem ser obtidos em campo e em laboratório, ambos, em experimentos. De Ploy *et. al.* (1978), entretanto, distingue conceitualmente mensuração de experimento, a primeira tida para obter informação sobre as taxas de erosão, e o experimento para fornecer explicações; contudo, o experimento sempre envolve mensuração e análise.

Cabível em nosso estudo é a posição de Baccaro (1999), quando acentua que, buscando o entendimento dos processos erosivos, há necessidade de se realizar o monitoramento por meio de medidas e experimentos de campo e/ou laboratório, buscando índices quantitativos dos processos erosivos, levando-se em conta a periodicidade das mensurações, a regularidade das amostragens, a fim de se ter uma idéia real da frequência e taxa dos processos erosivos.

Com relação aos modelos desenvolvidos em laboratório, Mattos (2000) assinala que:

Os antigos pesquisadores e percursores a ciência moderna utilizavam-se destes modelos para reproduzir as ambientes e fenômenos em escalas reduzidas. Com o desenvolvimento da indústria e artificialização das sociedades modernas, houve certa inversão neste processo. Rejeitam-se os modelos naturais em prol dos artificiais. Isto se reflete em diversos aspectos da vida cotidiana, na ciência, agricultura, indústria, relações humanas e etc. (p. 60).

Cruz (1982) afirma que a quantificação propicia uma grande importância aos cálculos matemáticos e estatísticos, podendo levar a resultados fundamentados em médias, e que em sempre é real a natureza. Os dados obtidos podem levar a uma reflexão do observador a uma determinada situação, oferecendo ma fotografia dos resultados mensurados.

2 OBJETIVOS E HIPÓTESES

Objetivo Geral

Avaliar a produção de sedimentos, obtidas nas parcelas experimentais, em função do uso da terra, na dinâmica erosiva do escoamento superficial pluvial, nas margens do canal fluvial, em unidades geomorfológicas denominadas de maciço residual e depressão sertaneja.

Objetivos Específicos

- estimar o carreamento de sedimentos provenientes do escoamento superficial pluvial, obtidas em parcelas experimentais em Argissolo Vermelho-Amarelo eutróficos e Luvisolos Crômicos, em áreas de maciço residuais e depressão sertaneja;
- simular um cenário alternativo de uso e ocupação da terra, com base nas faixas de vegetação e analisá-las quanto à perda e conservação do solo.

Hipótese:

A ausência da cobertura vegetal sobre a superfície do uso do solo agrícola em ambiente fluvial é responsável pela mobilização de sedimentos, chegando a induzir a quantidade de detritos nos canais de escoamento superficial pluvial, podendo ser ordenada de forma a reduzir a quantidade de carreamento dos sedimentos.

3 ASPECTOS CONCEITUAIS

3.1 O fator erosão em uma abordagem integrada da natureza

O solo mantém estreitas relações com o relevo, com o regime hídrico e com a cobertura vegetal, quaisquer modificações introduzidas num destes elementos produzirá alterações no solo. É sabido que, com a eliminação da cobertura vegetal, o solo fica exposto, transparecendo no relevo, as marcas do processo erosivo. As evidências são perceptíveis nas vertentes, sejam por meio das ravinas, dos sulcos ou voçorocas. A relação para tais eventos está evidenciada diretamente com alteração do regime hidrológico. A concentração das chuvas, associadas aos fortes declives, aos espessos mantos de intemperismo e ao desmatamento, pode criar áreas potenciais de erosão e de movimentos de massa, tais fatos, pode ser visualizados na figura 2 resultam em processos de ordem seqüenciada e integrada.

Bertoni e Lombardi Neto (1999) definem erosão como o processo de desprendimento e arraste acelerado das partículas do solo causado pela ação da água e do vento, podendo ser responsável pela principal causa do empobrecimento e desgaste das terras agrícolas. Pode ser definida ainda como, a remoção de partículas do solo, pela ação das águas da chuva ou dos ventos, e o transporte destas partículas para outras áreas ou para o fundo dos lagos, rios e oceanos (LESPCH, 1993).

A erosão inicia-se pelo impacto das gotas de chuva no solo (*splash*), que é complementada pelo processo de escoamento superficial (*runoff*), sendo muito mais intenso em áreas sem cobertura vegetal, onde as gotas da chuva rapidamente se juntam, formando filetes d'água com força suficiente para arrastar as partículas liberadas para jusante da encosta. Estes filetes podem lavar as superfícies do terreno (*wash*), sem formar canais definidos, ou podem juntar-se, formando enxurradas, desagregando mais partículas do solo, carreando grande volume de material erodido.

(a)

(b)

(c)

(d)

Figura 2. Vista do alto da serra das Matas, apresentando vertentes íngremes laterais e encostas convexo-côncavas: (a, b e c) tiradas no período de chuva, observa-se a vegetação se recompondo em meio afloramento de rochas. (d) foto tirada no período de estiagem, observa-se manchas dispersas de solos desnudos, devido ao plantio de lavoura de subsistência. Foto: COSTA FALCÃO (2006/2007).

O primeiro caso como cita Falcão Sobrinho e Costa Falcão (2005), é o que ocorre na serra das Matas, conhecida por erosão laminar, como o próprio nome sugere, de forma “laminar”, ou seja, contínua, em toda área do terreno; dessa forma, passa a ser ignorada pelos pequenos agricultores, que só dão conta de que algo ocorre quando começam a perceber que sua produção está diminuindo; um segundo caso, ocorre a configuração de voçorocas, que podem ser formadas da transição da erosão laminar, para erosão em ravinas, ou a partir de um ponto elevado de concentração d’água sem a devida dissipação de energia.

A maior parte dos sedimentos transportados por um corpo hídrico é advinda da erosão da bacia hidrográfica. Com a erosão grande parte dos nutrientes de solos férteis para agricultura, é removida (RIGHETTO, 1998). Atualmente, a taxa de erosão do solo excede a taxa de formação do solo sobre uma extensa área, resultando no esgotamento dos recursos do solo e diminuição do potencial produtivo. Segundo Toy *et al.*, (2001) esta disparidade entre taxas de erosão e formação do solo, frequentemente, são resultados das atividades humanas.

A principal maneira de classificar a erosão é de acordo com o agente erosivo, água, vento, além da erosão natural também chamada geológica. Entretanto, a erosão hídrica é a mais importante. O processo de erosão hídrica compreende três fatores físicos distintos: desagregação, transporte e deposição. O processo de redução e individualização das partículas agregadas do solo causadas pelo impacto das gotas de chuva compreende a desagregação; as partículas desagregadas salpicam com as gotículas de água e retornam a superfície, selando-a e reduzindo a infiltração; inicia-se a segunda fase do processo transporte; quando a energia do fluxo superficial, que depende do volume e velocidade da água, não é suficiente para transportar o material sólido, este se deposita, caracterizando a terceira fase do processo – deposição.

Segundo Toy *et al.* (2001), as condições ambientais determinam o tipo e a taxa de erosão sobre uma determinada área. Essas condições consistem,

primordialmente, de quatro fatores, sendo eles o clima, a topografia, o solo e a cobertura e uso da terra. Bertoni e Lombardi Neto (1999) destacam, como sendo fatores influentes do processo de erosão, a chuva, a infiltração, a topografia, a cobertura vegetal e a natureza do solo.

Nesse entendimento de condicionamento que cada elemento da natureza participa no processo erosivo, seguem algumas reflexões referentes: a) Declividade e processos erosivos; b) Vegetação e o uso da terra; c) Erosão e produtividade do solo; d) Práticas conservacionistas e o processo erosivo; e) Plantio direto convencional e conservação do solo.

3.1.1 Declividade e processos erosivos

O grau de declividade e o comprimento das vertentes exercem acentuada influência nos processos erosivos e são considerados fatores fundamentais na origem da evolução hídrica.

Para Guerra (1996), os desequilíbrios que se registram na paisagem das encostas estão relacionados diretamente com as chuvas. A concentração das chuvas, associadas aos fortes declives, aos espessos mantos de intemperismo e ao desmatamento, pode criar áreas potenciais de erosão e de movimentos de massa, fornecedoras de sedimentos para os leitos fluviais. Ainda, o volume da precipitação anual e o número de dias chuvosos espelham a influência do relevo, uma vez que os valores de precipitação aumentam em direção às áreas mais montanhosas das bacias hidrográficas.

Do grau de declive dependem diretamente o volume e a velocidade das enxurradas. Seixas (1985), tratando de vertentes, relatam que as perdas de solo por erosão e enxurradas são conseqüências inevitáveis das queimadas, já que estas deixam os solos expostos, o que se verifica na sub-bacia do riacho Mulungu e pode ser visualizado na figura 3.

Figura 3. Áreas preparada para o plantio na serra das Matas, após destoca e queimada.

Foto: COSTA FALCÃO (2006)

West (1965) citado por Seixas (1985), assinala que, em regiões montanhosas e sujeitas chuvas intensas após as queimas, os resultados podem ser catastróficos. Em regiões áridas e semi-áridas, o efeito da queima enseja grandes prejuízos, em virtude de serem áreas com graves problemas de água, e as queimadas ocasionam perdas de solos por deflúvios.

Diante deste contexto, podemos citar Ayres (1936), onde procura explicar as relações entre a velocidade da água e o seu poder erosivo, acentua propriamente esta questão ao apresentar alguns princípios de hidráulica: a) a velocidade da água varia com a raiz quadrada da distância vertical que ela percorre, e a sua energia cinética, de acordo com o quadrado da velocidade; a energia cinética é a capacidade erosiva. Assim se o declive do terreno aumenta quatro vezes, a velocidade de escoamento da água aumenta duas vezes e a capacidade erosiva quadruplica; b) a quantidade de material que pode ser arrastado varia com a quinta potência da velocidade de escoamento; c) o tamanho das partículas arrastadas varia com a sexta potência da velocidade de escoamento. Assim se duplicarmos a velocidade de escoamento, a quantidade de material que pode ser transportado aumenta 32 vezes, e o tamanho das partículas que podem ser transportadas aumenta 64 vezes.

Segundo a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM, 2003), tratando da bacia do Acaraú, os pontos mais altos da serra da Meruoca atingem até 1000 metros e na serra das Matas, 1.100m, ambas de altitude de relevo montanhoso com escarpas abruptas, geralmente nuas em blocos de rocha soltas e empilhadas de forma caótica.

Os declives das encostas da serra das Matas e da serra da Meruoca, ambas localizadas na bacia do Acaraú, chegam a atingir uma variação entre 25% a 45% nas partes mais elevadas. O tamanho e a quantidade do material em suspensão arrastado pela água dependem da velocidade com que ela escorre, e essa velocidade é uma resultante do comprimento do lançante e do grau do declive do terreno. A esse respeito, Guerra (1996) afirma que, apesar dos processos erosivos nas encostas serem um problema em escala mundial, a

erosão dos solos ocorre de maneira mais séria nos países em desenvolvimento, com regime de chuvas tropicais, sendo considerada por Blaikie (1985) uma causa e consequência do subdesenvolvimento.

Nas referidas serras, o problema de desmatamento nas vertentes torna-se um agravante ao processo erosivo, por se tratar de um ambiente com elevado índice de declividade, fato este associado ao suporte geológico, com uma estrutura do cristalino dificulta a infiltração da água, o que aumenta o escoamento superficial e, conseqüentemente, intensifica o processo de erosão do solo.

A grande maioria das terras das serras da Meruoca e das Matas, em função de sua acentuada declividade, é enquadrada em classes não recomendadas para a agricultura. O seu aproveitamento agrícola somente poderia ser feito mediante técnicas agrícolas especiais de cultivo, como curvas de nível, terraceamento e agrossilvicultura. Dadas as boas condições de solos e de clima, o uso do espaço geográfico destas serras com algumas exceções, seria destinado especificamente ao reflorestamento, à fruticultura, à cafeicultura e a outras culturas arbóreas e arbustivas de importância econômica e ecológica. (CAMPOS, 1981).

3.1.2 Erosão e precipitação

Conforme Silva *et al.* (1986), os solos na região semi-árida do Nordeste brasileiro estão sujeitos a processos erosivos intensos, em razão da alta intensidade das chuvas em determinados períodos do ano, ausência de cobertura vegetal no momento em que incidem as primeiras chuvas, pouca profundidade dos solos e baixos teores de matéria orgânica.

Em área de maciço residual elevado, determina alterações de condições climáticas, posto que se opõem ao deslocamento das correntes aéreas, exibindo uma fase úmida (barlavento) e outra (sotavento). Favorecendo

uma maior precipitação e uma reciclagem de umidade pela constante formação de nevoeiro e orvalho - as chamadas "precipitações ocultas". Forma um microclima de temperaturas que variam entre 24°C a 27°C, resultando em uma vegetação de floresta subperenifolia tropical pluvio-nebular (matas úmidas, serranas), diferenciando das áreas adjacentes, ou seja, da superfície sertaneja que ultrapassa os 30°C (IPLANCE, 1997).

A estação chuvosa se estende de janeiro a junho, podendo-se identificar dois setores bem individualizados: parte norte da serra, onde a pluviosidade é maior por se encontrar a barlavento, atingindo 1700 mm anuais e parte sul da serra com pluviosidade menos abundante, de 1.230 mm por estar a sotavento. As áreas planas da serra, não oferecem limitações ao uso. À medida que se alcançam as encostas das cristas onde apresentam declividade acentuada, os processos de erosão acelerada têm-se manifestados (BRASIL, 1973).

As práticas agrícolas desenvolvidas no semi-árido cearense são voltadas, principalmente, para as culturas de subsistência, relacionadas ao plantio do milho, feijão e mandioca. A limpeza da área é feita nos meses de dezembro e janeiro, utilizando-se das práticas do desmatamento e das queimadas, ficando o solo totalmente exposto aos processos erosivos, justamente no início das chuvas, esta situação pode ser visualizada na figura 4, na serra das Matas em Monsenhor Tabosa (CE), uma das áreas do respectivo estudo, dois momentos, um período de chuva e outro período de escassez.

Esta relação direta de desmatamento para a agricultura e condições de regime pluviométrico é abordada por vários autores. Leal Filho (1992) comenta que, no Nordeste brasileiro, onde a agricultura parece ser vista como mera prática da subsistência, e não como importante atividade econômica, a ação antrópica leva a tal nível de mudança que até as condições climáticas a nível "meso" têm sido modificadas. Relata ainda que a destruição das florestas mudou as condições climáticas locais que evoluíram para um tipo de desertificação somente visto no Continente Africano.

Figura 4. Estas duas fotos representam à mesma área - serra das Matas (CE), área do respectivo estudo. Podemos observar diversas áreas desmatadas sendo preparadas para o plantio. a) foto retirada no período de escassez. Área sendo preparada para o cultivo, podemos observar diversas manchas dispersas de solos desnudos; b) foto tirada no período de chuva, percebe-se a vegetação tentando se recompor.
 Fonte: COSTA FALCÃO (2006/2007).

Estimativas da W.W.F. - Word Wildlife Fondation - conforme citado por Conti (1997) - admitem que quase metade das florestas tropicais do mundo já foi eliminada e apontam o Brasil como um dos campeões do desmatamento. Como consequência, o volume de micropartículas de pólenes em suspensão na atmosfera é drasticamente reduzido e o processo de formação da chuva torna-se mais difícil. Isso porque as gotículas de água condensada necessitam dessas partículas (núcleos biogênicos) para iniciar a coalescência e a formação de nuvens; como também, a capacidade refletora da superfície, ou seja, o albedo aumenta cerca de três vezes no solo nu, ocasionando perda de energia incidente e reduzindo a temperatura da superfície. Como resultados, são enfraquecidas as correntes convectivas ascendentes, desestimulando a formação da chuva. Essa redução das precipitações já foi demonstrada em várias partes do mundo. Pesquisadores da Universidade de Andhra, na Índia (MALINI e BRASKAR 1992), estudando uma área piloto de 11.160 km², constataram que, paralelamente à diminuição das florestas, de 2.450 para 1.470 km², as chuvas caíram pela metade, em 30 anos (1961-1990), em consequência do desmatamento.

Falcão Sobrinho e Costa Falcão (2005), analisando o processo erosivo em área sem cobertura vegetal de um Argissolo, em ambiente de maciço residual úmido, estabeleceram a relação de precipitação com o fator erosão, quantificando o índice de solo erodido. Resultou que, em 556 mm, foi erodido um total de 45.556 g de solo em uma área de 10m².

Essa situação relacionada à erosão e precipitação foi constatada por Silva *et al.* (1985), em uma pesquisa desenvolvida em Ubajara (CE). Foram determinados, após aplicação de chuvas simuladas, perdas de solo, matéria orgânica, água e os nutrientes em um Latossolo. No preparo do solo, foram utilizadas para plantio uma aração e duas gradagens a favor do declive, estando desprovido de vegetação e sem nenhuma prática conservacionista. Após a aplicação de três chuvas simuladas, totalizando 124,2 mm, foram determinadas perdas de 36,7 t.ha⁻¹ de solo, correspondendo a uma lâmina de apenas 3 mm removida pela erosão, portanto de percepção difícil, entretanto, essas perdas representam cerca de três vezes a tolerância de perdas para o solo em estudo. O

autor comprova este resultado quando comentam que, como o preparo das terras para o plantio, começa o processo de remoção de nutrientes pela erosão e, nesta fase, o solo sem cobertura e exposto a forte erosividade das chuvas no primeiro trimestre do ano encontra-se muito vulnerável às perdas.

3.1.3 Vegetação e o uso da terra

Devido a enorme imprevisibilidade das condições pluviométricas do sertão, os agricultores sertanejos assumem grandes riscos em atingir uma boa safra. Adota uma série de estratégias culturais compatíveis com suas reduzidas disponibilidade econômico de mão-de-obra e tecnológicas, com o propósito de minimizar os riscos de frustração de safra que fazem parte do cotidiano do sertanejo.

Os sistemas agrícolas do sertão passaram a se adequar um curto período de precipitações ao longo do ano (três meses) e a regeneração da vegetação nativa estabelecia as condições para a implantação do sistema pecuário através da brotação de um estrato herbáceo, mais rico em espécies forrageiras.

Na história da evolução destes sistemas, diversas culturas foram introduzidas e algumas abandonadas por questões econômicas e estruturais, caso do agave (sisal) e algodão, as mais rentáveis. Como também, ao longo dos anos determinadas culturas foram incorporadas para aumentar o potencial pecuário e até se mantém, tais como a palma, algaroba, leucena, etc. Com a repartição das terras, principalmente pela divisão de heranças, a pressão sobre o meio cresce e, como consequência, diminui-se o tempo de pousio. Este processo se intensifica com a transformação dos sistemas de agricultura de toco, em que o roçado é implantado em meio aos tocos que se regeneram no pousio, em sistema de campo, onde o estrato arbóreo arbustivo é praticamente eliminado com a destoca, e o roçado é implementado “no limpo”, esta situação foi visualizada na figura 3.

Os sistemas de agricultura familiar dominantes atualmente no sertão são herdeiros do sistema tradicional de broca e queima. Sua estabilidade e lógica se mantiveram durante anos, com produtividade satisfatória. Contudo, sabemos que os nutrientes minerais dependem quase que exclusivamente das condições locais do solo, como também, podem ser disponibilizados pelo homem com uso da adubação, calagem, incorporação de resíduos vegetais.

As plantas necessitam de seis fatores básicos para o seu desenvolvimento: luz, O^2 , temperatura, água e nutrientes minerais. Os quatros primeiros dependem mais de características globais que locais e, em condições de produção agrícola extensiva, são mais independentes da influência humana. Os dois últimos são fornecidos a partir do solo e é principalmente através deles que a ação antrópica se faz presente com mais intensidade. Por isso, de todos os fatores naturais envolvidos na produção agrícola, o solo é o que mais rapidamente pode ser alterado pelo manejo.

A vegetação e seus resíduos protegem os agregados da superfície contra a desagregação pelo impacto da chuva e variações bruscas de umidade. Ao mesmo tempo, o contínuo fornecimento de material orgânico, quer por secreções radiculares, quer pela renovação do sistema radicular e da parte aérea ou dos resíduos de colheita, serve de fonte de energia para a atividade microbiana, cujos subprodutos, constituídos de moléculas orgânicas em diversas fases de decomposição, atuam como agentes de formação e estabilização dos agregados. Ao lado desses benefícios, manifesta-se também o efeito mecânico e físico das raízes sobre a formação dos agregados. As pressões de crescimento, formação de zonas de depleção de água e acumulação e precipitação de sais, decorrentes de fluxos ocasionados pela atividade da planta, são fenômenos importantes na formação e estabilização de agregados em zonas adjacentes às raízes (BRADFIELD, 1973).

A inter-relação da vegetação com o processo hidrológico, começa a operar a partir do instante em que a precipitação atinge as copas das árvores na

superfície. É seu importante papel desempenhado na redistribuição da chuva dos vários processos e compartimentos até atingir o escoamento. É por meio do processo da interceptação, que parte da chuva é retirada temporariamente das copas das árvores, para, em seguida, ser redistribuída em “precipitação interna”, em que o respigamento das gotas das copas para o solo e o escoamento pelo tronco, onde outra parte da chuva chega ao solo, escoando pelos ramos e troncos das árvores.

As florestas, mesmo quando situadas em solos de baixa produtividade e de alta erodibilidade, além de seus aspectos paisagísticos, recreacionais e estéticos, exercem insubstituíveis funções no que concerne à preservação de importantes comunidades de animais e plantas, servindo-lhes de habitat para sua perpetuação. Além disso, contribuem marcadamente para a manutenção da qualidade do meio ambiente, não apenas por meio de sua benéfica influência sobre os fatores climáticos, mas, principalmente, mediante controle quase total da erosão (WISCHMEIER e SMITH, 1978; BERTONI e LOMBARDI NETO, 1985; MILLER Jr. *et. al.* 1985). Todos esses atributos, entretanto, favoráveis à manutenção da produtividade natural do solo e preservação da qualidade do meio ambiente, podem ser rapidamente eliminados quando uma cobertura florestal densa é substituída por culturas que pouco protege os solos de fertilidade não compatível com as exigências nutricionais das plantas cultivadas e, ao mesmo tempo, demasiadamente suscetíveis à erosão (SILVA, 1993).

Falcão Sobrinho e Costa Falcão (2005) ressaltam a que a vegetação, ao longo dos rios, lagos e reservatórios fundamentam-se no espectro de benefícios que este tipo de cobertura traz à dinâmica da natureza, exercendo uma função protetora sobre o solo, evitando o processo erosivo e o assoreamento dos ambientes hídricos.

3.1.4. Erosão e produtividade do solo

A erosão reduz a produtividade, principalmente pela redução da capacidade de retenção de água disponível para as plantas (NATIONAL SOIL

EROSION – SOIL PRODUCTIVITY RESEARCH PLANNING COMMITTEE, 1981). Essa redução é causada pela alteração das características do solo ou diminuição da profundidade de enraizamento. A erosão aumenta as perdas de nutrientes, que são carregados junto com as partículas erodidas. A matéria orgânica é a fração perdida em maior quantidade e o principal fator na degradação da estrutura do solo. Essa degradação aumenta a erodibilidade, a suscetibilidade ao selamento superficial do solo, reduzindo a capacidade de infiltração e armazenamento de água e prejudicando a emergência das plantas (DEDECEK, 1987).

Isto reforça o conceito de que o processo erosivo se auto-alimenta, isto é, erosão, menor produtividade e menor cobertura do solo, levando a maior erosão (MASSEE e WAGGONER, 1985).

Conforme Gassen e Gassen (1996), a erosão e a conservação do solo são desafios que acompanham o homem desde o início da agricultura. Com a evolução da mecanização e do cultivo em áreas extensivas, a magnitude da destruição da natureza e da contaminação da água evoluiu proporcionalmente. A erosão afeta a vida de diversas formas. As perdas de solo pela erosão afetam todo um povo, porém, principalmente o lavrador. O Brasil perde, por erosão laminar, cerca de quinhentos milhões de toneladas de terra anualmente; esse prejuízo lento e continuado, que a erosão do solo ocasiona à nossa economia, é pateteado já de maneira nítida na fisionomia depauperada de algumas de nossas regiões.

Os processos de erosão, uma vez desencadeados, produzem aceleração do fenômeno, uma espécie de autodestruição da natureza, em que a atmosfera, a água e a terra reagem uma com as outras conduzindo a uma esterilização total das regiões onde o homem provocou imprudentemente uma ruptura do equilíbrio natural (DORST, 1973). O processo de erosão de acordo com Saturnino e Landers (1997), representa o fator mais negativo para a sustentabilidade econômica e física da atividade agrícola e, também, o de maior agressividade ao meio ambiente. Seu controle é imprescindível.

O importante fator essencial para a sustentabilidade da produção agrícola, segundo o Instituto de Potássio e Fosfato (1998), são as altas produções. O crescimento inicial vigoroso das plantas forma com maior rapidez a cobertura do terreno (dossel) para proteger o solo da erosão hídrica e eólica. As plantas desenvolvem um sistema radicular mais robusto para manter o solo no lugar e permitir a absorção de água da chuva com maior rapidez, usa os macronutrientes, os micronutrientes e a água do solo com maior eficiência e produz maiores quantidades de resíduos de culturas com maior proteção contra os danos da erosão hídrica ou eólica. Quando decompostos, estes resíduos também reciclam nutrientes e matéria orgânica de volta para o espaço.

Os métodos diretos e indiretos de avaliação dos efeitos da erosão sobre a produtividade apresentam algumas limitações, porém é reconhecido o fato de que o melhor indicador da produtividade do solo é o rendimento da cultura nele utilizada (PIERCE, 1991).

Produtividade do solo é a capacidade de produzir em seu ambiente natural determinada planta ou seqüência de plantas sob determinado sistema de manejo. A manutenção dessa produtividade depende das práticas de manejo tanto das características do solo, profundidade de enraizamento, espessura da camada arável, disponibilidade de água para as plantas, capacidade de armazenar nutrientes, velocidade de infiltração, capacidade de retenção de água, facilidade de mecanização e teor de matéria orgânica (McCORMACK *et al.*, 1982).

Lacerda (2000), analisando as características químicas e físicas do solo Luvisolo crômico, nas classes de erosão conservada e degradada, evidenciou um aumento significativo do teor de argila na área degradada em função da exposição do B textural. Esse aumento proporcionou uma elevação (16,7%) no teor de água disponível porém sem diferença significativa em relação ao solo conservado.

De acordo com Silva (2000), o baixo rendimento das principais culturas regionais nos solos do Nordeste, dos quais cerca de 75% ocupam a superfície do semi-árido, assume uma posição de calamidade social e econômica, em termos de rentabilidade do trabalho e dos baixos níveis de uso de insumos e de tecnologia vigentes.

O aumento dos custos de produção para recuperar a produtividade do solo pode ser superior aos gastos com medidas de controle dos efeitos da erosão, e nem sempre a recuperação é possível. Segundo Langdale e Schrader (1982), a perda de poucos centímetros da camada arável é muito prejudicial, em razão de pouca profundidade associada aos níveis fitotóxicos de Al trocável e do subsolo ácido. De acordo com os mesmos autores, aparentemente o P é o nutriente mais deficiente dos solos erodidos.

A produtividade média do milho nos estados do Nordeste é baixíssima, em torno de 0,7t/ha (BRASIL, 1990). Esta produtividade, possivelmente, resulta, dentre outros fatores, da associação de baixo nível tecnológico e condições climáticas de semi-aridez, justificando-se, pois, ações de pesquisa que, reduzindo ou amenizando os efeitos do clima, principalmente a deficiência hídrica, tornem possível elevar o nível de produtividade da cultura (MELO FILHO e SILVA, 1993).

Em estudos realizados na bacia do Acaraú, precisamente na serra da Meruoca, Costa Falcão e Silva (2002), observando as diferenças físicas e químicas de um Argissolo Vermelho Amarelo eutrófico, foram evidenciados na classe de erosão da área conservada teores mais elevados de N, K, Ca, matéria orgânica e particularmente P.

Constataram, ainda, haver redução de 10,95 e 9,7% respectivamente para as biomassas úmida e seca do feijão de porco (*canavalia ensiformis*) desenvolvido na classe de erosão da área degradada em relação à conservada. A erosão, o manejo e a adubação nitrogenada influenciaram a produtividade do solo. O efeito da conservação do solo foi caracterizado por um aumento de 58,4% na produção de biomassa do milho da área conservada em relação à

degradada. O plantio direto-PD, nas médias das parcelas com e sem adubação, apresentou acréscimo de 8% na produção de biomassa em relação ao plantio convencional-PC na classe de erosão da área conservada. Nas parcelas adubadas, a classe de erosão da área conservada apresentou maior rendimento em biomassa, tanto em PC quanto em PD. Em PC, a produção na classe de erosão da área conservada foi 20,4 vezes maior do que na classe de erosão da área degradada, enquanto que em PD, na classe de erosão da área conservada, a produção foi 2,7 vezes maior do que na classe de erosão da área degradada.

Costa Falcão e Silva (2002) constataram que o PD associado à adubação nitrogenada, tanto na classe de erosão da área conservada quanto na degradada, foi benéfico à fertilidade do solo, promovendo aumentos para os teores de matéria orgânica, N, P, K, verificando-se decréscimos apenas na Ca e Mg. O PC associado à adubação nitrogenada mostrou-se ser um sistema “antagônico à sustentabilidade”, comprovado pelo decréscimo de matéria orgânica, N, Ca, tanto na classe de erosão da área conservada quanto na degradada, ocorrendo aumento somente para o P e K.

Segundo os autores, a importância da conservação do solo está claramente evidenciada ao se observar o PD, sem adubo, na classe de erosão da área conservada como superior ao PC adubado na classe de erosão da área degradada, com um acréscimo de 708,7%. Portanto, recomenda-se a urgente necessidade de adoção de práticas de controle da erosão na serra da Meruoca, visto que o PD foi mais eficiente do que o PC na conservação da água e em sua utilização, proporcionando maior produção e rendimento do milho.

3.1.5 Práticas conservacionistas e o processo erosivo

Em razão do desgaste e do empobrecimento do solo, para melhor conservá-lo e restaurá-lo, recomenda-se o uso das práticas conservacionistas, visando especificamente ao controle da erosão, diminuindo o processo erosivo, que se inicia com o impacto das gotas de chuvas sobre o solo, seguido do

rebaixamento da camada superficial pelas águas de enxurradas. Estas práticas de restauração tornam-se indispensáveis, pois levam às terras melhores condições de produtividade. Dentre as principais, recomendam-se uniformização do terreno sulcado pela erosão, rotação das culturas, adubação verde e calagem, caso necessário.

Os métodos e práticas para a agricultura sustentável devem espelhar-se no funcionamento dos ecossistemas naturais. Neste contexto, a floresta primária pode ser considerada ecossistema protetor, maduro e equilibrado, enquanto a vegetação secundária constitui-se em um ecossistema produtivo, sendo relativamente alterável e instável (DENICH, 1986). Assim, os sistemas de produção agrícola devem ser enfocados, preferivelmente, como vegetação secundária. Isto se torna particularmente interessante quando trata de ecossistemas tropicais, onde as perturbações e ajustes desenvolvidos pela mata secundária a indicam como importante estágio para manejo da vegetação nos trópicos (DEL AMO, RAMOS, 1993). Desta forma, nas regiões tropicais, a vegetação secundária é bastante utilizada nas atividades de produção de alimentos e na pecuária. As práticas adotadas, todavia, associadas às variabilidades climáticas, típicas das áreas semi-áridas, resultam em sinais evidentes de degradação ambiental (ARAÚJO FILHO e BARBOSA, 2000).

Os ambientes de maciços úmidos por apresentarem um clima ameno de altitude, com elevados índices orográficos de precipitação pluviométrica, com solos de média a alta fertilidade natural, formam um ambiente favorável à exploração agrícola. As práticas agrícolas exercidas nessas áreas são realizadas com técnicas inadequadas, prejudicando os recursos pedológicos deste ambientes.

A prática utilizada segue da agricultura tradicional. Inclui o desmatamento total, a queimada da madeira e cultivos sucessivos com pousio apenas no período de estiagem. Segundo o IBGE (1995), no Nordeste é cultivada, anualmente, para a produção de grãos, uma área de cerca de 7,3 milhões de

hectares, com uma produtividade de 55 kg/ha, aproximadamente. Se cada área desmatada é cultivada por cerca de dois anos, pode-se estimar que o desmatamento e a queima atingem, anualmente, no Nordeste, em torno de 3,7 milhões de hectares. A agricultura itinerante causa aos ecossistemas do semi-árido perdas na biodiversidade da fauna e da flora, erosão, sedimentação dos reservatórios e rios com o conseqüente declínio da atividade econômica e da qualidade de vida da população, podendo ser indicada como um dos mais importantes responsáveis pelo êxodo rural (ARAÚJO FILHO e CARVALHO, 1996).

O resultado é que o ritmo de perda de vegetação primária alcança 2,7 % ao ano, cerca de 80% da cobertura vegetal é secundária, com 40% mantida em estágio pioneiro de sucessão secundária, e a desertificação já atinge em torno de 15% do território nordestino (ARAÚJO FILHO e BARBOSA, 2000).

A regeneração da vegetação nativa e o aumento do trabalho da limpa tornam a área inviável para produção agrícola nos anos seguintes. Isto obriga o agricultor a um novo ciclo de broca e queima. A diminuição da regeneração após dois ou três ciclos diminui a queima e viabiliza o controle das ervas daninhas, obrigando a abertura de mais uma área de broca e deixando a antiga em processo de regeneração, fundamental também para a formação da pastagem. As novas áreas também cumprem importante papel na formação de novas pastagens, que irão substituir a anterior à medida que o estrato regenerativo se torna mais lenhoso e arbóreo (MATTOS, 2000).

No ambiente de serra, ao longo da bacia do Acaraú, segundo Falcão Sobrinho e Costa Falcão (2001), em virtude da falta de informação, o agricultor utiliza a prática da queimada como medida mais rápida para eliminação de espécies vegetais e como forma de limpeza da área. Referida ação repercute em problemas relacionados à alteração da escassa biomassa, da fauna e na erosão, modificando assim o ciclo natural. Constatou-se que as práticas agrícolas empregadas acarretam uma série de modificações em seus aspectos naturais os autores relatam que a população não usufrui de qualquer tipo de mecanização moderna relacionada à produção de alimentos, bem como não

deixa a terra em pousio, fatores estes que contribuem para o processo erosivo e para a perda da produtividade agrícola. Esta situação pode ser visualizada na figura 5, onde podemos constatar as imagens a e b; mesmo no período de chuva, não se regeneram.

Morgan (1986) demonstrou que as práticas agrícolas, além de reduzir a cobertura vegetal permanente dos solos, podem tornar certos solos mais sensíveis à erosão, pois a diminuição do teor de matéria orgânica reduz a resistência dos agregados ao impacto das gotas de chuva. Dessa forma, esses agregados são quebrados com maior facilidade, formando crostas na superfície, o que dificulta a infiltração da água, aumentando o escoamento superficial e a perda de solo.

Figura 5. Vista da serra das Matas, observem estas fotos, representa a mesma área: sendo a e b) período de chuva, onde a vegetação se recompõe, permanecendo apenas as rochas; c e d) período de escassez (dezembro), observem o desmatamento em grande área de declive acentuado expondo manchas de solo.
Fonte: COSTA FALCÃO (2006/2007).

3.1.6. Plantio direto, convencional e conservação do solo

A expressão "Plantio Direto" é adotada para definir a prática de semeadura ou de cultivo de plantas sem preparo físico do solo, mantendo a palha da cultura anterior na superfície. Sua prática é baseada na manutenção de palha na superfície, no aumento da atividade biológica, no menor revolvimento possível do solo durante a semeadura e na compreensão e uso dos recursos naturais para aumentar a produção e reduzir os custos (GASSEN e GASSEN, 1996). Provavelmente inspirado em uma velha prática dos índios dos EEUU de plantarem milho em covas, sem o revolvimento do solo, com a combinação do uso de instrumentos modernos, como os herbicidas, o plantio direto tem experimentado um rápido processo de expansão na sua adoção (PHILLIPS, 1981). Sua adaptabilidade é uma de suas principais características, sendo utilizados em culturas altamente tecnificadas, em regiões e países desenvolvidos até em pequenas propriedades, com culturas de subsistência em países subdesenvolvidos, difundido em clima temperado, tropical, subtropical e até mesmo semi-árido (LAL, 1981).

O sistema de plantio direto foi iniciado na região dos Campos Gerais, em 1974, com o objetivo de controlar a erosão que estava destruindo os solos da região. Constatou-se grande eficiência do sistema e sua utilização expandiu-se rapidamente na área (MACHADO, 1996). Tem como característica, além da mobilização mínima do solo para preparação das ervas daninhas, a presença permanente de restos, que agem como cobertura morta do solo (CHAUDHARY e PRIHAR, 1974; ELTZ *et al.*, 1984; CARVALHO *et al.*, 1990; CARPENEDO).

Este acúmulo dos resíduos das culturas na superfície forma um "mulch", que contribui para aumentar a conservação de água no solo e a estabilidade dos agregados, diminuindo a temperatura do solo e as perdas de partículas de solo e água por erosão hídrica (VIEIRA *et al.*, 1978; SIDIRAS *et al.*, 1982). Os efeitos do "mulch" nos principais parâmetros da fertilidade dos solos

das regiões tropicais foram discutidos nos trabalhos de Ayanaba (1983) e Igue e Pavan (1984). Esta técnica tem sido utilizada com sucesso no Paraná (DERPSCH, 1984); os resíduos das culturas e os produtos químicos são deixados sobre a superfície do solo (SIDIRAS e PAVAN, 1985).

Infelizmente esses benefícios, não são aproveitados no Ceará, pois os restos, quando não utilizados como alimentação animal de baixa qualidade, são simplesmente deixados no campo, até o ano seguinte, quando são queimados durante o preparo da terra para novo plantio, aumentando os riscos de erosão, em face da ausência de qualquer cobertura protetora do solo (LOMBARDI NETO *et al.*, 1988).

Nas regiões Sul e Sudeste, já são um sistema de manejo e conservação do solo e água bem desenvolvido e utilizado nas áreas de agricultura mais avançadas. No Nordeste, porém, é praticamente desconhecido. Até 1991, apenas cinco trabalhos que investigam práticas de manejo, relacionadas com sistema de preparo reduzido do solo, foram publicados (MELO NETO *et al.*, 1981; OLIVEIRA e SILVA, 1982; COELHO e SILVA, 1983; NUNES FILHO *et al.*, 1987; ZAFFARONI *et al.*, 1991). Particularmente no Ceará, com exceção das pesquisas de Oliveira e Silva (1982) e Coelho e Silva (1983), os quais verificaram menores perdas por erosão e melhor aproveitamento da água em sistemas e preparo reduzido do solo, nenhum outro trabalho foi realizado no sentido de comparar o plantio direto com o sistema de manejo tradicional, no que concerne produtividade do solo e as perdas de solo e água (MELO FILHO e SILVA, 1993).

Um manejo inadequado do solo, ocasionando erosão acelerada, provoca perdas de produtividade (SILVA *et al.*, 1985, DEDECEK, 1987). É fundamental, portanto, que se apliquem sistemas de exploração agrícola, visando não somente ao controle das perdas de terra como também ao maior aproveitamento da água, evitando-se taxas excessivas de escoamento superficial e evaporação. Para atender esses múltiplos objetivos, de acordo com Muzilli (1985), o plantio direto foi difundido em nosso meio mais como medida de

controle de erosão do que como sistema de cultivo propriamente dito, apresentando-se como possível alternativa merecedora de estudos no Nordeste brasileiro (MELO FILHO e SILVA, 1993).

No sistema de preparo convencional do solo, ocorre o revolvimento do solo, homogeneizando-se a distribuição de nutrientes, enquanto no sistema de manejo sob plantio direto, onde o solo não é revolvido, os fertilizantes são incorporados apenas na linha de semeadura e, mais recentemente, os corretivos são aplicados na superfície. Portanto, ocorre acúmulo na camada superficial dos corretivos aplicados e fertilizantes, bem como dos nutrientes provenientes da decomposição dos resíduos vegetais deixados sobre o solo (MUZILLI, 1985). Além disso, as perdas de solo e de nutrientes tendem a ser menores sob plantio direto (WÜNSCHE e DENARDIN, 1978).

As perdas de solo e de água nas lavouras sob plantio convencional são alarmantes. Resultados de pesquisas mostram que as perdas nas lavouras sob plantio convencional e escarificadas são de 8 a 10 vezes superiores às observadas sob plantio direto. Se o valor da perda de solo fosse incorporado no custo de produção de grãos, o plantio direto teria sido adotado há muito mais tempo e de forma generalizada (GASSEN e GASSEN, 1996).

Por deixar de gradear, arar, escarificar e cultivar, ou, em outras palavras, de revolver a terra, como é feito no preparo convencional antes do plantio, a nova técnica de plantio direto revolucionou conceitos milenares, principalmente pelo avanço da pesquisa de herbicidas, dispensando, com isso, o preparo dos solos (SATURNINO e LANDERS, 1997). A aração, a escarificação e a gradagem são práticas de preparo usadas, teoricamente, para descompactar e preparar a terra para a semeadura, facilitar o desenvolvimento da cultura, incorporar palha e para controlar plantas consideradas daninhas. Na prática, o resultado dessas ações é o inverso do desejado, ou seja, o preparo da terra para construir a base de rodovias asfaltadas, onde a aração, a escarificação e a gradagem são adotadas para desestruturar, para compactar e para impermeabilizar o solo. Essas práticas nas lavouras, comprovadamente, causam

a desestruturação, a compactação e dificultam a infiltração da água de chuvas e a penetração e o crescimento das raízes (GASSEN e GASSEN, 1996).

O sistema de plantio direto é a forma de manejo conservacionistas que envolve todas as técnicas recomendadas para aumentar a produtividade, conservando ou melhorando continuamente o ambiente. Fundamenta-se na ausência de revolvimento do solo, em sua cobertura permanente e na rotação de culturas. Pressupõe, também, uma mudança na forma de pensar a atividade agropecuária com base em um contexto sócio - econômico com preocupações ambientais (SALTON, 1998).

O paradigma preconizado pelo desenvolvimento sustentado da agricultura prega o aumento na eficiência de produção, preservando os recursos naturais e melhorando a qualidade do ambiente. Os princípios da sustentabilidade, incluindo a produtividade, a estabilidade e o balanço energético da produção, estão sendo amplamente difundidos e aceitos como a orientação mais adequada para a sobrevivência do homem e para a manutenção do equilíbrio ecológico. O sistema de plantio direto é a prática de manejo de solo que melhor se identifica com a recuperação e melhora da qualidade da fauna de solo, de agroecossistemas em regiões de clima subtropical e tropical (GASSEN e GASSEN 1996).

Os resíduos vegetais deixados na superfície e o não revolvimento no sistema de plantio direto provocam alterações nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, que, por sua vez, se refletem na fertilidade e na eficiência do uso de nutrientes pelas culturas (KOCH-HANN e SELLES, 1991). Essas alterações modificam o movimento e a redistribuição de compostos mais solúveis, entre os quais se destaca o nitrogênio. Por outro lado, o fósforo e o potássio tendem a acumular-se na camada superficial.

Segundo Silva (2000), uma das mais consistentes razões da necessidade urgente de substituir-se manejo predatório dos solos do semi-árido pelo plantio direto na palha relaciona-se, com o controle eficiente, duradouro e

econômico da erosão, associado à conservação da água e seu uso mais eficiente pelas plantas. Pesquisa desenvolvida por Silva (2000) mostra que o sistema de plantio direto reduziu as perdas de solo em 90% e as perdas de água em 21% em relação ao preparo convencional de um Argissolo Vermelho-Amarelo de Fortaleza.

No pensamento de Silva (2000), o plantio direto é um sistema nacional e internacionalmente reconhecido por sua eficiência no controle da erosão, pela economia da energia e combustível, tanto no preparo do solo quando no plantio e desenvolvimento das culturas, pelo crescimento dos níveis de matéria orgânica do solo, pelo aumento do rendimento das culturas mediante a conservação da água por menores taxas de enxurradas e evaporação pela proteção dos recursos hídricos contra o assoreamento. Esse sistema sustentável, crescendo a produtividade do solo e o rendimento das culturas por unidade de área cultivada, substitui com vantagens os sistemas predatórios baseados no aumento da produção agrícola via aumento da área cultivada em solos marginais, poupando-os para o abrigo da flora e da fauna em extinção acelerada no semi-árido.

Para alcançar a sustentabilidade, o agroecossistema deve fundamentar-se no uso limitado de energia e recursos externos, buscando restabelecer as cadeias alimentares, mantendo, tanto quanto possível, fechados os ciclos biogeoquímicos. O passo seguinte será a restauração da estabilidade da comunidade vegetal, restabelecendo-se a reciclagem de nutrientes, garantindo o fluxo eficiente de energia, otimizando a taxa de fruição e maximizando o uso da terra.

Santos *et al.* (1995), comparando os sistemas de manejo de solo plantio direto *versus* sob preparo convencional no efeito na fertilidade do solo e no rendimento de grãos de culturas em rotação com cevada, demonstraram não terem sido observadas diferenças no pH em água, no Al trocável, no Ca + Mg trocáveis e no K trocável da camada de 0-20 cm. Os teores de matéria orgânica e de P extraível do solo, na camada de 0-5 cm, em plantio direto, foram superiores àqueles observados nos tratamentos sob preparo convencional de solo. O

rendimento de grãos de aveia branca, em 1991, foi menor no sistema de manejo sob preparo convencional (PC) do que sob plantio direto (PD) (3.568 versus 3.873 kg ha⁻¹). Estas diferenças também foram verificadas por Moschler *et al.*, (1973) e Blevins *et al.* (1978) nos EUA e no Brasil (MUZILLI, 1983).

Melo Filho e Silva (1993), trabalhando com erosão, teor de água no solo e produtividade do milho em plantio direto e preparo convencional, observaram que as parcelas com plantio direto, com e sem adubação nitrogenada, produziram, respectivamente, 2,1 e 1,8 vezes mais do que suas correspondentes no preparo convencional. As perdas de solo no preparo convencional foram 30,9t/ha e as perdas de água, 223 mm; o plantio direto reduziu as perdas para 3,0 t/ha e 184 mm respectivamente, sob uma erosividade de 2.172 MJ mm/ha h, calculada durante cem dias. Nas parcelas submetidas ao plantio direto o conteúdo de água no solo foi mais elevado durante o primeiro mês e mais baixo do que aquele encontrado no preparo convencional durante os meses seguintes.

Lombardi Neto *et al.* (1998), ao estudar o efeito da quantidade de resíduos culturais de milho nas perdas de solo e água, observaram que a presença de resíduos de milho sobre a superfície do solo reduziu acentuadamente as perdas de solo e de água, existindo maior controle sobre as perdas de solo.

Eltz *et al.* (1989) avaliaram-se os efeitos de cinco sistemas de preparo do solo sob algumas propriedades físicas e químicas de um Latossolo. Os resultados obtidos indicam que o preparo convencional continuado (PC-PC) não alterou significativamente as propriedades físicas e químicas analisadas. O uso continuado do plantio direto (PD-PD) aumentou a estabilidade de agregados na camada superficial (0-5cm), bem como a disponibilidade de nutrientes nos 2 cm superficiais do solo. Este sistema produziu cerca de 20% a mais de grãos, no período analisado, do que em o preparo convencional contínuo (PC-PC). Os demais tratamentos não mostraram diferenças significativas entre si nas

propriedades químicas e rendimento de grãos, porém houve diferença na velocidade de infiltração de água no solo e infiltração acumulada.

3.2 A cobertura vegetal como suporte ecológico

A importância da preservação ou restauração das florestas ao longo dos rios, ao redor de lagos, reservatórios e nascentes, fundamentam-se no amplo espectro de benefícios que esta vegetação traz ao ecossistema, exercendo função protetora sobre os recursos naturais bióticos e abióticos (DURIGAN e SILVEIRA, 1999). A gestão ambiental de uma bacia hidrográfica deve contemplar não só o gerenciamento da oferta e da demanda dos recursos hídricos, mas também, do solo, do ar, da fauna, da flora e da energia.

A expressão florestas, matas ciliares ou cobertura vegetal nativa incluem todos os tipos de vegetação arbórea vinculada nas cabeceiras de drenagem, ao longo dos cursos d'água e no entorno dos reservatórios, independentemente da fisionomia, da florística ou da região de ocorrência (RODRIGUES, 2000). Esse tipo de vegetação recebe várias denominações como: matas ciliares ou vegetação das zonas ripárias, mata de várzea ou ainda florestas de galeria, etc., no Brasil é mais conhecida por mata galeria ou ciliar. São consideradas como “áreas de preservação permanente” pelo Código Florestal Brasileiro (Lei nº 4771, de 15 de setembro de 1965) com diversas funções ambientais, devendo respeitar uma extensão específica de acordo com a largura dos rios, córregos, lagos, represas e nascentes (BRASIL, 2003).

Os cursos d'água exercem grande influências sobre as florestas, são dinâmicos em frequência e intensidade, no tempo, e dependem de características geológicas, geomorfológicas, climáticas, edáficas, hidrológicas e hidrográficas, locais e regionais (CHISTOFOLETTI, 1979). Devido à elevada frequência de alterações que ocorrem, a vegetação ocupa normalmente uma alta variação em termos de estrutura, composição e distribuição espacial (LIMA e ZAKIA, 2000).

Este tipo de vegetação constitui, em termos de composição florística, biodiversidade, estrutura e funcionalidade de interação com os processos geomorfológicos fluviais que propiciam o suporte ecológico para o seu desenvolvimento. Sua composição de espécies arbóreas e arbustivas apresenta enorme variação de área para área em função da integração complexa de vários fatores, principalmente sua interação com a geologia local, principalmente na escala da microbacia, sendo o resultado da própria evolução da bacia (DÉCAMPS, 1984).

3.2.1 A vegetação de mata ciliar

A vegetação de mata ciliar caracteriza-se como um habitat de extrema dinâmica, diversidade e complexidade. As particularidades geomorfológicas e pedológicas de uma região, o volume e o traçado do curso de água, são os mais importantes condicionantes da presença e o desenvolvimento dessa formação vegetal.

Este tipo de vegetação traz ao ecossistema benefícios, exercendo função protetora sobre os recursos naturais bióticos e/ou abióticos e sobretudo na manutenção dos recursos hídricos, em termos de vazão e qualidade da água, assim como do ecossistema aquático. As matas ciliares funcionam como filtro, retendo poluentes e sedimentos oriundos de áreas vizinhas que chegariam aos cursos d'água, ao mesmo tempo que contribuem para a manutenção dos recursos hídricos, em termos de vazão e qualidade da água, sendo fundamental para o equilíbrio dos ecossistemas aquáticos.

A presença ou ausência de cobertura florestal em uma bacia hidrográfica influencia a qualidade da água, da mesma forma em que o solo é determinante para a conservação dos mananciais hídricos. Sua ausência faz com que a água da chuva escoe sobre a superfície, não permitindo sua infiltração e armazenamento no lençol freático. Com isso, reduz as nascentes, os córregos,

os rios e os riachos acarretando problemas de abastecimento de água, assoreamento de rios e represas.

A manutenção da mata reduz a erosão das margens e o conseqüente assoreamento dos corpos de água, conservando a qualidade dos recursos hídricos, ao mesmo tempo em que contribui para regularização da vazão dos rios, ajudam a estabilizar a temperatura das águas e são ricas em variedade de plantas e animais silvestres. Além da proteção dos corpos de água, as matas ciliares são fundamentais para a conservação da biodiversidade, garantindo *habitat* e condições próprias de alimentação, reprodução e evolução para as espécies nativas, da flora, da fauna e dos microorganismos (RODRIGUES e LEITÃO FILHO, 2000).

Porém, apesar de toda importância da mata ciliar, esta tem sido alvo de pressões antrópicas, justamente pela proximidade ao curso d'água. O uso das áreas naturais e do solo para a agricultura, pecuária, contribuem para a redução da vegetação original, chegando muitos casos na ausência da mata ciliar.

3.2.2 O suporte Geológico e a função hidrológica

Do ponto de vista ecológico, a mata ciliar tem sido considerada como corredores extremamente importantes para o movimento da fauna ao longo da paisagem, como também para a dispersão vegetal.

A função hidrológica das matas representa a manutenção da integridade da microbacia hidrográfica, representada por sua ação direta numa série de processos importantes para a estabilidade da microbacia, para a manutenção da qualidade e da quantidade de água, assim como para a manutenção do próprio ecossistema aquático (LIMA *et al.* 2001).

Recorremos a Lima *et al.* (op.cit.), para retratar os processos da função hidrológica. Os principais são:

- a) Geração do escoamento direto em microbacias: escoamento direto é o volume de água que causa o aumento rápido da vazão de microbacias durante e imediatamente após a ocorrência de uma chuva.
- b) Quantidade de água: pesquisas realizadas têm demonstrado que a recuperação da vegetação ciliar contribui para o aumento da capacidade de armazenamento da água na microbacia ao longo da zona ripária, o que contribui para o aumento da vazão na estação seca do ano (ELMORE e BESCHTA, 1987).
- c) Qualidade da água: diversos experimentos têm demonstrado o efeito direto da mata ciliar na manutenção da qualidade da água proveniente da microbacia. (AUBERTIN e PATRIC, 1974), (KARR e SCHLOSSER, 1978), (SCHLOSSER e KARR, 1981), (BAKER, 1984), (MORING *et al.*, 1985) (BORG *et al.*, 1988), (ADAMS *et al.*, 1989), (ICE *et al.*, 1989), (MAGETTE *et al.*, 1989);
- d) Ciclagem de nutrientes e
- e) Interação direta com o ecossistema aquático:

Buscamos ainda em Lima *et al* (op.cit.) as relações hidrológicas que influenciam a composição e o funcionamento do ecossistema ripário podem ser resumidas de acordo como os seguintes aspectos (NAIMAN e DÉCAMPS, 1997; RODRIGUES e SHEPHERD, 2000):

- a) adaptações morfo-fisiológicas: que possibilitam a sobrevivência em ambientes encharcado;
- b) adaptações reprodutivas: algumas espécies, por exemplo, desenvolveram mecanismos de controle do processo de dispersão para coincidir com a fase final da recessão das cheias, visando o sucesso da germinação e colonização;
- c) padrões sucessionais e vegetacionais: atuação do regime fluvial na dinâmica sucessional, preponderância de sementes de espécies hidrocóricas nas áreas mais próximas aos cursos d'água, etc.

Reversamente, a vegetação ripária, segundo Lima *et al* (op.cit.) desempenha controle significativo nos processos que mantêm a saúde da microbacia e do ecossistema aquático, o que pode ser resumido de acordo com

as relações seguintes (FAIL *et al*, 1987; NAIMAN e DÉCAMPS, 1997; LIMA e ZÁKIA, 2000):

- a) dinâmica e hidráulica dos canais;
- b) geração do escoamento direto produzido por uma dada chuva;
- c) deposição e arraste de sedimentos (a erosão das barrancas dos canais chega a ser 30 vezes maior em zonas ripárias desprotegidas de vegetação);
- d) a parte de galhos, troncos e resíduos vegetais para o canal: dissipação de energia, criação de microhabitats para peixes e macroinvertebrados, retenção de propágulos, etc.;
- e) fonte de alimentos para o ecossistema aquático;
- f) controle de temperatura da água;
- g) controle da qualidade da água (filtragem física e biológica de sedimentos e nutrientes);
- h) controle sobre a comunidade de macroinvertebrados do riacho (alteração na vegetação ripária causa mudança na composição e diversidade de espécies).

Lima *et. al.* (op.cit.) lembra ainda que, em termos de composição florística, biodiversidade, estrutura e funcionalidade, interação com os processos geomorfológicos fluviais que propiciam o suporte ecológico para o seu desenvolvimento. O importante papel ecológico relacionado à manutenção da qualidade de recursos hídricos, atua no controle da temperatura da água, contribuindo com a manutenção da fauna aquática. Apesar de sua incontestável importância ecológica, as florestas ribeirinhas têm sofrido com o processo ininterrupto de destruição de áreas naturais.

3.3 A Lei Florestal

As florestas são classificadas, quanto ao uso, em três categorias: florestas de preservação permanente, florestas de uso limitado e florestas de uso ilimitado. No primeiro caso, as áreas são intocáveis, quanto ao aproveitamento direto de qualquer dos seus recursos, salvo liberação pelo poder público por interesse social. No segundo caso, a utilização dos recursos da floresta fica

sujeita às restrições, especificadas em legislação federal para cada região e por legislações estaduais e municipais para regiões, localidades ou espécies. No terceiro caso, o uso da floresta pelo proprietário é livre, embora o corte necessite de autorização do IBAMA (GEOBRASIL, 2002).

Em relação às áreas de florestas sujeitas à proteção legal, o Código Florestal Brasileiro estabelece duas categorias: as Áreas de Preservação Permanente (APP) e a categoria de florestas na propriedade rural, denominada de Reserva Legal, que é a área a ser conservada em uso florestal pelo proprietário rural, cujo percentual de área é variável dependendo da região brasileira.

A gestão florestal no Brasil é respaldada pela Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, que instituiu o Código Florestal (BRASIL, 1965). O caráter público das florestas foi evidenciado no artigo 1º “As florestas existentes no território nacional e as demais formas de vegetação, reconhecidas de utilidade às terras que revestem, são bens de interesse comum a todos os habitantes do País, exercendo-se os direitos de propriedade com as limitações que a legislação em geral e, especialmente, esta Lei estabelecem”.

A faixa mínima a ser mantida para proteger a vegetação era de 5m de largura em cada margem, para rios com até 10m de largura, aumentando proporcionalmente com a largura do rio. A Lei proibia a supressão total ou parcial destas florestas e caso esteja degradada deve-se prever a imediata recuperação. Geralmente estas áreas foram ocupadas com agricultura ou pastagem por períodos longos e agora é desejável que sejam reflorestadas para que possam, de fato, exercer proteção aos recursos hídricos que delas se espera.

Embora não tenha sido respeitada, a faixa de preservação permanente foi aumentada, com a Lei nº 7511 de julho de 1986, passando a ser de, no mínimo, 30m para os rios com até 10m de largura, aumentando

proporcionalmente com a largura do rio toda a vegetação natural (arbórea ou não) presente ao longo das margens dos rios, e ao redor das nascentes e de reservatórios, deve ser preservada.

De acordo com o artigo 2º desta lei, consideram-se área de Preservação Permanente as florestas e demais formas de vegetação natural. A tabela apresenta as dimensões das faixas de mata ciliar em relação à largura dos rios, lagos, represas e nascentes.

a. ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água desde o seu nível mais alto (local onde a água atinge na época das chuvas) em faixa marginal com largura mínima de:

a.a. 30(trinta)metros para os cursos d'água de menos de 10 metros de largura;

a.b. 50 (cinquenta) metros para cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;

a.c. 100 (cem) metros para cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;

a.d. 200 (duzentos) metros para cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;

a.e. 500 (quinhentos) metros para cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;

b. ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d'água naturais ou artificiais;

c. nas nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados "olhos d'água", qualquer que seja a sua situação topográfica, num raio mínimo de 50 (cinquenta) metros de largura;

d. no topo dos morros, montes, montanhas e serras;

e. nas encostas ou parte destas, com declividade superior a 45º., equivalente a 100% na linha de maior declive;

f. nas restingas, como fixadoras e dunas ou estabilizadoras de mangues;

g. nas bordas dos tabuleiros ou chapadas, a partir da linha de ruptura do relevo, em faixa, nunca superior a 100 metros em projeções horizontais;

h. em altitude superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros, qualquer que seja a vegetação.

Segundo Lima (op.cit.) o primeiro passo para o planejamento das medidas de proteção ou de restauração do ecossistema ripário, destina-se diretamente à delimitação da extensão da zona ripária. Contudo a largura da mata ciliar, conforme previsto no Código Florestal é apenas um elemento isolado do contexto, pois a integridade do ecossistema ripário apresenta limites simétricos e regulares ao longo da microbacia. Pois, a integridade do ecossistema ripário não vai ser conseguida apenas pelo seu isolamento físico dos espaços produtivos da paisagem, mas vai depender muito da aplicação de práticas sustentáveis de manejo no seu entorno, ou seja, na escala da microbacia como um todo.

A degradação das formas ciliares não pode ser discutida sem considerar, a sua inserção no contexto do uso e da ocupação do solo. No Brasil, assim como na maioria dos países, a degradação das áreas ciliares sempre foi e continua sendo fruto do avanço desordenado das fronteiras agrícolas. Estes avanços se caracterizam pela ineficiência e/ou inexistência do planejamento ambiental, que possibilitem delimitar áreas para agricultura e áreas de preservação permanente (RODRIGUES e GANDOLFI, 2000).

4 O SISTEMA AMBIENTAL DA ÁREA DE ESTUDO

Pela complexidade que envolve o processo erosivo, para se determinar a causa de sua ocorrência, é necessário que se considere não apenas um, mas a interação de todos os fatores envolvidos na sua dinâmica. Dentre os componentes que integram o contexto ambiental, temos os chamados fatores abióticos e bióticos da natureza que compõem: os fatores climáticos, geomorfológico, hidrológico, tipos de vegetação, a formação geológica e o próprio uso e ocupação do solo, que devem ser analisados. Para que possamos entender a natureza na sua totalidade, na sua integralidade, necessário se faz a compreensão de como eles se relacionam.

Essa combinação mútua resultará, nos diferentes ambientes. Assim, temos, nos limites geográficos do semi-árido, algumas áreas de enclaves, dotadas de condições climáticas mais amenas, acarretando sucessiva ordem de condições naturais diferenciadas em relação às áreas seca, como, por exemplo, a serra das Matas, que é considerada um maciço residual, sendo esta uma das áreas de estudo. A área denominada de sertão, refere-se a segunda área de estudo, que diverge em suas características com relação a serra.

Souza (2000 p.20), explica que “o sertão nada mais é do que uma depressão, uma área embutida entre níveis de planaltos mais elevados e esse fato contribui para justificar a acentuação da semi-aridez dos sertões”. A semi-áridéz influencia cerca de 90% do território estadual do Ceará, algo equivalente a 136 mil quilômetros quadrados.

Percebe-se que existe uma integração dos recursos, bem como interdependência entre eles. Faz-se necessário, ainda, considerarmos as limitações que estes apresentam. O sistema pluviométrico apresenta-se com chuvas irregulares, alta variabilidade, tanto espacial como temporal, juntamente com coeficientes elevadíssimos de evapotranspiração que chegam a superar a

pluviometria mesmo durante a estação chuvosa em alguns meses, refletindo em termos de deficit hídrico no balanço hídrico do estado.

Ocorre nas condições geológicas uma primazia muito significativa, pois 80% do estado estão sobre terrenos do embasamento cristalino, refletindo em solos rasos, grande frequência de afloramentos rochosos e chãos pedregosos suscetíveis à erosão. A drenagem é ramificada em função da impermeabilidade dos terrenos cristalinos. De forma natural, a água que cai na superfície escoar sobre ele e a infiltração vai ser mínima. Aliada ao clima, ao relevo e à compartimentação geomorfológica, tem influências decisivas nas características do recurso hídrico, tanto na superfície como subterrâneo.

Isso significa a existência de aspectos físicos que favorecem a erosão, ou seja, a evolução natural da geomorfologia (geomorfogênese). Mesmo com a área coberta com vegetação (gramíneas e pequenos arbustos), observa-se que não evita o solapamento e, conseqüentemente, o aumento do processo erosivo. A camada superficial do solo terrestre é continuamente removida, transportada pelo escoamento superficial e infiltração subterrânea, que, nesse caso, com a ajuda da precipitação pluvial, possibilita a erosão do canal causada pelo fluxo de água concentrada.

Com toda uma série de limitações, temos do ponto de vista biótico, a cobertura generalizada de caatingas. De natureza caducifólia, ostentam padrões variados, quer no aspecto fisionômico ou florístico e estar extremamente degradada por influência de um processo de ocupação que tem mais de três séculos e que tem sido utilizada através de técnicas rudimentares e que isso vai contribuir decisivamente para afetar os recursos naturais, particularmente o solo, os recursos hídricos e da própria cobertura vegetal.

Do ponto de vista de Souza (2000):

Se imaginássemos os elementos naturais da área do ceará sem qualquer interferência antrópica, com seus ecossistemas pouco afetados por qualquer interferência, já estaríamos propenso a agressões visto que o próprio clima semi-árido por si só é um clima agressivo, é um clima que tende a erodir fortemente os seus solos (SOUZA, 2000).

Atrelado às características naturais do ambiente, temos o uso inadequado do solo, que, com atividades predatórias e ilegais, como o desmatamento da área de planície fluvial, produz impactos provenientes de processos erosivos, deixando os solos, e até as rochas, expostos à ação direta das intempéries. A pluviometria é considerada o principal agente erosivo do semi-árido, mas tudo em função do entendimento dessa relação. A característica atual no regime pluviométrico, mesmo com ano de chuvas excepcionais, em muitos casos nem mesmo o seu talvegue é ocupado. Essa problemática associada não só ao desmatamento das caatingas nos inter-flúvios, mas também com o desflorestamento das matas ciliares que trazem todo esse tipo de repercussões negativas em termos de meio ambiente.

Ainda podemos citar a limitação econômica e a condição educacional do usuário, pois, quando se pensa em planejamento, são importantíssimas para a execução do plano. O conhecimento das limitações irá permitir melhor definição para a aplicação das estratégias.

No caso das serras, em razão do relevo acidentado, elas se constituem historicamente, tradicionalmente, como celeiros de produtos alimentares. Essas áreas de serra têm sido fortemente degradadas. O que se tem são enclaves de matas que compunham a vegetação primária das serras úmidas é praticamente nada hoje. À medida que ocorrem os desmatamentos, o impacto da erosão pluvial é muito mais significativo, redundando num carreamento contínuo dos solos de uma maneira tal que muitas áreas hoje, em vez de terem solo, têm rochas. Isto é perceptível claramente na serra das Matas, antes enclaves, mas hoje representam áreas de exceção do contexto geral do semi-árido. O planejamento da bacia é mais do que fazer uso das técnicas. A técnica a ser aplicada vai depender das suas limitações e dos seus problemas.

Para fins de um melhor entendimento da área de estudo, consideramos aqui, as informações em nível da bacia do Acaraú. Primeiramente, esclarecemos que, dentre os compartimentos geomorfológicos depressão sertaneja, maciços e tabuleiros pré-litorâneos, limitaremos as áreas de depressão e de maciços para, direcionarmos uma reflexão mais substancial, ressaltando os elementos formadores do meio físico, como a geologia, ao fornecer subsídios para a análise das potencialidades; a compreensão dos diferentes tipos de solo e relevo, assim como a pedologia, que subsidia a avaliação da aptidão ou a capacidade do uso da terra e a fragilidade das formações pedológicas.

4.1 Os elementos característicos da bacia do rio Acaraú

A área selecionada para o presente estudo encontra-se no estado do Ceará, inserida na bacia do Acaraú, localizada entre as coordenadas geográficas, Latitude sul de 02°47' a 04°58' e Longitude oeste de 39°40' a 40°51'. O rio Acaraú apresenta a maior importância em termos de expressão espacial no estado, cerca de 10%, e ocupa área equivalente a 14.500 km². A disposição da bacia é alongada e o curso coletor tem um percurso de 308 km. Suas nascentes situam-se na serra das Matas, em altitude aproximadamente de 600m, e seu curso principal assume orientação preponderante de sul para norte.

Dispersas ao longo da bacia do Acaraú, encontram-se algumas áreas de enclaves (ver Mapa 2 - Hipsometria), dotadas de condições climáticas mais amenas, acarretando uma sucessiva ordem de condições naturais diferenciadas em relação às áreas secas. Como exemplo, temos a serra das Matas, considerada um maciço residual úmido; entre outros ambientes diferenciados, temos ainda a estreita zona litorânea.

Os aspectos geológicos

Esta área é caracterizada pela existência de estruturas homogêneas, incluindo rochas cujas idades variam do Pré-cambriano ao Holoceno, podem ser visualizadas no Mapa 3 (Geologia). As rochas pré-cambrianas são as de maior expressão espacial na área, fazendo contato com os sedimentos cenozóicos do Grupo Barreiras ao norte. De acordo com o DRPN (1973), RADAMBRASIL (1981) e CRPM (2003).

Encontram-se os seguintes agrupamentos de rochas: as gnáissico-migmatítico e migmatítico-granítico. Datadas do Pré-cambriano Indiviso, predominam em sua composição rochas de gnaisses, migmatitos e granitos. Tais rochas estão separadas entre si pelas rochas dos Grupos Ceará e Bambuí, referidas ao Pré-cambriano Superior, pelo Granito Meruoca e rochas do Grupo Jaibaras, de idade Cambro-Ordoviciano (CPRM, 2003).

O complexo migmatítico-granítico estende-se ao longo da margem direita do rio Acaraú numa disposição SW-NE. Contata-se, para o Norte, com as litologias do Grupo Ceará, sendo recoberto na porção pré-litorânea pelos sedimentos do Grupo Barreiras. O Pré-Cambriano Superior apresenta rochas pertencentes ao Grupo Ceará, composto de filitos e xistos. Compõem-se, ainda, de calcários cristalinos, quartizitos, biotitagnaisses e leptinitos. As rochas graníticas, embora constituam ocorrências localizadas de reduzida expressão espacial, dão origem a maciços residuais que funcionam como barreiras topográficas, propiciando a ocorrência de manchas nos setores expostos às massas de ar, como é no caso das serras da Meruoca e das Matas.

O Paleozóico compreende quatro unidades lito-estratigráficas componentes do Grupo Bambuí. Dentre as unidades, foram identificadas as seguintes formações da base para o topo: Trapiá, Caiçaras e Frecherinhas. A Formação Trapiá, definida originalmente por Kegel (1958) como membro Trapiá,

tende a circundar as partes norte oriental e ocidental do “stack” granítico de Mucambo. A Formação Caiçara é constituída basicamente de ardósias vermelhas com intercalações de bancos de arenitos, dispondo-se numa estreita faixa SW-NE ao longo do riacho caiçaras. A Formação Frecherinha foi originalmente descrita em Kegel (1958), sob a designação de Formação Bambuí e interpretada, em princípio, como estratificamente sobreposta à formação Jaibaras.

O Paleozóico, na depressão ocidental, inclui as intrusões graníticas da Meruoca-Mucambo, os depósitos cambro-ordovicianos do Grupo Jaibaras e siluro-devonianos da formação Serra Grande. A área granítica estende-se a oeste da cidade de Sobral, ao longo da margem esquerda do rio Acaraú e circundam toda a área de Mucambo, originando relevos serranos, como os de Meruoca-Rosário e Carnutim.

Os “stocks” de Meruoca-Rosário e Mucambo, apesar da descontinuidade espacial, seccionados pelas rochas do Grupo Jaibaras, guardam entre si um elenco de fatores comuns indicativos do relacionamento genético e contemporaneidade das intrusões. Ambos são intrusivos no Grupo Bambuí, o que pode ser demonstrado pelos auréolos de metamorfismo e de metassomatismo de contato que, sem afetar as rochas pertencentes ao Grupo Jaibaras, situa-os no período pós-Bambuí e pré-Jaibaras; ambos apresentam, além disso, granulação grosseira, generalizada, indicando sua natureza plutônica; ambos têm, ainda, um comportamento discordante com as formações do Grupo Bambuí.

Sobrepostas ao Grupo Bambuí e aos “stocks” Meruoca-Rosário e Mucambo, são identificadas as rochas pertencentes ao Grupo Jaibaras, compostas por quatro unidades litoestratigráficas. A bacia Jaibaras está alinhada na direção SW-NE por aproximadamente 100 km com largura que não ultrapassa pouco mais de uma dezena de quilômetros. Englobam o Grupo Jaibaras as Formações Massapé, Pacujá, Parapuí e Aprazível. A Formação Massapé constitui-se de conglomerados brechóides com seixos quartzosos arestados de até 10cm e matriz argilo-arenosa. A área de

ocorrência circunscreve-se a pequenas manchas o noroeste da sede de Massapé e proximidades do riacho Cajazeiras, tributário do rio Acaraú. Neossolos litólicos e afloramentos rochosos pouco alterados são observados numa morfologia conservada onde uma dissecação incipiente da superfície só chega a se destacar nos locais mais intensamente diaclassados (DNPM, 1973).

As Formações Paleozóicas se completam pela consideração da Formação Serra Grande. Constitui a unidade basal da bacia Piauí-Maranhão e capeia o extenso Planalto da Ibiapaba que se estende ao longo de quase toda a porção ocidental da área estudada. Arenitos conglomeráticos ocre ou cinzento-amarelados, conglomerados com seixos quartzosos arredondados ou sub-angulosos com intercalações de silititos e de folhelhos representam os tipos petrográficos da Formação em análise.

A Formação Serra Grande é datada do Siluriano Superior. Tem grande diferença quanto à espessura, alcançando em certos locais até 600-700 metros e, em outros, não ultrapassando a 50m. Mergulha de modo suave para W no sentido do eixo da bacia sedimentar, o que confere a feição dissimétrica cuestiforme que caracteriza o planalto da Ibiapaba. Esta dessimétria justifica a razão pela qual, na escarpa oriental, as condições de umidade se elevam consideravelmente em relação ao que se verifica para oeste em direção ao interior da bacia, ou para leste, ao longo da depressão periférica, onde as deficiências hídricas se revelam. Daí por que, no reverso imediato, a morfogênese química favoreceu uma dissecação em interflúvios tabulares decorrentes de cursos cataclinais que seccionam a superfície. A pedogênese conduziu à formação de espessos solos revestidos primariamente por mata plúvionebular.

O Cenozóico é representado pelos depósitos Plio-pleistocenicos do Grupo Barreiras e pelas ocorrências Holocênicas de paleodunas, sedimentos de praias e aluviões.

Morfologia do relevo

As características morfológicas do relevo permitiram a distinção, na sub-bacia, de dois compartimentos denominados de depressão sertaneja e maciço residual, na qual podemos visualizar no mapa 4 (Mapa de Geomorfologia). O primeiro é uma área localizada entre os ambientes elevados. Sua extensão no Ceará corresponde a um total de 92% da área total do estado. Sua altitude é inferior a 400m, com extensa área de aplainamento resultante do trabalho erosivo expondo as rochas mais resistentes. Entre suas formas, apresentam formações residuais, constituídas por pequenos maciços secos, que, de forma isolada, compõem o cenário da bacia do Acaraú, em maior concentração no município de Santa Quitéria.

O segundo apresenta uma morfologia de depressão sertaneja caracteriza-se pela presença de amplas rampas de pedimento que se inclinam da base dos relevos residuais em extensão ao litoral. Com isso, a altitude vai gradativamente diminuindo. As áreas mais elevadas iniciam-se no sopé da serra das Matas e vai diminuindo, gradativamente, quando se desloca à zona litorânea.

Ressaltamos que, em cursos dos canais fluviais, ficam as rochas expostas em decorrência da mínima diminuição das águas. Apresenta, ainda, uma reduzida espessura do manto de alteração das rochas, fruto de um processo intempérico físico, com presença freqüente dos interflúvios.

De acordo com o RADAMBRASIL (1981), as pequenas elevações inseridas na depressão sertaneja, localizadas norte da serra das Matas são fruto de um trabalho da erosão, com suas cristas quartzíticas que se expõem no cenário da paisagem. Os níveis altimétricos desses relevos variam entre 350-500m, o que, de certa maneira, impede a incipiência de precipitações mais elevadas.

O rio Groaíras é o exemplo mais destacável na sub-bacia do Acaraú. Acha-se adaptado ao extremo alinhamento de falha mencionado. Comumente, a depressão sertaneja apresenta extensão de área recoberta por solos da classe dos Luvisolos Crômicos, Litólicos e Solonetzicos, de acordo com a SEPLAN (1994).

Dispersos na depressão sertaneja, tem-se os maciços residuais, a serra da Meruoca e a serra das Matas. Estes maciços são tidos como áreas que resistirão aos processos erosivos no decorrer de eventos climáticos, quebram a monotonia da paisagem na depressão sertaneja, em forma de maciços cristalinos. Possuem extensão variada e altitudes que, em geral, estão acima dos 800m. Os fortes declives (Mapa 5), associados ao comprimento das vertentes exercem acentuada influência nos processos erosivos e são considerados fatores fundamentais na origem da evolução hídrica. Podendo criar áreas potenciais de erosão e de movimentos de massa, fornecedoras de sedimentos para os leitos fluviais.

A serra das Matas é composta por elevações que chegam a 1.164,00m de altitude, considerado o ponto mais alto do estado Ceará, (Figura 6). Intercaladas com patamares que oscilam entre 500 a 700m. Conforme cita a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM, 1973), apresenta um relevo montanhoso com escarpas abruptas, geralmente nuas em blocos de rocha soltas e empilhadas de forma caótica. Seu posicionamento tem um importante papel na rede de drenagem em todo o estado; localiza-se nas nascentes do rio Quixeramobim e do rio Acaraú.

Enquanto que a serra da Meruoca-Rosário, apresenta feições, sobrepostas por demais elementos da paisagem, comportam-se de maneira diferenciada em relação a serra das Matas, onde no passado era comum encontrarmos áreas de brejos ou cimeiras. De acordo Costa Falcão (2002), as áreas de brejo foram ameaçadas ao longo da ocupação na serra, em razão da incidência do babaçu, contribuiu, ainda, a forma de uso do solo para fins da agricultura de subsistência, sem adoção de técnicas de manejo do solo.

Em função de sua altitude e características climáticas, predominam o processo de morfogênese química. Apresenta uma dissecação nas formas de topos aguçados e convexos, expondo-se largas porções de relevos semi-mamelonizados. Contudo, esta morfologia dá-se pela ação dos processos areolares, tendo ainda a presença de vales em V, provenientes de uma incisão linear. Comporta, ainda, no cenário de suas paisagens planícies alveolares colmatadas por depósitos alúvio-coluviais (SOUZA, 1988).

É importante destacar, o eu se tinha de enclaves de matas compondo a vegetação primária das serras úmidas é praticamente inexistente hoje. Ocorrem em suas áreas de relevo acidentado, as queimadas e desmatamento, ocasionando o impacto da erosão pluvial é muito mais significativo. Isso se traduz no carreamento contínuo dos solos, sendo considerado o que antes era área de enclave, hoje representam áreas de transição no contexto do semi-árido cearense.

Figura 6. Vista do ponto mais alto do Ceará. a) demarcação do pelo IBGE; b) GPs demarcando a altitude de 1164m.
Foto: COSTA FALCÃO (2005)

O Clima

A região apresenta o clima 4aTh (tropical quente de seca atenuada e seca de inverno) pela classificação de Gaussen, com 7 a 8 meses, índice xerotérmico entre 200 e 150 e, pela classificação de Köppen, tipo de clima BSw'h' (clima quente e semi-árido, com estação chuvosa irregular).

O semi-árido envolve uma área de 788.064 km², equivalentes a 48% da região Nordeste e a 9,3% do País. No Ceará semi-árido, abrange área de 136.328 km² que equivalem a 92,1% do território do estado (FUNCEME, 1993). É caracterizado por temperaturas regulares e intensa insolação durante o ano, em função das baixas latitudes equatoriais. A média anual da temperatura do ar varia de 23°C a 27°C; existem localidades serranas que alcançam mínimos de 15°C, e outras no interior e no litoral em torno de 34°C, em alguns dias do ano. Ocorre acentuada amplitude diurna e elevadas taxas de evaporação e de evapotranspiração. Comumente, a evaporação atinge 2.000mm, para 2.800 horas de insolação e médias de 50% de umidade relativa do ar.

A precipitação pluviométrica é o elemento do clima que estabelece as condições climáticas na região. Define-se em duas estações-chuvosa e seca. As distribuições espacial e temporal das chuvas consistem num dos principais fatores limitantes da produtividade e produção agrícola.

Os principais fatores que influenciam as precipitações na região estão relacionados com a posição e a intensidade da zona de convergência intertropical. Ela é definida como uma região onde ocorre uma associação da convergência dos alísios de nordeste e sudeste em baixos níveis, baixas pressões, altas temperaturas da superfície do mar, intensa atividade convectiva e precipitação.

No semi-árido, ocorre uma estação chuvosa de 3-4 meses, alternando-se com período de 7-9 meses secos. Em geral, os índices pluviométricos variam de 500 a 750mm. Esta é uma das características mais

importantes para singularizar o regime pluviométrico, ao lado da acentuada irregularidade do ritmo das chuvas no tempo e no espaço. Esta irregularidade das chuvas, aliada às taxas de evaporação, justifica elevados *deficits* no balanço hídrico e configura insuficiência de água para as atividades agropecuárias.

Em áreas de relevos elevados, de exposição das encostas em face do deslocamento de ventos úmidos e setores próximos das depressões interplanálticas sertanejas, ocorrem chuvas que se elevam a mais de 1200mm, que se prolongam por cinco a seis meses, ocorrendo de modo mais regular e com melhor distribuição. Essas diferenciações podem ser ainda justificadas pela proximidade do mar, configurando-se, a ocorrência dos enclaves úmidos como é o caso do maciço residual úmido, a serra da Meruoca, considerada uma das áreas mais chuvosas no Ceará, com valores entre 1200 e 1600mm.

A principal causa dessas irregularidades está nas anomalias nas características da circulação atmosférica e oceânica sobre os Oceanos Pacífico e Atlântico Tropicais, que influenciam no posicionamento e intensidade dos principais sistemas atmosféricos causadores de chuva no setor norte do Nordeste. (SEPLAN, 1994).

Solos

É oportuno analisar a distribuição do solo nas compartimentações geomorfológicas da bacia do Acaraú. De acordo com a classificação citada por Brasil (1973), atualizada conforme EMBRAPA (2002), o alto curso da bacia do rio Acaraú compreende a sub-bacia do riacho do Mulungu, situada no maciço residual, na serra das Matas, predominam os Argissolos Vermelho-Amarelo eutróficos, com presença de Neossolos. No médio curso situado na depressão sertaneja ocorre a predominância de Luvisolos Crômicos com presença de Planossolos; no baixo curso, com predominância de Neossolos Aluviais, Neossolos Litólicos eutróficos e Argissolos eutróficos, podemos visualizar no mapa 6 (Solos).

O presente item se limitará à apresentação dos solos nas duas compartimentações geomorfológicas da área de estudo, as áreas de depressão sertaneja e de maciço residual. Nestas áreas, estes solos são intensivamente explorados, pois apresentam boa fertilidade com relação às demais áreas, no caso dos Luvisolos Crônicos, pela cultura do algodão, e do Argissolo eutróficos, pelas culturas de subsistência e comerciais; nestes solos, as espécies de alto porte são disseminadas (SÁ, 1994).

Na área dos maciços residuais, predomina o Argissolo, que apresenta uma seqüência de horizontes A, Bt e C, com profundidade do A+Bt, na maioria dos perfis, superior a 150 cm, exceto nos solos rasos. São, em geral, solos com elevado potencial agrícola, apresentando em determinadas áreas declives relativamente fortes, principalmente onde as precipitações pluviométricas são mais elevadas, como é o caso da serra das Matas. Em algumas áreas, apresentam limitações à mecanização em decorrência da pedregosidade existente na superfície (até mesmo dentro do horizonte A).

De acordo com Silva (1994), os Argissolos estão incluídos entre os muitos solos que apresentam alta suscetibilidade à erosão e situam-se em relevo desfavorável, com fortes declividades, e apresentam B textural, favorecendo as perdas seletivas de argila, matéria orgânica e aumento das enxurradas. São também muito baixos os teores de matéria orgânica, da qual dependem quase que unicamente, a estocagem, reciclagem e liberação de nutrientes vegetais para as culturas dos agricultores, que praticamente não usam fertilizantes químicos.

O potencial agrícola destes tipos de solo é geralmente restrito em razão da deficiência de água, pedregosidade e a pequena espessura. O relevo cristalino exerce um fator limitante em relação aos recursos hídricos, pois as águas superficiais encontram resistências para a infiltração, ocasionando um maior escoamento. Como há pouca infiltração, conseqüentemente, no lençol freático, não há grande disponibilidade de água (BRASIL, 1973).

Silva *et al.* (1986), Silva (1994) e Costa Falcão (2002) sugerem neste tipo de solo em questão, associado às condições de relevos similares, a adoção de técnicas de cultivo apropriadas à conservação do solo com o plantio em curvas de nível e em terraços.

De acordo com a SEPLAN (1994), os Luvisolos Crômicos são solos minerais, não hidromórficos, com horizonte B textural com presença de argila. Apresentam seqüência A- Bt - C ou A - E – Bt - C. São identificados em sua constituição elevados teores de minerais primários facilmente decompostos e a freqüente presença de matacões cobrindo a superfície ou fazendo parte da massa do solo. O material originário é composto por saprolito de rochas do pré-cambriano. O horizonte superficial A é normalmente fraco, com textura arenosa média e o horizonte Bt possui textura média a argilosa. Nas áreas onde estes solos são encontrados, verificam-se uso extensivo da pecuária e a prática da agricultura de subsistência com o milho, feijão e a mandioca.

Diante dos problemas que o preparo convencional do solo e a erosão vêm provocam nos Luvisolos Crômicos e Aluviais, necessário se faz o estudo de práticas de conservação do solo e da água que possam recuperar os solos degradados e controlar a erosão nas áreas que ainda apresentam boa produtividade natural.

Vegetação

O semi-árido nordestino tem a maior parte de seu território ocupado pelo principal bioma existente no Nordeste do Brasil, abrangendo uma área equivalente a 800.000 km² em nove estados da Federação. Mostra-se bastante rica e diversificada, com grande potencial forrageiro, madeireiro, frutífero, medicinal e faunístico, sendo considerado o primeiro bioma passar pelo intenso processo de antropização trazido pela colonização.

Em grandes partes dessas áreas, as comunidades residentes, são formadas basicamente por agricultores que se utilizam da agricultura de subsistência. Usam técnicas agrícolas rudimentares, que aceleram os processos erosivos da área. A esse respeito, no pensamento de Mattos (2000), tudo indica que a broca e a queima do solo têm, nos sistemas tradicionais da agricultura familiar, uma lógica muito mais centrada na economia de mão-de-obra do que na incorporação de fertilidade, ainda que uma parte significativa da fertilidade prontamente disponível às culturas seja incorporada pela queima.

A caatinga predomina em grande parte no território, principalmente em uma extensa área da depressão sertaneja, equivalente a 2/3 do território. O termo caatinga é uma denominação indígena: caa-mata; e tinga-branca, aberta. Está constituída predominantemente por quatro unidades fitoecológicas representativas espacialmente: caatinga arbórea densa, caatinga arbórea aberta, caatinga arbustiva aberta e caatinga subarbustiva. A caatinga é uma associação de vegetação arbóreo-arbustiva espinhosa de caules retorcidos, com porte baixo ou alto, conforme as condições do solo. Nas proximidades do litoral, surge uma vegetação de transição, espécies de caatinga, que florescem junto a outras espécies vegetais típicas da faixa costeira. (ARAÚJO FILHO, 2006).

A caatinga arbórea apresenta árvores altas, chegando a 20m; caules retilíneos e um sub-bosque constituído de árvores menores e subarbustos efêmeros, encontrada na depressão periférica sob rochas cristalinas (FERREIRA, 1997). O dossel contínuo, o porte e o sub-bosque fechado levaram à denominação de caatinga arbórea densa. A caatinga arbórea aberta tem como área de ocorrência toda a depressão sertaneja, salvo poucas exceções constituídas por uma vegetação mais esparsa, indivíduos isolados apresentando amplos espaços de solos descobertos. A degradação originada pelos períodos críticos de semi-aridez acentuada determinou a ausência das caatingas arbóreas densas, substituídas por arbustos isolados, cactáceas e invasoras, mais adaptadas ao ambiente impactado (ver Figura 7).

(a)

(b)

(c)

(d)

Figura 7. Aspecto da caatinga no maciço residual serra das Matas (CE). a, e d) espécimes em floração, ressaltando a beleza do semi-árido; b) remanescentes da floresta secundária c) mandacaru florido e área desmatada ao fundo.
Foto: COSTA FALCÃO (2005).

Esta degradação da caatinga arbórea determinou o aparecimento da caatinga arbustiva, caracterizada por apresentar árvores de porte mais baixo (10m), cujas folhas caem totalmente na época seca, caules retorcidos e esbranquiçados. A densidade maior ou menor dos indivíduos componentes da comunidade é que determina a caatinga arbustiva densa, aberta e a caatinga subarbustiva.

A caatinga arbustiva aberta apresentou um decréscimo de 167,698 km² (37%) no decorrer de uma década. Sua redução mostrou-se bastante significativa. Grande parte da área ocupada por esta unidade, em 1985, cerca de 718,131 km² (21,5%), passou a pertencer a solo descoberto. A literatura comenta que a aceleração do processo de degradação do semi-árido nordestino depende muito mais do mau uso dos recursos naturais pelo homem do que do agravamento dos fatores climáticos.

Fitossociologicamente, a densidade, freqüência e dominância das espécies são determinadas pelas variações topográficas, tipo de solo, pluviosidade e ação antrópica. Seu substrato pode ser composto de cactáceas e bromeliáceas, havendo ainda um componente herbáceo de pouca significância, formado por gramíneas, dicotiledôneas herbáceas, predominantemente anuais. Fisionomicamente podem ser identificados 12 tipos de caatingas, além da grande variação na composição florística resultante das atividades antrópicas (ARAÚJO FILHO, op.cit.).

Esse autor comenta que a riqueza florística da caatinga é pouco conhecida, dificultando a seleção de espécies com potencial para a utilização como forrageiras. Este fato leva para uma exploração puramente extrativista, carecendo de práticas e tecnologias adequadas ao aporte de uma base de sustentabilidade à atividade pastoril nos ecossistemas da caatinga.

De acordo com pesquisas desenvolvidas pela Universidade Federal do Ceará e Embrapa Caprinos, são citadas três recomendações fundamentais que garante a sustentabilidade das tecnologias de manipulação (modificação

induzida pelo homem) da vegetação lenhosa e herbácea da caatinga, com elevados incrementos na produção e com sustentabilidade e melhoria da qualidade da forragem. Araújo Filho (2002) cita:

- preservação de até 400 árvores por hectare, ou equivalente a 40% de cobertura; irar proporcionar uma preservação da biodiversidade da vegetação nativa, interceptação de porção significativa da precipitação pluvial, contribuindo para o controle das enxurradas, aporte de matéria orgânica para a manutenção da fertilidade do solo, produção de forragem e conforto térmico;
- utilização máxima de 40% da forragem disponível, este efeito irar proporcionar uma maior proteção do solo contra a erosão eólica e laminar do início da estação das chuvas, juntamente proporcionando uma maior concentração de matéria orgânica ao solo e proteção do banco de sementes, principalmente ao se tratar de espécies anuais.
- preservação da mata ciliar em toda a malha de drenagem da pastagem, visando à proteção dos recursos hídricos pelo controle da quantidade e qualidade da água que escoar na malha de drenagem da pastagem, além de servir como um corredor para a vida selvagem.

Quando as alternativas de exploração visando à produção agropastoril recomendam o raleamento, que consiste no controle seletivo de espécies lenhosas; o rebaixamento com manejo de broca manual de espécies lenhosas e o enriquecimento é a introdução de forrageiras nativas ou exóticas adaptadas às condições de sítio ecológico.

Conforme explicado anteriormente no semi-árido temos outras áreas consideradas de enclaves dotadas de condições naturais diferenciadas, são considerados os maciços residuais. Nos setores mais elevados da serra úmida, a cima de 600 metros de altitude, encontra-se a floresta subperenifólia tropical plúvio-nebular (matas úmidas, serranas). Constituem os chamados "brejos de altitude" ou "serras frescas" formando verdadeiras "ilhas úmidas" nas áreas semi-áridas do "sertão". São decorrentes das condições climáticas, ocasionadas pelo relevo residual

elevado (COSTA FALCÃO, 2002). No período chuvoso, ocorre predominância de ventos de NE, fazendo com que as áreas expostas a barlavento se tornem favorecidas a umidade, sendo alvo do processo de condensação e precipitação, tornando a barlavento mais úmido e a sotavento mais seco. Esta região encontra-se caracterizada por uma vegetação secundária de palmeiras, onde se destacam agrupamentos de babaçu (*Orbigha speciosa mart.*), provavelmente ampliados pela ação humana, pelo uso do fogo, como prática agrícola rotineira, fato este que favorece ao processo de erosão (IPLANCE, 1997).

Grande parte da floresta ombrófila densa é constituída em sua maior parte por espécies perenifólias de até 35 metros de altura nas áreas mais elevadas e 25m nas encostas drenadas. Foi intensamente explorada pela retirada de madeira ou completamente devastada para dar lugar à agricultura ou pastagem. Esta floresta ainda se encontra em locais de difícil acesso, em áreas de altitude mais elevadas, que deveriam ser preservadas. É comum, entretanto, ver-se encostas íngremes desmatadas e muitas vezes cultivadas, evidenciando o desaparecimento gradativo da mata original. A vegetação se apresenta fortemente degradada e, em parte, destituída de suas condições originais. Uma vegetação secundária toma seu lugar, sucedendo-se em vários estágios.

Entremeadas nas áreas próximas aos remanescentes florestais do maciço da serra das Matas, encontram-se espécies exóticas introduzidas pelo homem, testemunhando o passado de ocupação e exploração da região, como mangueira e bananeira, por exemplo.

A cobertura vegetal exerce papel considerável à proteção e conservação dos recursos naturais, principalmente no que diz respeito aos solos. Sua presença na superfície do terreno seja ao longo dos rios, lagos e reservatórios, fundamenta-se no amplo espectro de benefícios que este tipo de cobertura traz à dinâmica da natureza, exercendo função protetora sobre o solo e evitando o processo erosivo e o assoreamento dos ambientes hídricos. A vegetação, a copa das árvores e, principalmente, a serapilheira, funcionam

como amortecedores da energia cinética na gota d'água; esta, quando em contato direto com as partículas do solo, impede o primeiro passo do processo erosivo por salpicamento (FALCÃO SOBRINHO e COSTA FALCÃO, 2005).

Dada tal importância, estes mesmos autores realizaram um estudo no alto curso do rio Acaraú em suas três nascentes, na serra das Matas, para fins de análise de uma reconstituição da vegetação nativa com a vegetação atual.

Foram escolhidas três áreas das nascentes do rio Acaraú que marcam profundamente a paisagem e caracterizam a área em estudo: a) nascente “São Gonçalo”; b) nascente “detrás da serra” c) nascente “vila Coronel”.

A pesquisa foi iniciada com a reconstituição da vegetação nativa, entrevistando 50 moradores mais antigos para fins de registros referentes à vegetação, que, outrora, pudesse figurar as espécies existentes. Na oportunidade, realizaram-se coletas botânicas de espécies lenhosas no percurso do rio, perfazendo a mata ciliar nas três áreas. As espécies foram identificadas por meio da literatura especializada, por comparação com o material da EAC/UFC. Logo depois, foram estabelecidas as relações entre os fatores geocológicos atuantes nas áreas de estudo, correlacionando-as às espécies identificadas.

Apesar de se evidenciar uma antropização da área nas nascentes como um todo, o conhecimento empírico e os fatores abióticos levam à predominância das seguintes espécies (Tabela 1) que existiam há trinta anos.

Segundo Araújo Filho (2006), cerca de 70% das espécies nativas da caatinga fazem parte da alimentação de bovinos, caprinos e ovinos, portanto, apresentam potencial elevado para a produção de forragem. Sua riqueza é pouco conhecida, dificultando a seleção de espécies com potencial para um adequado manejo da vegetação extrativista. As espécies predominantes atualmente, conforme o material coletado nos meses de julho/2004 a julho/2005, temos expressadas nas (Tabelas 2,3 e 4).

Tabela 1 – Vegetação nativa

Família/ Espécie	Nome vulgar
<i>Cedrela fissilis</i>	Cedro
<i>Tabebuia avellanedae</i>	Ipê roxo
<i>Hymenaea oblongifolia</i>	Jatobá
<i>Chloroleucom tortun</i>	Jurema – branca
<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	Angico da mata
<i>Eythirina speciosa</i>	Mulungu
<i>Astronium urundeuva (Fr. All) Engl0</i>	Aroeira
<i>Cordia bicolor D.C.</i>	Freijó branco
<i>Cordia gocediana Hiber</i>	Frei jorge
<i>Myroxylon peruiferum L</i>	Balsamo
<i>Ingá bahiensis Bebth</i>	Ingá
<i>Simarouba versicolor St. Hill</i>	Paraíba

Fonte: COSTA FALCÃO e FALCÃO SOBRINHO (2005)

Os autores constataram a ocorrência de uma sucessão de espécies. Nos registros da nascente “São Gonçalo”, surgiram 17 espécies diferentes, distribuídas em 15 gêneros e 6 famílias; na nascente denominada “de trás da Serra” foi registrada uma diversidade maior, com 20 espécies diferentes, distribuídas em 18 gêneros e 10 famílias; e na nascente “Vila Coronel”, percebeu-se uma área mais degradada, pois foram identificadas 16 espécies diferentes em 14 gêneros e 6 famílias.

A composição florística da mata nativa apresenta apenas 30%, ficando os 70% com severas alterações. As clareiras estão sendo ocupadas por espécies arbóreas secundárias, resultante do processo de degradação por cultura de subsistência, como as que foram cultivadas no passado, ou seja, algodão e mamona, e por cultivos atualmente milho, mandioca e feijão, em áreas de mata ciliar.

Tabela 2 – Vegetação atual - Nascente “São Gonçalo”

<i>Família/ Espécie</i>	Nome vulgar
Boraginaceae	
<i>Cordia</i> sp.	Maria-preta
Capparaceae	
<i>Capparis</i> sp.	Feijão-brabo
Euphorbiaceae	
<i>Croton</i> sp.	Marmeleiro
<i>Ricinus communis</i> Linn.	Óleo de ricino
<i>Manihot</i> sp.	Periquiteira
<i>Sapium</i> sp.	Bura-leiteira
<i>Manihot</i> sp.	Maniçoba
<i>Phyllanthus</i> sp.	
Leguminosae Caesalpinoideae	
<i>Bauhinia cheilantha</i> (Bong.) Stend.	Mororó, pata-de-vaca
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Jurema-branca
<i>Senna (collad)</i> Irwin & Barneby	
<i>Senna spectabilis</i> (dc) bar. Excelso(schaceler) Irwin & barneby	
Leguminosae mimosoideae	
<i>Piptadenia</i> sp.	Jurema-branca
<i>Minosa caesalpinifolia</i> bent	Sabiá
	Jurema-branca
Myrtaceae	
<i>Camppomanesia aff dichotome</i> (beg) Mattos	
<i>Murcia cf splendens</i> (SW) DC	
Solanaceae	
<i>Solanum stipulaceum</i> Will. Ex. Roem& Sshult	Jurema-branca

Fonte: COSTA FALCÃO e FALCÃO SOBRINHO (2005)

Tabela 3 – Vegetação atual - Nascente “Detrás da Serra”

Família/ Espécie	Nome vulgar
<i>Anacardeaceae</i>	
Myracrodwon urudeuva	Aroeira
Boragineaceae	
<i>Cordia</i> sp	
Euphorbiaceae	
<i>Croton</i> sp.	Marmeleiro
<i>Sapium</i> sp	Maniçoba
<i>Maniopot</i> sp.	Burra leiteira
<i>Maniopot</i> sp.	Perquiteira
Leguminosae caesalpinoideae	
<i>Bauhinia cheilantha</i> (Bong.) Stend.	Mororó, pata-de-vaca
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Jatobá
Leguminosae mimosoideae	
<i>Piptadenia</i> sp.	Jurema-branca
<i>Mimosa caesalpiniiifolia</i> Bent	Sabiá
Leguminosae papilionoidae	
<i>Crotalaria aff. Incana.</i> L.	
<i>Lonchocarpus</i> sp	
Myrtaceae	
<i>Myrcia</i> sp	
<i>Myrcia cf. Incana</i> L.	
Sapindaceae	
<i>Talisia</i> sp.	Pitomba
Sapotaceae	
<i>Chrysophyllum sparsiflorum</i> Klotzstch	
<i>Solum stibulaceum</i> Willd Ex. Roem& Sshult	
Verbanaceae	
<i>Lantana camara</i> L.	
Vitaceae	
<i>Cissus</i> sp	

Fonte: COSTA FALCÃO e FALCÃO SOBRINHO (2005)

Tabela 4 – Vegetação atual - Nascente “Vila Coronel”

Família/ Espécie	Nome vulgar
Anacardeaceae	
<i>Myracrodwon urudeuva</i>	Aroeira
Capparaceae	
<i>Capparis</i> sp.	Feijão-brabo
Euphorbiaceae	Marmeleiro
<i>Croton</i> sp.	Marmeleiro
<i>Maniopot</i> sp.	Maniçoba
<i>Maniopot</i> sp.	Periquiteiro
<i>Sapium</i> sp	Burra leiteira
<i>Phyllanthus</i> sp	
Leguminosae Caesalpinoideae	
<i>Bauhinia cheilantha</i> (Bong.) Stend.	Mororó, pata-de-vaca
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Jatobá
<i>Piptadenia</i> sp.	Jurema-branca
Leguminosae mimosoideae	
<i>Mimosa caesalpinifolia</i> Bent	Sabiá
<i>Piptadenia</i> sp	Jurema branca
Leguminosae papilionoideae	
<i>Lonchocarpus</i> sp.	Angelim
Verbenaceae	
<i>Lantana câmara</i> L.	

Fonte: COSTA FALCÃO e FALCÃO SOBRINHO (2005)

Falcão Sobrinho (2006), procurou registrar as espécies nativas que havia em diferentes áreas ao longo da bacia do Acaraú em ambiente de depressão sertaneja: Braúnas (*Schinopsis glabra* (Engl.), Aroeiras (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.), Pereiros (*Aspedosperma pirifolium* Mart.), Juazeiro (*Zizyphus Joazeiro* Mart.), Sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.), Catingueira (*Caesalpinia bracteosa* Tul.) e Cumaru (*Amburana cearensis* (Fr. All.) A. C. Smith), Pau branco (*Auxemma onocalyx* Taub.), Jurema preta (*Mimosa hostilis* (Wild) Poir.

Hoje temos ainda árvores como Angico (*Parapiptadenia zenhtnen* (Harms.) M. P. Lms e Lima), Aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.), Xique-xique e Mandacaru, que passaram a ganhar espaços no cenário da paisagem. Em áreas mais ocupadas, temos o Mofumbo (*Combretum ieprosus* Mart.), Marmeleiro (*Cronton sonderianus*), Moleque-duro, Quebra-faca, entre outros, que

ganharam espaço. É possível, ainda, encontrar a Barriguda (*cavanilheira arbórea*) espécie em extinção (Figura 8).

Figura 8. Espécie em extinção Bariguda (*cavanilheira arbórea*),serra das Matas
Fonte: COSTA FALCÃO (2005).

Segundo Araújo Filho (2006), o ritmo de perda de vegetação primária pode alcançar até 2,7% ao ano; cerca de 80% da cobertura vegetal é secundária, com 40% mantida em estado pioneiro da sucessão secundária da caatinga; contudo, apesar das condições desfavoráveis e da provável vocação ecológica do semi-árido nordestino para a degradação, esta vegetação pode se recuperar se não ocorrer a intervenção humana.

No ambiente da zona litorânea, precisamente nos tabuleiros litorâneos, a vegetação era composta de Jangada (*Cordia tetrandia* Aubi); Café-bravo (*Bocoa molis* (Benth.) Cowan); Amargoso (*Vatairea macrocarpa* (Benth) Ducke); Murici de tabuleiro (*Byrsonima verbascifolia* Rich); Jucá (*Caesalpinia férrea* Mart.); Imbaúba (*Cecropia* sp.); Timbaúba (*Enterolobium*

contotosiliguium (Vell.) Morong) e o Pau-sangue (*Pterocarpus violaceus* Vog).e o Pau-d'arco-roxo (*Tabebuia impetiginosa* (Mart. Ex DC) Standl.).

Nas planícies aluviais, assim constituídas, aliadas às elevadas temperaturas encontram-se o habitat da preferência da carnaúba (*Copernicia prunifera* (Mill.) H.E.Moore), dominante entre as demais espécies arbóreas. Esta palmeira endêmica do Nordeste do Brasil ocorre no Ceará, geralmente, em associação com o mulungu (*Erythrina velutina* Jacq.), juazeiro (*Zizyphus joazeiro* Mart.) oiticica (*Licania rígida* Benth.) e ingá-brava (*Lonchocarpus sericeus* (Poir.) DC.), além de outras espécies arbustivas trepadeiras.

Percebe-se, a exemplo dos solos que a vegetação se apresenta fortemente degradada e, em parte, destituída de suas condições originais, tanto sob o ponto de vista fisionômico como florístico. Nesta análise, podemos pressupor basicamente concordando com Souza (2000), que a vegetação representa a resposta última que deriva do complexo das relações mútuas entre os componentes do potencial ecológico.

Constituindo a melhor expressão sintética dos dados abióticos do ambiente a vegetação tem influências múltiplas sobre a dinâmica do ambiente. Ela interfere na ação dos processos morfoclimáticos, influi sobre a pluviosidade e a temperatura do solo e do ar, modificando, assim, os microclimas locais e superficiais. Reflete na unidade e no trabalho exercido pelos agentes modeladores da superfície e interferem no acionamento dos processos morfogenéticos e pedogenéticos. Esses fenômenos são agravados durante as secas periódicas, provocando a morte de grande número de plantas da flora nativa e a redução do número de animais por falta de alimentos e água (MENDES, 1986).

A correlação entre as características físicas e o uso do solo tem como resultado uma característica sistêmica, ou seja, o uso e ocupação do solo nos levam ao resgate da nossa história.

4.1 Formas de uso e ocupação do solo

Fazendo um retrospecto da história da ocupação da bacia do rio Acaraú é possível dizer que o processo de ocupação foi de exploração acentuada, em seus diversos ambientes, tanto na zona litorânea e depressão sertaneja como em áreas de maciços úmidos.

Desde o início da ocupação dos portugueses, a bacia do Acaraú apresentava fundamental importância econômica e social. Sua estabilidade perdurou durante anos, com produtividade satisfatória. As reservas hídricas eram responsáveis até certo ponto pelo equilíbrio dos sistemas da agricultura familiar. Os fazendeiros construíam suas fazendas aos redores dos riachos e plantavam suas culturas de subsistência, onde a água em geral era armazenada durante todo o ano.

A história nos permite enfocar que os portugueses viam a terra como possibilidade de produção de alimentos, e viam na comunidade indígena sua principal fonte de mão-de-obra. Para tanto, os costumes desses povos teriam que ser substituídos por uma cultura do homem branco, desde suas práticas de serviço de mão-de-obra às suas crenças. Então, iniciaram-se as relações entre a cultura do povo europeu e o indígena, como também começava um novo processo de uso do solo.

A zona litorânea, quando ocupada pelos portugueses, propiciou uma série de modificações impostas à paisagem, alterando e até mesmo substituindo a vegetação natural para o estabelecimento da agricultura, desde o algodão nativo, como os paus de cores (*Chlorophora tinctoria*), tais como a tatajuba (*Badassa guianensis*) e o pau-violetam (*Peltogyne paniculata*).

Como a cana-de-açúcar não foi significativa em termos de produção, ao longo da bacia surgiu a pecuária, a qual era tida em segundo plano nos demais estados, e no Ceará encontrou um pólo propulsor no avanço de

conquistas na ocupação da depressão sertaneja. Com isso, o emprego da pecuária seguiu a ocupação do sertão cearense, sempre às margens dos rios.

O sertão foi colonizado pela atividade da pecuária, com a marcha do gado e o desmatamento para a expansão agrícola. Desde a atividade da pecuária, o plantio do algodão e lavoura de subsistência ocupou principalmente os solos mais férteis, particularmente os Aluvissolos, que tem expressividade espacial bastante significativa nos sertões. Hoje são solos desprovidos de seu horizonte superficial.

O uso e a ocupação do solo nas margens dos rios e de nascentes ocorreram predominantemente, com agricultura e o pasto. A mata ciliar, que é a cobertura vegetal natural nas Áreas de Preservação Permanente, representa uma área muito significativa em termos de nutrientes. Apesar de estarem protegidas por legislação federal e estadual, as matas ciliares continuam sendo derrubadas, causando sérios problemas, rompendo com o Código Florestal e consequentemente comprometendo a conservação e preservação dos recursos hídricos na bacia.

Indo refletir no avanço dos processos de erosão e consequentemente, o assoreamento no riacho, fazendo-se necessária a aplicação das técnicas de conservação do solo quando por ocasião do cultivo para agricultura e uso de pasto, com vistas a minimizar os efeitos danosos da erosão.

Esta seqüência linear em direção à superfície sertaneja que o rio propiciava foi retratada por Prado Jr. (1994), quando expressa que a atividade pecuária surgiu induzida pela atividade açucareira, em função da disponibilidade de terras e do caráter extensivo do criatório que não exigia muita mão-de-obra. Os focos difusores da pecuária foram Bahia e Pernambuco. Na segunda metade do século XVII, o foco originário da Bahia alcança o rio São Francisco e daí toma duas direções. Uma, prossegue ao longo do rio São Francisco e a outra transpõe, já alcançando

o Piauí, ao final do século XVII, cujas condições naturais são bem mais favoráveis, pois as chuvas são mais freqüentes e a qualidade da forragem é melhor.

Com a efetivação do gado na paisagem da superfície sertaneja, seu comércio ganhou dimensão para outros estados; daí a necessidade de exportá-lo. Como o percurso para os estados do Sul era distante, criou-se a prática do charque, que consistia em sal na carne. Esta passou ser transportada pelos portos, começa, então, uma nova forma de ocupação entre a zona litorânea e a superfície sertaneja.

Mediante tal situação, a ocupação da bacia do Acaraú tomou uma nova dimensão. No processo de ocupação, o percurso do rio possibilitou o adentramento do criado (escravos) onde deu a formação das vilas e fazendas, consolidou-se, propiciando assim, o retorno do próprio gado para fins de exportação. Este fato é importante, pois começa a intensificação da distribuição de terras através das sesmarias, em que tinha por objetivo a criação de gado, nas margens dos cursos dos rios.

Dentre alguns autores, Girão (1962;1964) e Jucá (1989) destacam o fato de que a criação do gado foi afetada de sérios revezes, em virtude das secas, sobretudo com a ocorrência no período de 1790-93. Surge, então, uma nova cultura na ocupação da depressão sertaneja, o algodão.

Após o século XVIII, das grandes secas, houve uma grande procura de terras mais produtivas para o desenvolvimento das atividades agrícolas como exemplo, o café, cana de açúcar e algodão. Insere-se assim, mais uma etapa na ocupação do espaço cearense, justamente na ocupação das áreas serranas, no qual tem se colocado tradicionalmente como setores de agricultura das mais significativas, foram destinados a um uso intenso de ocupação.

Os maciços residuais recebem influências da zona de convergência intertropical através da umidade provinda da ação da Massa

Tropical Atlântica, condiciona precipitações pluviométricas mais regulares e abundantes. Nesta circunstância, em decorrência da umidade apresentam uma cobertura vegetal perenifólia, e solos de boa capacidade agrícola, como o Neossolo Flúvico, Planossolo Solódico e Argissolo Vermelho Amarelo. Surgem como verdadeiras ilhas de umidade em meio à depressão sertaneja submetida à semi-aridez, compondo a nossa área de estudo temos a serra da Meruoca e a serra da Matas, esta última representando uma das áreas da pesquisa, podemos visualizar através da figura 8.

Esta área úmida, no processo histórico, é alvo de modificações pela intervenção humana sobre o ambiente, alterando e até mesmo substituindo a vegetação original. Merecem destaque as modificações impostas à paisagem pelo homem, fato que vem ocorrendo desde o início da colonização. São, atualmente, representadas pela vegetação secundária, que é uma vegetação proveniente da derrubada florestal, por processos que vão desde a devastação para o estabelecimento da agricultura e retirada das árvores de valor econômico.

Observam-se na atualidade, serras destituídas de suas matas, antes responsáveis pela formação de microclimas de altitude, brejos de cimeiras, fertilidade das encostas e vales, abrigo e manutenção de uma fauna variada. Hoje algumas espécies vegetais típicas do semi-árido nordestino, a exemplo da jurema preta (*Minosa nigra* Hub), (*Minosa tenuiflora* Benth), começam a invadir a serra.

De celeiro regional, a serra da Meruoca (COSTA FALCÃO, 2002) e a serra das Matas passaram a importadoras dos produtos agropecuários que consome e da madeira de que necessita. Observam-se nestes maciços residuais diferentes usos e ocupações.

Figura 9. Vista da serra das Matas no período de chuva, em nevoeiro.
Fonte: COSTA FALCÃO (2006).

Em algumas áreas, restam paisagens naturais, remanescentes, isto é, ainda se conserva um pouco das paisagens naturais semelhantes à primitiva, como também áreas degradadas, resultantes das ações inadequadas do homem. As práticas agrícolas operam-se inadequadamente, sem técnicas de plantio que atentem para as curvas de níveis, propiciando erosão nas vertentes onde se verifica mudança constante na paisagem, ocasionando impactos ambientais negativos relacionados ao desmatamento, elevados índices de queimadas, falta de tempo para pousio, entre outros. Verifica-se que a atividade voltada à agricultura é de caráter familiar.

A intensidade do desmatamento nas áreas de maciço úmido foi condicionada pela disponibilidade de madeira e pela procura de terras férteis para o plantio. Além da busca de novas terras para cultivo anualmente, outro fator forte da degradação ambiental é a cultura nordestina fortemente influenciada pelos hábitos indígenas de brocar e queimar, além de destruir a cobertura vegetal e a matéria orgânica, a qual induz a menor infiltração da água no solo e a erosão, sem esquecer a danificação da microbiologia do solo, que, em conjunto, levam ao desequilíbrio e à esterilidade do solo, conforme já citado por Falcão Sobrinho e Costa Falcão (2005).

Silva (2000) comenta que essas áreas de enclaves privilegiadas do semi-árido, onde apresentam condições fisiográficas únicas e especiais de clima, solo, topografia e vegetação, constituindo verdadeiro oásis em meio às adversas condições predominantes nos cerca de 90.000.000 de hectares que compõem o semi-árido do Nordeste, considerando essas condições, nesses enclaves do semi-árido, deveriam existir políticas intensivas de desenvolvimento agrícola em associação com atividades de proteção ambiental.

Admite-se que grande parte dos processos erosivos, independentemente da sua tipologia, origina-se da ação do homem, que provoca

desequilíbrios, sobretudo no comportamento das águas superficiais e subsuperficiais. Mesmo com as limitações do ambiente físico, percebemos que a degradação está relacionada com a forma como se deu a ocupação deste espaço.

Objetivando maior compreensão da forma de como se estabelecem as relações diretas do homem no campo, podemos visualizar no quadro 1 o calendário agrícola anual que expressa a realidade nas duas áreas de estudo, na qual a expansão das áreas de cultivo vem ocorrendo principalmente em áreas impróprias para a agricultura, como já especificado. Os agricultores reproduzem técnicas rudimentares de manejo, com a prática predominantemente do preparo convencional do solo, com uso do desmatamento e queima.

A amenização ambiental provocada pelas chuvas de verão levou o sertanejo a designar o período chuvoso sob o nome de inverno. Uma troca compreensível, designações sazonarias. O importante a observar é o fato de que, quando chove muito nos tabuleiros e planícies costeiras, em função das chuvas de inverno ali predominantes, os sertões secos esbranquiçados das caatingas vivem seu período de perda quase total de folhas, sob sol inclemente e rios de fluxos cortados.

Quadro 1 Calendário Agrícola em agricultura de subsistência

Ano 2005												Ano 2006					
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
	Plantio na Cinza (Roça)									Preparo da Terra		Plantio na cinza					
		colheita								Queimada		colheita					
	Inverno					Verão (estiagem)					Inverno						

Fonte: (Thomaz, E.L.,2003).

O ciclo agrícola dos mais diferentes sistemas de produção subordina-se às alternativas entre a estação chuvosa e a estação seca. Nas áreas mais

afastadas das margens dos rios a condição é estreitamente relacionada com a condição da precipitação, planta-se quando chove e no geral tem-se só uma colheita. Já as margens dos canais fluviais, em decorrências das condições de solos e umidade mais favoráveis, o plantio dá-se por mais de uma colheita.

O preparo da terra para o plantio é iniciado no ano anterior, nos meses de novembro e dezembro, dependendo das previsões pluviométricas. O plantio é manual, são feitos sulcos paralelos, no sentido de morro abaixo, onde é depositada a semente; é feito no inverno, nos meses de janeiro e fevereiro. As culturas predominantes são: o milho, o feijão e a mandioca. Vale ainda salientar que o resto da cultura do roçado anterior o agricultor arrenda para o vizinho que tem o gado. A lotação de animais naquela pequena área ocasiona mudanças nas características físicas do solo, predispondo, com grande frequência ao processo erosivo.

O ciclo completo da cultura do feijão é de 60 a 90 dias, no caso de colheita de vagens verdes é de 90 a 120 dias para a produção de grãos é de 300 a 500 mm de água para o seu desenvolvimento. As chuvas em excesso, característica própria do semi-árido e temperaturas altas causam a queda de flores e aumentam a incidência de moléstias. De forma geral é muito sensível à umidade do solo e sua produtividade pode ser fortemente afetada mesmo com curtos períodos de falta d'água.

O milho atinge a maturação entre 80 a 110 dias (Figura 10), para as produções ótimas, variedades de ciclo médio de 90 a 110 dias, exigindo 500 a 800 mm por ciclo, dependendo das condições climáticas, o período de máxima exigência é na fase de embonecamento ou pouco depois dele; por isso, déficits de água que ocorrem nesse período são os que provocam maiores reduções na produtividade, é considerada não muito apropriada para o semi-árido por sua sensibilidade à falta d'água na época da floração. O sistema radicular é fasciculado e sua profundidade é determinada geneticamente, de modo geral, cerca de 60% do sistema se encontra na

camada superficial de 0-30cm. Motivo pelo qual, podemos encontrar plantações em meio à matacões.

Figura 10. Cultivo de milho, atingindo a maturação, plantado sentido morro abaixo, no inverno, serra da Matas (CE).
Foto: COSTA FALCÃO (2006).

A deficiência d'água por muitas vezes chega a limitar o cultivo de milho e feijão, algumas vezes não são plantados ou ficam restritos ao primeiro ano depois da queima. Passa a predominar a mandioca, por ser mais resistente e capaz de produzir em solo pouco férteis e adaptadas a uma relativa deficiência de água. A mandioca não é uma cultura de alta rentabilidade e a fabricação artesanal de farinha demanda muita mão-de-obra, e pequenas indústrias de farinha começam a se disseminar na região. Hoje, tem-se o plantio da palma como um melhor recurso oferecido, pois não corre o risco de perda de produção por ser mais resistente.

As palmas forrageiras (Figura 11) são plantas adaptadas ao semi-árido, e que além de crescerem com grande eficiência de uso da água, têm ótima capacidade de reter a umidade interna e se de manterem verdes. Por isso, são usadas como reserva de alimento para épocas secas para o gado.

Figura 11. Plantio de palmas forrageiras, na serra das Matas (CE).
Foto: COSTA FALCÃO (2006).

Hoje a produção de forragem compete por área com a agricultura, geralmente é feita como uma cultura, com capins de corte. Tem a vantagem de garantir alguma colheita, mesmo com pequeno crescimento. A escolha entre forragem e cultura depende muito do tamanho das propriedades ou se planta cultura de subsistência e corre o risco de não colher nada em ano de pouca chuva ou planta forrageira e se tem garantida uma renda ou pela produtividade ou ainda mais garantida ainda quando se aluga a terra por um salário ou que se produza ou não.

Os totais pluviométricos das áreas de maciços não são geralmente muitos elevados, se comparados com as áreas de depressão sertaneja. Nos maciços as árvores têm maior capacidade de explorar os lençóis de água e reciclar nutriente das camadas mais profundas do solo e podem introduzir variações fenológicas, como, por exemplo, a floração dos umbuzeiros ao fim da época seca. O cultivo da mangueira predomina em algumas áreas mais úmidas, é uma espécie perene, adaptada a uma sazonalidade bem marcada na precipitação.

Ocorre que menos áreas novas são abertas para o cultivo e que o ciclo de pousio se reduz nas áreas mais favoráveis, daí a produção de lenha que era integrada com a agricultura itinerante vem se dissociando. As outras utilizações da vegetação nativa, além de pasto e lenha, apenas a produção de cera de carnaúba, óleo de licuri e frutos de umbu se destacam economicamente.

A pecuária utiliza a vegetação nativa das encostas e topos como suporte principal. Nela é plantada palma forrageira, principalmente capins de corte e algarroba e os restos de cultivo dos roçados como pasto. O cultivo de uma área maior por trabalhador nas encostas do cristalino é dificultado pelo solo raso e frequentemente pedregoso e pelo custo alto da destoca. O que realmente difere as duas áreas é a profundidade do solo.

No verão, o solo dessas áreas de cultivo fica apenas parcialmente recoberto e nos meses de setembro a dezembro, ocasião em

que o período seco é mais crítico, os solos ficam descobertos sem as folhas das plantas, exibem as cores pálidas e brancas do horizonte A, desidratado, quando não os afloramentos de rochas ou ainda no pouco que ficou da resteva é colocado o gado para se alimentar. Na figura 12, podemos observar o período de maior incidência de chuvas, o solo está totalmente desnudo; este fato, aliado ao manejo convencional, favorece o desgaste do solo.

O substrato cristalino que domina na maior parte, os solos rasos e as chuvas concentradas em poucos meses (janeiro a abril) são condições que não favorecem a permanência da água no lençol, de modo a impedir o crescimento das plantas. Por esta razão, as espécies, embora adaptadas à seca, permanecem durante o longo estio com baixa atividade metabólica e, portanto, não há incremento de biomassa. Os anéis de crescimento param durante o estio, proporcionando a lentidão da recuperação da comunidade vegetal após um corte, até se refazer com perdas de algumas espécies mais exigentes. Este processo repetido, ano após ano, em sucessivos cortes, ocasiona o empobrecimento da cobertura vegetal.

Na figura 13 destaca-se a cobertura da terra após o manejo com fogo, verificando a presença de troncos, galhos e matacões sobre a superfície recoberta com cinza. O resto da cultura anterior depositado no solo durante o pousio foi consumido pelo fogo, ocasionando o surgimento de um canal efêmero (seco) que foi exposto após à queimada. Essa roça foi praticada em segmento convexo, com declividade entre 12 a 14%, sob solos rasos com profundidade de 1m. Podemos observar a pedregosidade tanto na superfície como no interior do solo, com presença principalmente de fragmentos de rochas (seixos e grânulos). Este fato, contudo, não impede que o agricultor cultive o milho em meio aos matacões. Apesar de o milho possuir raízes adventícias na parte superior, constata-se, mesmo assim em muitos casos o solapamento das plantas (cova) devido ao escoamento superficial.

(a)

(b)

(c)

(d)

Figura 12. Preparo da terra para o plantio: (a) aspecto da cobertura da terra após a queimada durante os meses de novembro e dezembro; (b) plantio de milho no sentido morro abaixo, no inverno, em solo com fragmento de rochas; (c) solo exposto, após o período da colheita, expondo manchas dispersas de solo (d) período estiagem os solos permanecem descobertos. Foto: COSTA FALCÃO (2006).

(a)

(b)

(c)

Figura 13. Área preparada para o plantio na serra das Matas. Vertentes pós-queimada e destoca, apresentando nitidamente as formas de relevo: a) Observa-se que as mangueiras foram atingidas pelo fogo; b e c) presença de canais de sulcos e acentuado afloramento rochoso. Foto: COSTA FALCÃO (2006).

O que observamos foi a persistência no uso do manejo convencional. Experimento realizado por Costa Falcão (2002), em outra área de maciço, a serra da Meruoca, demonstra que esta prática agrícola é extremamente susceptível à erosão. A autora desenvolveu um monitoramento em uma área experimental com solo Argissolo Vermelho Amarelo eutrófico. As parcelas foram instaladas no sentido de avaliar a produção de biomassa do milho como indicador da produtividade do solo, em classe de erosão conservada e em classe de erosão degradada, em interação com dois sistemas de manejo (preparo convencional e plantio direto na palha) e dois níveis de adubação nitrogenada, associada as técnicas de plantio direto e preparo convencional em nível de pequeno agricultor no sentido de recuperação da produtividade do solo nas áreas afetadas pela erosão, com declive média de 17%, por meio de chuvas.

Os resultados obtidos indicaram que os melhores atributos do solo na classe da área conservada influenciaram a maior produção de biomassa do milho, foi claramente evidenciada ao observar-se que o plantio direto, sem adubo, na classe de erosão da área conservada ($6,672\text{tha}^{-1}$), foi superior ao preparo convencional adubado na classe de erosão da área degradada ($0,825\text{tha}^{-1}$), com um acréscimo de 708,7%.

Dessa forma, isso constitui sério obstáculo à sustentabilidade da agricultura local. Além disso, o aumento das taxas de desmatamento, em virtude da rotação de terras em busca de novas áreas, faz abrir nova clareira e derrubar nova mata para a implantação dos roçados, o que é potencialmente um grave problema ambiental, principalmente porque, durante a derrubada das matas e queima dos restos, os mais elementares princípios de conservação do solo e de capacidade de uso das terras são ignorados.

Este processo é mais agravante ainda nas encostas das serras e das chapadas. Ocorre um maior desgaste do solo ao permanecer totalmente exposto, e contornado por elevações com declividades íngremes e suaves, colabora para a descida dos sedimentos em chuvas de alta intensidade, tanto por efeito da gravidade, quando pela ação da erosão eólica. Indo originar, sulcos e ravinas que

se transformam em voçorocas e depois de levar todo o material expõe as rochas do substrato. Nos maciços residuais quando em área de depressão podemos encontrar estágios avançados em seqüências destes fatos. Justifica-se por consequência de um antropismo, ao longo do processo histórico, onde teve sempre uma dinâmica crescente assumindo proporções relevantes nos últimos anos.

Por essas razões, a caracterização do uso e ocupação do solo nas sub-bacias demonstra a necessidade de avaliar a nível exploratório, os efeitos negativos da ausência da cobertura vegetal em áreas de cultivo em ambientes fluviais, a que se propõe esta pesquisa.

6 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para que possamos ter um entendimento da natureza na sua totalidade, na sua integralidade, vimos no capítulo 4 o conjunto de componentes que integram o contexto geoambiental da nossa área de estudo com base na compreensão da natureza como eles se relacionam mutuamente. Considerando as variáveis ambientais descritas como atuantes e preponderantes na ocorrência de erosão, levantamos a hipótese de que o principal mecanismo de erosão atuante seja o escoamento por águas superficiais. Conforme Guerra (1998), esse processo terá evidência em função das várias características físicas, químicas e morfológicas apresentadas pelo solo, além das condições climáticas e do uso da terra.

Quando se pretende estudar processos erosivos vinculados ao escoamento pluvial, necessário se faz o conhecimento das relações entre a intensidade, a duração e a frequência da chuva, uma vez que estes são fatores que definirão o volume e a velocidade de tal escoamento, sendo de enorme importância para o controle de erosão.

Diante do exposto, tal análise é precedida de um acompanhamento do comportamento dos aspectos pluviométrico regional e local. Os dados e análises tiveram como base as informações da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), sobre a bacia do rio Acaraú..

6.1 Análise precipitação pluviométrica

O semi-árido nordestino é uma área definida, climaticamente, com deficiência hídrica na maior parte do ano, abrangendo centenas de milhares de quilômetros quadrados e com grande heterogeneidade, espacial e temporal, nas condições de deficiência. Exibe quadros muito variados e uma estação chuvosa de 3-5 meses, alternando-se com período de 7-9 meses secos, com totais pluviométricos variando de 500 a 750mm.

Para a sua definição, usou-se indicadores simples de semi-áridez, como médias de precipitações anuais e/ou mensais, relacionadas ou não a médias de temperatura do ar e de evaporação ou evapotranspiração (REDDY, 1993). Tem-se enorme volume de dados sendo trabalhados nas duas últimas décadas, principalmente com objetivos climáticos, mas ainda pouco aplicados aos estudos agrícolas, em escala regional. Este fato nos direciona a considerar como relevante, neste momento inicial, a escala temporal, para, em seguida, procurar adaptar estes conhecimentos aos dados das duas áreas experimentais.

Neste momento, é bastante representativo o fato de fazermos uma leitura dos municípios da bacia situados nas duas unidades geomorfológicas, depressão sertaneja e maciço residual, áreas dos respectivos locais do presente estudo, para uma melhor compreensão das análises dos dados dos dois anos de monitoramento das respectivas áreas que irão ser discutidas adiante. A análise dos dados pluviométricos da Bacia Hidrográfica do rio Acaraú, extraídos dos boletins pluviométricos da FUNCEME, nos últimos 23 anos (1984 a 2006), permitiram uma série de observações a respeito das chuvas regionais, onde verificamos uma diferenciação em toda a bacia, conforme podemos visualizar na figura 24.

Nesta série histórica de 23 anos, observam-se irregularidades das precipitações, ou seja, dos 21 municípios analisados, 14 apresentam um índice superior às precipitações que caracterizam o semi-árido, de 600 a 800 mm. Nas barras amarelas, visualizamos os municípios localizados na depressão sertaneja. Destes, observamos que alguns apresentam média da precipitação acima do índice superior de 800mm: Graça, Ipú, Ipueiras, Mucambo, Pacujá, Sobral. Nos municípios localizados nas proximidades da serra das Matas, mais ao sertão central do estado, as médias nas precipitações tendem a decrescer. Como exemplo, temos Catunda e Tamboril, com médias de 647mm e 677mm, respectivamente

Figura 24. Precipitação Média anual dos municípios que compõem a bacia do rio Acaraú, referente ao período de 1984 a 2006.

Fonte: Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME).

Dados coletados e trabalhados por COSTA FALCÃO (2007)

Estas alterações de condições climáticas podem ser justificadas em decorrência do relevo, pois estes municípios se encontram localizados na borda da serra da Ibiapaba e da serra da Meruoca. Em face das suas altitudes, que atingem mais de 900m e do conseqüente efeito orográfico, condicionam precipitações anuais que podem atingir até mais de 1.400 mm, favorecendo uma reciclagem de umidade pela constante formação de nevoeiro no período da estação chuvosa.

As barras em cor marrom mostram os municípios localizados em área de maciço residual, entre os quais o maciço residual da serra das Matas, área do presente estudo. Oscila em torno de uma média de precipitação de 668,9mm, portanto, um índice bem menor, tanto em relação a estes municípios citados da depressão sertaneja, como em relação ao maciço residual da serra da Meruoca, que se apresenta com um índice de 1.472,8mm, o mais elevado de toda a região, pois se encontra

aproximadamente a 100 km de distância do mar, enquanto a serra das Matas, 320 km, com uma altitude variando de 700-900m.

Conforme esclarecido anteriormente, dentro dos limites geográficos do semi-árido, estão inseridos muitas áreas privilegiadas por altas normais pluviométricas em função dos fatores orográficos por altitudes que superam 900m. São áreas de serras, planaltos e maciços. Isto pode ser verificado numa classificação climática generalizada feita por Ab'Saber (s.d) para o semi-árido nordestino, na qual, numa perspectiva ampla, se pode identificar quatro situações distintas, a saber: semi-árida acentuada, semi-árida rústica, semi-árida moderada e sub-úmida passando a úmida.

Este é um exemplo típico dos maciços residuais da serra da Meruoca e da serra das Matas, pertencentes à Bacia Hidrográfica do Rio Acaraú, que apresentam precipitações pluviométricas mais regulares e abundantes, pelas próprias condições de relevo, clima e solo, com aptidão para o cultivo, sendo responsáveis pela manutenção de inúmeras famílias nos municípios dos maciços e da serra.

No geral, o semi-árido está vinculado a essas condições de baixas precipitações e altas temperaturas, ao que se aliam à alta variabilidade interanual dessas chuvas e a irregular distribuição espacial, que caracteriza tão bem o semi-árido nordestino. Andrade (1977) confirma este aspecto, ao comentar a respeito da distribuição espacial e temporal das chuvas. O semi-árido nordestino não é atingido ao mesmo tempo e de forma generalizada pelas secas, em virtude dos fatores responsáveis pelas chuvas, tais como os movimentos da Zona de Convergência Intertropical (CIT) e as descargas da Frente Polar Atlântica (FPA), caracterizando faixas climáticas distintas no interior do trópico semi-árido, contrariando de forma sistemática os que insistem em generalizá-la.

Esta característica é bastante acentuada nos dois ambientes da área de estudo. As chuvas ocorrem de forma concentrada; cerca de 70% caem

durante os meses de fevereiro, março e abril, seja em área de depressão ou de maciços, ficando o restante dos meses sem chuva. O que nos chama atenção é que ocorrem em poucos dias, conforme podemos visualizar na figura 25.

Figura 25 - Média total de dias chuva, referente ao período de 1984 a 2006.
 Fonte: Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME).
 Dados coletados e trabalhados por COSTA FALCÃO (2007)

Percebe-se acentuada disparidade nos valores em relação à distribuição dos dias de chuvas. A média do período chuvoso no maciço da Meruoca é de 63 dias de chuva por ano, com um máximo de 115 dias, ocorrido no ano de 1985; enquanto isso, no maciço da serra das Matas, a média anual de chuvas é de 49 dias por ano, com um máximo de 78 dias, o que ocorreu no mesmo ano do maciço da Meruoca.

Verifica-se que não existe distribuição regular durante os meses de chuva, concentradas em poucos dias do ano. Associado a este fato, o mais agravante, ainda, podemos evidenciar na figura 26 que estas chuvas ocorrem numa média de 9 a 15 dias; são chuvas intensas, algumas

torrenciais, que contribuem com 50% do total de toda a precipitação, enquanto o restante das chuvas é leve.

Figura 26 - Quantidade de dias de Precipitação em que já havia chovido 50% nos municípios que compõem a Bacia do Acaraú em área de depressão sertaneja, referente ao período de 1984 a 2006.

Fonte: Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME).
Dados coletados e trabalhados por COSTA FALCÃO (2007)

Esta constatação pode ser verificada ainda na figura 27, onde mostra as barras de distribuição do total de dias de chuva, acompanhado da média total de dias que contribuem com 50% a 60% do ano.

Figura 27 - Precipitação média anual e comparação do total dos dias de chuva e quantidade de dias em que já havia chovido 50%, referente ao período de 1984 a 2006.

Fonte: Fundação Cearense de Meteorologia.

Dados coletados e trabalhados por COSTA FALCÃO (2007)

Vimos, portanto, que os dados da compartimentação geomorfológica do maciço residual apresentam resultados surpreendentes. Temos a média de apenas 9 a 14 dias referentes a todo ano; vendo-se que não houve diferença significativa em relação aos dados de depressão de 7 a 14, poderíamos esperar melhor distribuição em virtude de apresentar um índice maior de chuva, no caso da serra da Meruoca, no entanto, a diferença não é significativa em relação às áreas de depressão sertaneja. Estes dados tornam-se relevantes e bastante significativos, pois, de acordo com a literatura, a variação espacial da intensidade das precipitações (volume), associada a sua frequência (concentração em alguns meses do ano), foram fatores primordiais para avaliar o resultado do material erodido.

Esta leitura proporcionará melhor compreensão do que ocorre em relação ao efeito das chuvas, no que concerne ao transporte de sedimentos, já que, por problemas de ordem operacional, não foi possível registrar os dados de intensidade das chuvas nos experimentos.

Esta situação pode ser visualizada em uma comparação das representações das médias de precipitação no ambiente de depressão sertaneja e de maciço residual. Os índices de precipitação de 18 meses de monitoramento da pesquisa encontram-se respectivamente nos quadros 2 e 3 e nas figuras 28 e 29. As chuvas ocorreram durante a estação chuvosa no período de janeiro a junho; apresentaram-se com certa diminuição em quase toda a bacia do Acaraú, em relação aos últimos anos.

No quadro 2 estão representados os dados da área 1 Maciço Argissolos, registrados durante o monitoramento 108 eventos pluviométricos em um total de 1.198,20mm, sendo que no ano de 2005 foram computados 67 eventos, num total de 616,4mm; e, no ano de 2006, foram 41 eventos, um total de 583,5mm. Essa precipitação foi 0,8% mm abaixo da média histórica dos 23 anos de 668,9. No quadro 3 encontra-se os dados da Área 2 Depressão Luvisolos, o registro total do monitoramento foi de 83 eventos com uma precipitação de 1.229,4mm, sendo no ano de 2005 um total de 520,00 mm; e para o ano de 2006, um período menor, somente até o mês de maio, perfazendo um total de 709,4mm, este total foi 0,7% mm, abaixo da média histórica dos 23 anos de 811,5mm, conforme visto anteriormente na figura 24.

A comparação mensal dos valores de chuva para as áreas apresentadas nas figuras 28 e 29 revelou que ao longo do monitoramento, a área 1 Maciço/Argissolos, as chuvas foram bem mais distribuídas com relação ao número de dias com um período de chuva de janeiro a junho, com época de estiagem compreendendo os meses de julho a dezembro nos dois anos de monitoramento. Deste total, 50% caem em, de janeiro/março, e o restante nos meses de abril a junho.

Quadro 2. Precipitação diária janeiro de 2005 a julho de 2006, durante o monitoramento na Área 1 Maciço/Argissolos.

Mês dia	2005 Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	2006 Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
1	-	-	-	3,6	-	3,6	-	-	-	-	-	-	48,4	-	21,4	5,0	8,2	-
2	-	-	-	1,6	-	10,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19,1	-
3	-	-	-	-	19,1	11,0	-	-	-	-	-	-	-	-	5,0	-	-	-
4	-	-	-	2,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19,0	-
5	-	-	-	-	-	4,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,6	-
6	-	-	-	-	-	5,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,4	20,8	11,0
7	-	-	-	-	-	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,4	-
8	-	-	-	20,0	-	3,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,0	4,4	-
9	-	-	-	1,0	3,6	3,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,6	-
10	-	-	-	2,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	8,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,4	-	-	-
12	-	-	-	-	4,5	2,0	-	-	-	-	-	-	-	4,0	-	-	-	80,0
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	3,4	-	-	3,5	10,1	5,1	-	-	-	-	-	-	-	8,8	-	-	-	-
15	70,0	3,2	-	3,6	5,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,6	-	6,0	-
16	-	3,6	-	-	2,4	5,5	-	-	-	-	-	-	-	-	5,0	21,8	3,6	9,2
17	12,	20,9	4,2	-	3,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,0	-	-	-
18	-	17,2	-	-	34,5	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	-	1,0	17,7	-	1,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	3,8	-	6,6	6,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,0	-	-	-
21	-	-	5,3	3,2	7,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,8	-	-	-
22	-	-	3,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,2	-	-	-
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9,4	45,4	-	-	-
24	2,8	-	-	-	11,3	-	-	-	-	-	-	-	-	62,0	-	-	29,8	-
25	6,0	-	19,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22,4	-	13,0	-	-
26	41,0	-	41,0	14,3	1,6	-	-	-	-	-	-	-	-	7,2	-	-	-	3,0
27	5,5	-	4,4	2,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,2	-
28	-	-	28,2	-	7,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9,8	4,8	-	-
29	3,2	-	3,6	22,2	5,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	-	-	13,0	-	3,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,6	-	-
31	-	-	1,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Dados coletados e organizados por COSTA FALCÃO, C.L (2007).
- dias em que não houve precipitação.

Quadro 3. Precipitação diária entre janeiro de 2005 a julho de 2006, durante o monitoramento na Área 2 Depressão/Luvissolos Crômicos.

Mês	2005												2006					
dia	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
1	-	-	-	37,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,6	-	-	-
2	-	-	-	30,0	23,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32,0	-	15,8	-
3	-	-	-	-	56,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15,0	19,1	-
4	-	-	-	7,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10,6	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	38,8	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12,6	28,8	-
9	-	-	8,0	-	-	3,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	12,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,6	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,2	-	65,2	-
12	-	-	12,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,2	-	-	-	-
13	-	17,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25,0	-	-
14	-	-	-	7,0	-	-	-	-	-	-	-	-	3,4	6,0	-	-	-	-
15	-	-	-	7,0	-	-	-	-	-	-	-	-	70,0	12,8	-	-	4,0	-
16	-	6,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17,6	4,0	-
17	-	6,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12,5	28,2	4,2	9,4	8,0	-
18	42,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,2	-	-
19	-	-	9,0	-	6,0	-	-	-	-	-	-	-	15,8	-	17,7	-	-	-
20	-	-	7,0	-	6,0	-	-	-	-	-	-	-	3,8	-	6,6	-	-	-
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,3	-	-	-
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	34,0	-	-	-
23	12,0	-	7,0	-	25,0	-	-	-	-	-	-	-	-	10,0	-	-	-	-
24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,8	-	10,8	-	-	-
25	36,0	-	22,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,0	-	8,6	-	-	-
26	-	10,0	7,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	41,0	-	-	11,8	-	-
27	-	9,0	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,5	-	10,2	-	-	-
28	-	5,0	6,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23,2	-	-
29	-	-	5,0	28,0	-	-	-	-	-	-	-	-	3,2	-	-	-	-	-
30	-	-	12,0	17,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,0	2,0	-	-
31	-	-	13,0	-	5,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,0	-	-	-

Dados coletados e organizados por COSTA FALCÃO, C.L. (2007).
- dias em que não houve precipitação.

Figura 28 - Precipitação Mensal entre janeiro 2005 a junho de 2006, período de pesquisa em Monsenhor Tabosa na Área 1 maciço/Argissolos.

Fonte: Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME)

Dados coletados e trabalhados por COSTA FALCÃO (2007)

Figura 29 - Precipitação Mensal entre janeiro de 2005 a julho de 2006, período da pesquisa em Groaíras na Área 2 depressão/ Luvissolos Crômicos.

Fonte: Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME).

Dados coletados e trabalhados por COSTA FALCÃO (2007)

Conforme destacado anteriormente, as características locais, altitude e temperatura contribuem para essa diferenciação. Os dados pluviométricos permitiram, ainda, verificar que há maior incidência de chuvas pesadas em janeiro e março, principalmente neste, diminuindo a frequência em maio e junho, sendo inexistente nos outros meses do ano, perfazendo dois períodos de chuva, quando o solo se achava desprovido de vegetação. Assim as chuvas com maior intensidade são mais frequentes na época em que o solo se encontra com baixa umidade e desprotegido de cobertura vegetal no preparo do solo para o cultivo, concorrendo para aumentar mais ainda a possibilidade de transporte de sedimentos. As variações dos dias de chuva entre o registro dos dois pluviômetros decorrem da distância entre os dois pontos de observação (aproximadamente 200 km em linha reta) e a topografia – ressalta-se a Área 1, localizada no maciço residual.

A precipitação da Área 1 Maciço/Argissolos de 2005, neste período, registrou alta concentração de chuva nos primeiros meses, o que corresponde a janeiro de 2005 (9 dias de chuva com 148,3 mm); deste total, ocorreu uma chuva de 70,0mm em único dia 15/01/05 e em junho de 2006 (4 dias de chuva num total de 103,0mm); desde em um só dia foram registrados 80,0mm (12/06/06), podemos visualizar no quadro 2. Na Área 2 Depressão/Luvissolo, houve um período chuvoso, correspondendo aos meses de janeiro a junho em 2005 e janeiro a maio em 2006. Neste período, foi registrado índice de precipitação abaixo da média 800mm dos 21 anos, no entanto, alguns meses se tornaram representativos. Como exemplo, podemos citar o mês de janeiro/2005, quando foi registrado em apenas três dias um total de 90 mm e no ano de 2006/maio, em apenas 7 dias, choveu 144,9mm, podemos visualizar na quadro 3.

As chuvas dessa região caracterizam-se também por um elevado volume de chuva (diária), atingindo até 80,0mm e 70mm em 24 horas, característica própria do semi-árido, fato este observado nas duas áreas de amostragem. Esta intensidade, sobretudo, horária da precipitação é um

fator determinante no volume do escoamento pluvial e na quantidade de material em suspensão. Conforme os registros e as observações no campo foram observados fortes chuvas durante duas ou três horas. Tais alturas mensais de precipitação refletiram ainda relativas altas intensidades diárias, registradas na tabela 8 as características das chuvas $\geq 30\text{mm}$. Ressalta-nos que não foi realizado o monitoramento da intensidade da precipitação, no entanto, foram indicados aspectos qualitativos da quantidade de chuva por dia, haja vista, a importância da chuva como agente natural no controle da erosão do solo.

Tabela 8. Características das chuvas $\geq 30\text{mm}$ registradas durante o monitoramento.

Área 1		Área 2	
Maciço Argissolos		Depressão Luvisolos	
Data	Precipitação	Data	Precipitação
15/01/2005	70,0 mm	18/01/2005	42,0 mm
26/01/2005	41,0 mm	25/01/2005	36,0 mm
26/03/2005	41,0 mm	01/04/2005	37,0 mm
18/05/2005	34,5 mm	03/05/2005	56,0 mm
01/01/2006	48,4 mm	15/01/2006	70,0 mm
24/02/2006	62,0 mm	26/02/2006	41,0 mm
23/03/2006	45,4 mm	22/03/2006	34,0 mm
12/01/2006	80,0 mm	06/04/2006	38,8 mm
		11/05/2006	65,0 mm

Dados organizados COSTA FALCÃO, C. L (2007)

Verifica-se, portanto, que uma minoria das precipitações se enquadra na categoria de chuva forte, relacionadas com eventos erosivos. Podemos visualizar melhor na tabela 9. Durante o ano de 2005, choveu um total de 614,0mm. Foi registrada na classe de chuva entre 1 a 9,9mm uma frequência absoluta de 48 eventos (71%), em contrapartida, a precipitação acumulada por essa classe foi de apenas 181,1 mm (29,3%). O que mais chama atenção é a classe entre 40 a 49,9mm, registrou apenas dois eventos com uma precipitação acumulada de 82,0mm; e temos ainda o registro de um dia apenas com 70,0mm, o que representa (13 % e 11%) do total de toda a precipitação do ano de 2005.

Tabela 9. Distribuição da precipitação por classe, frequência absoluta e total acumulado (mm).

Área 1 Maciço - ARGISSOLO			Área 2 Depressão - LUVISSOLOS	
Classe de Chuva	Frequência Absoluta	Precipitação Acumulada	Frequência Absoluta	Precipitação Acumulada
	Ano/2005		Ano/2005	
1 – 9,9	48	181,1	19	113,5
10 – 19,9	11	155,3	8	105,0
20 – 29,9	4	91,3	4	98,0
30 – 39,9	1	34,5	3	103,0
40 – 49,9	2	82,0	1	42,0
50 – 59,9	-	-	1	56,0
≥ 60	1	70,1	-	-
Sub-Total	67	614,0	39	520,0
	Ano/2006		Ano/2006	
1 – 9,9	25	135,2	22	119,4
10 – 19,9	7	95,7	15	203,5
20 – 29,9	5	116,2	4	105,2
30 – 39,9	-	-	3	105,0
40 – 49,9	2	93,8	1	41,0
50 – 59,9	-	-	-	-
≥ 60	2	142,0	2	135,3
Sub-Total	41	582,9	47	709,4
TOTAL	108	1.199,30	86	1.229,40

Dados coletados e organizados por COSTA FALCÃO, C. L (2007)

- não houve registro de precipitação nesta classe

O ano de 2006 não foi muito diferente, sendo que o total de chuva diminuiu para 582,9mm em 41 eventos. Para a classe entre 1 a 9,9, ocorreu o maior número de 25 eventos em 135,2 mm de chuva, enquanto na classe 40 a 49,9mm, com apenas dois eventos num total de 93,8mm (16%) e ainda tivemos para a classe ≥ 60 mm dois eventos, com registros de 142mm, o que representa 24% do total de chuva. Percebe-se a disparidade entre as classes (ver tabela 9).

Na área 2, ocorreram 86 eventos, num total de 1.229,40, sendo 39 eventos no ano de 2005, num total de 520,0mm, e 47 eventos, num total de 709,4mm para o ano de 2006. Para os dois anos, o número maior de eventos foi na classe entre 1 a 9,9mm, com frequência absoluta de 19 e 22 eventos (48,7% e 46,8), com uma precipitação acumulada de apenas 113,5 mm e 119,4mm para os anos de 2005 e 2006, respectivamente. O mais interessante é que, para o ano de 2006, a classe ≥ 60 mm, ocorreram dois eventos, num total de 135,3mm, o que representa média de 19% de toda a precipitação acumulada em dois dias.

6.2 Análise da produção de sedimentos

Dentro da proposta inicial desta pesquisa de estimar o carreamento de sedimentos provenientes do escoamento superficial pluvial, gerado em uma bacia hidrográfica, obtidos nas parcelas experimentais dos dois tipos de solo, em função de diferentes cenários de uso e ocupação das terras, consideramos a combinação do uso da terra e o solo predominante em cada sub-bacia, na hora de estimar o resultado da produção de sedimentos. Devemos destacar, ainda, que, para cada tipo de solo, em função de outras variáveis hidrológicas, climáticas e do meio físico (solo-topografia), obteremos o resultado do processo erosivo explicado pelo carreamento dos grãos pela água da chuva que carrega o solo das partes mais altas e o distribui pela encosta, formando uma camada coluvial.

6.2.1 Parâmetro: sedimentos transportados e precipitação

Conforme quadro 2 e 3 as coletas dos sedimentos transportados foram iniciadas no ano de 2005, logo no início das chuvas, na Área 1 Maciço/Argissolos, no dia 14 de janeiro, e na Área 2 Depressão/Luvissolos dia 18 de janeiro, e encerradas no ano de 2006 no dia 26 de junho e 17 de maio respectivamente, perfazendo aproximadamente 18 meses de monitoramento.

A mobilização de sedimentos ocorridos durante o monitoramento pode ser visualizada na figura 30, onde temos os registros da mobilização dos sedimentos ao longo dos meses de monitoramento em cada área.

A mensuração dos sedimentos carreados em cada evento chuvoso pode ser visualizada nas tabelas 10, 11, 12 e 13. A quantidade total de sedimentos mobilizados durante o experimento na Área 1 foi de 7.010,86 kg e 8.569,51 kg e na Área 2 de 3.976,32 kg e 7.791,20 kg para os respectivos anos de 2005 e 2006. Os dados obtidos nas parcelas foram

confrontados com os respectivos volumes de precipitação. Buscamos analisar o efeito da intensidade da chuva para o carreamento dos sedimentos.

Figura 30. Mobilização de sedimentos ao longo dos meses de monitoramento na área 1 Maciço/Argissolo e área 2 Depressão/Luvissolo no ano de 2005 e 2006. Dados coletados e organizados por COSTA FALCÃO, C. L (2007)

Os dados levaram-nos a constatações relevantes sobre a dinâmica do escoamento pluvial nas duas áreas. As chuvas representaram o principal elemento climático altamente relacionado com a mobilização de sedimentos que se apresentaram. A variação espacial da intensidade das precipitações (volume), associada a sua frequência (concentração em alguns meses do ano), foram fatores primordiais para avaliar o resultado do material erodido.

Tabela 10. Precipitação diária e a mensuração dos sedimentos transportados na Área 1 Maciço Argissolos nas parcelas A₁ com 3,0m de vegetação; B₁ com 1,5m de vegetação e C₁ sem vegetação, durante o ano de 2005.

Área 1 Maciço/Argissolo - 2005				
Data	Prec (mm)	Parcelas		
		A ₁	B ₁	C ₁
		Kg		
14/01/05	3,4	0,90	3,40	12,30
15/01/05	70,1	10,50	17,50	540,50
17/01/05	12,5	9,20	8,50	112,30
20/01/05	3,8	0,20	3,50	23,40
24/01/05	2,8	-	1,30	6,50
25/01/05	6,0	7,30	0,90	10,30
26/01/05	41,0	62,00	197,00	376,50
27/01/05	5,5	3,40	12,00	78,35
29/01/05	3,2	-	8,20	23,65
Total	148,3	93,50	252,35	1.183,80
15/02/05	3,2	-	-	9,30
16/02/05	3,6	-	0,87	8,55
17/02/05	20,9	19,50	110,20	275,42
18/02/05	17,2	-	2,30	242,50
19/02/05	1,0	-	-	1,25
Total	45,9	19,50	113,37	527,07
11/03/05	8,2	1,20	-	8,10
17/03/05	4,2	-	-	3,20
19/03/05	17,7	32,00	67,00	198,70
20/03/05	6,6	-	7,50	9,10
21/03/05	5,3	-	1,30	98,10
22/03/05	3,1	0,78	-	54,30
25/03/05	19,0	-	1,20	313,20
26/03/05	41,0	52,00	137,20	427,20
27/03/05	4,4	-	-	9,75
28/03/05	28,2	-	14,10	238,50
29/03/05	3,6	-	-	4,50
30/03/05	13,0	-	-	134,30
31/03/05	1,8	-	-	2,23
Total	156,1	85,98	228,30	1.501,18
01/04/05	3,6	-	-	36,10
02/04/05	1,6	-	-	10,10
04/04/05	2,2	-	-	8,00
08/04/05	20,0	58,00	75,00	318,10
09/04/05	1,0	-	-	2,30
10/04/05	2,7	-	-	6,50
14/04/05	3,5	-	-	31,15
15/04/05	3,6	-	1,20	37,14
20/04/05	6,2	-	13,50	23,15
21/04/05	3,2	-	0,50	9,35
26/04/05	14,3	1,35	-	127,45
27/04/05	2,2	-	-	8,10
29/04/05	22,2	32,00	82,00	175,12
Total	86,3	97,35	172,20	796,56
03/ 05/ 05	19,1	-	23,00	298,50
09/05/05	3,6	-	-	21,00

12/05/05	4,5	-	-	37,14
14/05/05	10,1	-	-	96,55
15/05/05	5,3	-	-	71,55
16/05/05	2,4	-	-	8,40
17/05/05	3,1	-	-	2,30
18/05/05	34,5	98,00	75,00	448,40
19/05/05	1,1	-	-	-
21/05/05	7,5	-	-	4,30
24/05/05	11,3	-	37,20	123,20
26/05/05	1,6	-	-	2,30
28/05/05	7,2	-	3,20	68,10
29/05/05	5,5	-	-	42,10
30/05/05	3,2	-	-	48,50
Total	120,0	98,00	138,40	1.305,64
01/06/05	3,6	-	-	6,50
02/06/05	10,1	7,65	10,20	142,06
03/06/05	11,0	-	3,30	93,00
05/06/05	4,0	-	-	10,50
06/06/05	5,5	-	-	16,50
07/06/05	2,0	-	-	1,20
08/06/05	3,5	-	-	6,55
09/06/05	3,4	-	-	7,50
12/06/05	2,0	-	-	3,20
14/06/05	5,1	-	-	18,10
16/06/05	5,5	-	-	70,20
18/06/05	2,0	-	-	1,20
Total	57,7	7,65	13,5	376,51

Dados coletados e organizados por COSTA FALCÃO, C. L (2007).

- os dias em que não houve transporte de sedimentos em uma parcela.

Tabela 11. Precipitação diária e a mensuração de sedimentos na Área 1 Maciço/Argissolos nas parcelas A₂ com 3,0m de vegetação; B₂ com 1,5m de vegetação e C₂ sem vegetação, durante o ano de 2006.

Área 1 Maciço/Argissolo - 2006				
Data	Prec (mm)	Parcelas		
		A ₂ /3m	B ₂ /1,5	C ₂ /sv
		----- Kg -----		
01/01/2006	48,4	52,00	43,60	857,59
Total	48,4	52,00	43,60	857,59
12/02/2006	4,0	-	-	14,15
15/02/2006	8,8	1,20	32,00	60,80
23/02/2006	9,4	-	-	13,20
24/02/2006	62,0	113,45	263,49	957,00
25/02/2006	22,4	10,24	78,00	318,10
27/02/2006	7,2	-	5,70	74,50
Total	113,8	124,89	379,19	1.437,65
01/03/2006	21,4	-	10,80	258,10
03/03/2006	5,0	-	-	17,60
11/03/2006	3,4	-	-	10,50
15/03/2006	8,6	-	0,40	54,02
16/03/2006	5,0	-	-	95,5
17/03/2006	2,0	-	-	1,24
20/03/2006	11,0	-	-	80,05
21/03/2006	2,8	-	-	-
22/03/2006	11,2	-	-	-
23/03/2006	45,4	82,00	81,20	787,10
28/03/2006	9,8	3,20	28,20	178,45
Total	125,6	85,20	120,60	1.482,56
01/04/2006	5,0	-	-	5,55
06/04/2006	4,0	-	-	6,50
08/04/2006	4,0	-	-	18,20
16/04/2006	21,8	10,05	94,00	74,50
25/04/2006	13,0	-	-	108,10
28/04/2006	4,8	-	-	16,30
30/04/2006	4,6	-	-	12,85
Total	57,8	10,05	94,00	242,00
01/05/2006	8,2	-	-	43,00
03/05/2006	19,1	-	-	68,10
06/05/2006	19,0	-	-	140,10
07/05/2006	5,6	-	6,75	-
08/05/2006	20,8	14,01	20,35	178,10
09/05/2006	11,4	-	-	65,40
10/05/2006	4,4	-	-	-
11/05/2006	3,6	-	-	-
15/05/2006	6,0	-	-	32,10
16/05/2006	3,6	-	-	4,50
24/05/2006	29,8	58,10	74,50	620,10
27/05/2006	3,2	-	4,10	11,05
Total	134,7	72,11	105,70	1.163,15
06/06/2006	11,0	-	-	3,27
12/06/2006	80,0	324,10	742,10	1.102,00
16/06/2006	9,2	10,80	9,10	87,75
26/06/2006	3,0	-	-	12,30
Total	103,2	334,90	751,20	1.205,32

Dados coletados e organizados por COSTA FALCÃO, C. L (2007).

- dias em que não houve transporte de sedimentos em uma parcela

Tabela 12. Precipitação diária e a mensuração de sedimentos na Área 2 depressão/Luvissolos nas parcelas D₁ com 3,0m de vegetação; E₁ com 1,5m de vegetação e F₁ sem vegetação, durante o ano de 2005.

Área 2 Depressão/Luvissolo – 2005				
Data	Prec (mm)	D/3m	Parcelas	F/sv
			E/1,5m Kg	
18/01/2005	42,0	38,50	113,10	286,00
23/01/2005	12,0	31,00	64,50	34,55
25/01/2005	36,0	28,10	72,30	154,00
Total	90,0	97,60	249,90	474,55
13/02/2005	17,0	7,50	7,50	83,00
16/02/2005	6,0	-	4,10	3,20
17/02/2005	6,0	-	3,20	4,10
26/02/2005	10,0	12,10	27,10	88,00
27/02/2005	9,0	-	-	1,20
28/02/2005	5,0	-	6,55	14,30
Total	53,0	19,60	48,45	193,80
09/03/2005	8,0	1,20	-	7,20
10/03/2005	12,0	12,00	10,50	110,20
12/03/2005	12,0	8,10	13,10	18,10
19/03/2005	9,0	-	2,10	120,00
20/03/2005	7,0	-	4,50	65,10
23/03/2005	7,0	-	3,50	43,00
25/03/2005	22,0	36,00	45,10	132,50
26/03/2005	7,0	2,20	-	6,30
27/03/2005	2,0	-	-	1,10
28/03/2005	6,0	-	12,00	10,80
29/03/2005	5,0	-	1,32	8,90
30/03/2005	12,0	-	-	7,35
31/03/2005	13,0	1,30	-	13,20
Total	123,0	60,80	92,12	543,75
01/04/2005	37,0	7,25	52,00	212,00
02/04/2005	30,0	20,10	118,10	364,50
04/04/2005	7,0	-	-	81,00
14/04/2005	7,0	-	6,50	8,10
15/04/2005	7,0	-	7,10	13,50
29/04/2005	28,0	35,10	32,00	225,10
30/04/2005	17,0	48,20	38,00	75,00
Total	133,0	110,65	253,70	979,20
02/05/2005	23,0	7,10	89,50	157,15
03/05/2005	56,0	21,00	12,00	281,00
19/05/2005	6,0	-	-	2,30
20/05/2005	6,0	-	-	3,85
23/05/2005	25,0	4,50	68,00	189,05
31/05/2005	0,5	-	-	7,65
Total	118,0	32,60	169,50	641,00
09/06/2005	3,0	-	-	9,10
Total	3,0	-	-	9,10

Dados coletados e organizados por COSTA FALCÃO, C. L (2007).

- dias em que não houve transporte de sedimentos em uma parcela.

Tabela 13. Precipitação diária e a mensuração dos sedimentos transportados durante o monitoramento no ano de 2005 na Área 2 Depressão/LuviSSolos nas parcelas D₂ com 3,0m de vegetação; E₂ com 1,5m de vegetação e F₂ s/v.

Área 2 Depressão LUVISSOLO – 2006				
Data	Prec (mm)	D ₂ /3m	Parcelas	F ₂ /sv
			E ₂ /1,5m Kg	
10/01/2006	5,6	-	4,10	41,00
14/01/2006	3,4	-	-	-
15/01/2006	70,1	112,20	193,65	685,00
17/01/2006	12,5	-	32,00	45,00
19/01/2006	15,8	-	7,50	142,00
20/01/2006	3,8	-	-	18,30
24/01/2006	2,8	-	-	1,20
25/01/2006	6,0	-	-	-
26/01/2006	41,0	82,00	354,00	523,00
27/01/2006	5,5	-	-	85,00
29/01/2006	3,2	-	-	76,10
Total	169,7	194,20	591,25	1.616,50
12/02/2006	8,2	-	-	112,00
14/02/2006	6,0	-	10,90	95,10
15/02/2006	12,8	36,10	-	86,00
17/02/2006	28,2	48,00	115,00	212,00
23/02/2006	10,0	-	-	121,00
Total	65,2	84,10	125,90	626,10
01/03/2006	7,6	-	-	8,60
02/03/2006	32,0	52,06	98,00	215,00
04/03/2006	10,6	9,80	23,00	80,00
11/03/2006	8,2	0,90	-	12,30
17/03/2006	4,2	-	-	9,10
19/03/2006	17,7	-	75,00	113,10
20/03/2006	6,6	-	-	82,00
21/03/2006	5,3	-	-	43,00
22/03/2006	34,2	-	9,10	142,10
24/03/2006	10,8	-	4,10	58,00
25/03/2006	8,6	-	-	67,00
27/03/2006	10,2	31,00	3,90	112,00
30/03/2006	5,0	-	-	3,10
31/03/2006	2,0	-	-	4,50
Total	163,0	93,76	213,10	948,70
03/04/2006	15,0	9,35	21,00	220,50
06/04/2006	38,8	9,53	21,00	220,50
08/04/2006	12,6	115,10	181,00	325,25
13/04/2006	25,0	8,78	7,45	36,00
16/04/2006	17,6	10,30	93,00	171,00
17/04/2006	9,4	-	9,80	14,50
18/04/2006	11,2	-	7,50	55,10
26/04/2006	11,8	-	31,00	63,00
28/04/2006	23,2	-	41,00	185,00
30/04/2006	2,0	-	-	-
Total	166,6	153,03	454,75	1.293,85
02/05/2006	15,8	-	7,65	181,55
03/05/2006	19,1	-	-	182,00

08/05/2006	28,8	9,68	113,18	312,45
11/05/2006	65,2	26,10	75,00	452,30
15/05/2006	4,0	-	-	4,65
16/05/2006	4,0	-	-	8,45
17/05/2006	8,0	-	-	23,00
Total	144,9	35,78	195,78	1.164,40

Dados coletados e organizados por COSTA FALCÃO, C. L (2007).

- dias onde não houve transporte de sedimentos em uma parcela.

A inexistência das chuvas nos meses de julho a dezembro nos fez dividir as medições em dois períodos sazonais distintos: inverno de janeiro a junho e verão de julho a dezembro. Foram 558 dias de pesquisa sendo:

Área 1 Maciço/Argissolo

Ano/2005

67 dias de chuva, num total de 614,3 mm

17 dias de coleta de sedimentos na parcela A₁, num total de 401,98 kg

29 dias de coleta de sedimentos na parcela B₁, num total de 918,12 kg

66 dias de coleta de sedimentos na parcela C₁, num total de 5.690,76 kg

Ano/2006

41 dias de chuva, num total de 583,5 mm

11 dias de coleta de sedimentos na parcela A₂, num total de 679,15 kg

15 dias de coleta de sedimentos na parcela B₂, num total de 1.494,29 kg

37 dias de coleta de sedimentos na parcela C₂, num total de 6.388,27 kg

Área 2 Depressão/Luvissolo

Ano/2005

36 dias de chuva, num total de 520,00 mm

18 dias de coleta de sedimentos na parcela D₁, num total de 321,25 kg

28 dias de coleta de sedimentos na parcela E₁, num total de 813,67 kg

38 dias de coleta de sedimentos na parcela F₁, num total de 2 841,40 kg

Ano/2006

47 dias de chuva, num total de 709,4 mm

15 dias de coleta de sedimentos na parcela D₂, num total de 560,87 kg

22 dias de coleta de sedimentos na parcela E₂, num total de 1.580,78 kg

42 dias de coleta de sedimentos na parcela F₂, num total de 5.649,55 kg

Estes dados podem ser visualizados na tabela 14, que apresenta o volume da precipitação em meses, associada a sua concentração em dias, relacionando com o resultado do material erodido. Verifica-se que os maiores eventos de carreamento dos sedimentos ocorridos na área 1/2005 foram no mês de março, quando choveu 456,1mm em 13 dias de chuva, num total de 1.815,46, e no ano de 2006, no mês de junho, com 103,2mm em apenas quatro dias, num total de 2.291,42kg. Enquanto isso, na área 2/2005, ocorreram no mês de abril 133,0mm em 7 dias, um carreamento de 1.343,55kg de sedimentos e em 2006 o maior carreamento foi o mês de janeiro de 2.401,95kg, com precipitação de 169,7mm em 11 dias; verifica-se o poder da água no carreamento do solo.

Foi evidenciado que o transporte de sedimentos está vinculado às magnitudes dos eventos climáticos, principalmente a intensidade (volume) dos eventos hidrológicos, associada às características do solo, fez com que as taxas erosivas fossem maiores em determinados meses do ano; sendo que área 1 maciço apresentou diferenças significativas em relação a área 2, com exceção apenas do ano/2006, em que o mês de maior precipitação não correspondeu com ao mês de maior carreamento.

As chuvas nas duas áreas ocorreram um mínimo de um dia e no máximo de 14 -15 dias. Na área 1 Maciço/Argissolos, no mês de janeiro/2006, ocorreu uma precipitação de 48,4mm em apenas um dia, enquanto que no mês de maio ocorreu o maior número de dias de chuva (15dias) com uma precipitação de 120,0mm. Na área 2 Depressão/Luvissolos, ocorreu um dia de chuva, com 0,3mm em junho/2005 e 14 dias de chuva com, 163,0mm, no mês de março/2006 (Tabela 14).

Importante destacar ainda que, nem sempre, o mês mais chuvoso ofereceu mais dias de chuva como, é o caso do mês de janeiro/2005, da área 1, onde choveu 148,3mm em apenas nove dias, e da área 2, também no mês de janeiro/2005, em apenas três dias choveu 90mm. Isto reflete no escoamento pluvial. Percebe-se, nas tabelas 10, 11, 12 e 13, que o total de dias de chuva nem sempre corresponde ao total de dias de coleta. Podemos dizer que as

relações entre dias de chuva e dias de coleta de sedimentos foram razoáveis, mas nem sempre se corresponderam, com exceção das parcelas C, da área 1, e F da área 2, que corresponde à parcela sem vegetação (s/v); no entanto, ao compararmos os dias de maior intensidade (volume) de precipitação registrados nas tabelas 10, 11, 12 e 13, verificamos correspondência do dia de maior precipitação com o dia de maior carreamento de sedimento, mas nem sempre o dia de precipitação corresponde ao dia de coleta de sedimentos.

Tabela 14. Evolução mensal dos sedimentos carregados, após precipitação no ano de 2005 e 2006 nas duas áreas: Área 1 Maciço/Argissolos e Área 2 Depressão/ Luvisolos Crômicos.

Área 1 Maciço/ ARGISSOLO Sedimentos mobilizados							Área 2 Depressão/Luvisolos Sedimentos mobilizados					
Ano/2005			Ano/2006				Ano/2005			Ano/2006		
Mês	Prec. (mm)	Dias Chuva	Sed. Transp. Kg	Prec. (mm)	Dias chuva	Sed. Transp. Kg	Prec. (mm)	Dias chuva	Sed. Transp. Kg	Prec. (mm)	Dias chuva	Sed. Transp. Kg
Jan	148,3	9	1.529,65	48,4	1	953,19	90,0	3	822,05	169,7	11	2.401,95
Fev	45,9	5	659,94	113,8	6	1.941,73	53,0	6	261,85	65,2	5	836,10
Mar	156,1	13	1.815,46	125,6	11	1.688,91	123,0	13	696,67	163,0	14	1.255,56
Abri	86,3	13	1.066,11	57,8	7	346,05	133,0	7	1.343,55	166,6	10	1.901,63
Mai	120,0	15	1.542,04	134,7	12	1.340,96	118,0	6	843,10	144,9	7	1.395,96
jun	57,7	12	397,66	103,2	4	2.291,42	3,0	1	9,10	-	-	-
Total	614,3	67	7.010,86	583,5	41	8.562,26	520,0	36	3.976,32	709,4	47	7.791,12

Dados coletados e organizados COSTA FALCÃO, C.L. (2007).

- não houve registro de precipitação e sedimentos.

Verificamos que os eventos mensurados ao longo do monitoramento tenderam a produzir maior carregamento de sedimentos. Essa constatação é reforçada pela análise da tabela 15. Dos 175 eventos ocorridos na área 1 Maciço/Argissolos, a parcela C apresentou maior concentração de produção de sedimentos em relação às parcelas A e B. O total produzido durante o ano de 2005 foi de 7.010,86 kg o que corresponde ao número de 112 eventos mensurados. Este resultado elevado também foi observado no ano de 2006 com maior expressividade ainda, pois a produção de sedimentos foi de 8.562,26kg, no entanto, o número de eventos foi 50% menor que no ano anterior. A parcela B teve o mesmo comportamento, pois a produção de sedimentos foi de 918,12 kg em 29 eventos no ano de 2005, e durante o ano de 2006, a produção aumentou para 1.494,29 kg, e o número de eventos diminuiu 50%. A parcela C foi responsável por 81% da produção de sedimentos em 2005 e 74% em 2006.

Tabela 15. Total de sedimentos mobilizados ao longo dos eventos mensurados na área 1 Maciço - Argissolos e área 2 Depressão -Luvisolos, no ano de 2005 e 2006.

Área 1 Maciço – Argissolos			Área 2 Depressão – Luvisolos		
Parcelas Ano/2005	Transporte Sedimentos	Eventos Mensurados	Parcelas Ano/2005	Transporte Sedimentos	Eventos Mensurados
A ₁	401,98	17	D ₁	321,25	18
B ₁	918,12	29	E ₁	813,67	28
C ₁	5.690,76	66	F ₁	2.841,40	38
Sub-total	7.010,86	112	Sub-total	3.976,77	84
Ano/2006			Ano/2006		
A ₂	627,15	11	D ₂	560,87	15
B ₂	1.494,29	15	E ₂	1.580,78	22
C ₂	6.388,27	37	F ₂	5.649,55	41
Sub-total	8.562,26	63	Sub-total	7.791,12	78
Total	15.572,59	175	Total	11.767,97	162

Dados coletados e organizados COSTA FALCÃO, C. L (2007).

Na área 2 Depressão/Luvisolos, o comportamento não foi muito diferenciado da área 1. Dos 162 eventos ocorridos durante os dois anos nas parcelas, a parcela F₁ apresentou maior concentração de produção de sedimentos, de 2.841,40 kg, em torno dos 66% do total produzido durante o ano de 2005, correspondendo a 38 eventos. Este resultado elevado também foi

observado no ano de 2006, com maior expressividade, portanto, na mesma parcela F₂, pois a produção de sedimentos aumentou 82% e correspondendo a 62%% de toda a área em sedimentos erodidos no ano de 2006, no entanto, o número de eventos foi menor, mas não muito representativo do que no ano anterior. As parcelas D₂ e E₂ acompanharam a mesma projeção, tanto no aumento de sedimentos quanto no total da diminuição de eventos de precipitação (Tabela 15).

As figuras 31 e 32 apresentam um resumo melhor destes dados, permitindo fazerem-se algumas considerações a respeito dos eventos pluviométricos ocorridos com relação ao transporte de sedimentos nas duas áreas. No geral, o total de sedimentos mobilizados durante os dois anos de monitoramento das duas áreas, manteve um crescimento ordenado em todas as parcelas, tanto com relação à produção de sedimentos quanto ao número de eventos. As parcelas C₁, C₂ e F₁, F₂ das respectivas áreas, tiveram uma produção de sedimentos mais acentuada em relação às demais parcelas, enquanto a parcela B₁, B₂ e E₁, E₂ teve uma produção significativa, porém inferior às parcelas C₁, C₂ e F₁, F₂ e, por último, as parcelas A₁, A₂ e D₁, D₂ se mostraram com a produção mais baixa de todas.

No entanto, fazendo uma comparação dos anos de 2005 para o ano de 2006, percebe-se nas duas áreas que ocorreu um aumento da produção dos sedimentos e uma diminuição do número de eventos. Com exceção da parcela F da área 2 que ocorreu um aumento não muito significativo do número de eventos.

O comportamento ora verificado pode ser analisado considerando que a maior produção de sedimentos possui ligação com os períodos chuvosos e principalmente quando estes ocorrem nos primeiros meses do ano. Nesta fase, o solo sem cobertura e exposto à forte erosividade das chuvas no primeiro trimestre do ano encontra-se muito vulnerável, fica à mercê dos impactos erosivos pluviais representados pelo “splash”, escoamento difuso e concentrado, acarretando maior transporte de sedimentos. Este resultado é coerente com a prática realizada pelos agricultores locais, pois, anualmente, quando começam a

preparar as terras para o plantio, inicia-se o processo de remoção de nutrientes pela erosão.

Figura 31. Total de sedimentos mobilizados ao longo dos eventos mensurados na área 1 Maciço/Argissolos, no ano de 2005 e 2006.

Dados coletados e organizados COSTA FALCÃO, C. L (2007).

Figura 32. Total de sedimentos mobilizados ao longo dos eventos mensurados na área 2 Depressão/ Luvisolos, no ano de 2005 e 2006.

Dados coletados e organizados COSTA FALCÃO, C. L (2007).

No geral, os sedimentos carregados das duas áreas foram consideravelmente superiores nas parcelas que se encontravam sem cobertura vegetal, quando comparadas às demais parcelas. É de relevância considerar também, que, após longa estiagem por forte insolação com perdas de unidade antecedente, os solos tornam-se mais friáveis, recebendo em seguida um volume considerável de chuvas, que ciclicamente podem totalizar, diária ou semanalmente, índices que normalmente seriam mensais em determinadas regiões, acarretando incisões nos solos. Neste particular, as propriedades dos solos (textura, estabilidade dos agregados, porosidade, pH e teor de matéria orgânica) determinarão maiores ou menores erodibilidades deles, ou seja, maior ou menor resistência aos eventos erosivos.

Em face aos dados anteriormente citados, e fazendo uma relação da distribuição da precipitação por classe, freqüência absoluta e total acumulado na tabela 9 juntamente com a leitura da tabela 16, obtive os seguintes resultados.

Tabela 16. Sedimentos transportados, de acordo com as classes de precipitação.

classe	Área 1 Maciço/Argissolos				Área 2 Depressão/Luvisolos			
	A ₁ +A ₂	B ₁ +B ₂	C ₁ +C ₂	Total	D ₁ +D ₂	E ₁ +E ₂	F ₁ +F ₂	Total
1 - 9,9	29,76	135,65	1.697,94	1.863,35	3,4	75,67	410,08	1.385,95
10 - 19,9	50,29	162,30	1.936,58	2.149,08	331,85	647,35	1.474,56	4.889,45
20 - 20,9	202,35	548,15	1.897,00	2.647,50	149,16	511,13	2.563,90	2.160,64
30 - 30,9	98,00	75,00	448,40	621,40	117,04	370,50	1.308,10	1.795,64
40 - 40,9	248,00	459,00	2.448,39	3.155,39	120,50	467,10	1.743,65	551,60
50 - 50,9	-	-	-	-	21,00	12,00	551,60	881,79
≥ 60 mm	448,05	1.023,00	2.599,50	4.070,64	138,30	268,65	1.137,30	1.469,25

Dados coletados e organizados por COSTA FALCÃO, C.L. (2007)
- não houve sedimentos

Nas duas primeiras classes (1-1,9 e 10 -19,9), não ocorreu carregamento de sedimentos significativo para as duas áreas, nas parcelas com faixas de vegetação. A partir dos eventos ≥20mm, o número de eventos pluviométricos diminuiu, contudo, o volume de chuva aumentou, o que contribui significativamente com o aumento no carregamento dos sedimentos,

principalmente para as parcelas sem faixa de vegetação. Quanto maior a intensidade da chuva, maior o escoamento gerado (Tabela 9).

Dos 108 eventos pluviométricos da área 1 maciço, durante os dois anos, houve registros representativos na classe de chuva apenas quatro eventos no ano de 2005: sendo 1 na classe $\geq 60\text{mm}$, 2 na classe 40 - 49mm e 1 na classe 30-39mm, que corresponderam a 30% de todo o ano e no ano de 2006 também quatro eventos, correspondendo 40% do ano.

Na área 2 depressão, não foi muito diferente, pois dos 86 eventos referentes aos dois anos, foram representativos somente três eventos na classe de (30-39,9), um na classe (40-49,9) e um na classe (50-59,9) o que correspondeu a 38% do ano e em 2006 foram cinco eventos, sendo, três na classe 30-39,9mm, um (40-49,9) e dois ≥ 60 , o que corresponde a 39%. Contudo, observa-se, porém, que a quantidade de chuva por si só é insuficiente para a predição de carreamento de sedimentos. Segundo Goudie (1985), pode-se levar em conta a quantidade de chuva, intensidade e energia cinética.

6.2.2 Parâmetros: sedimentos transportados e a vegetação

Procuramos analisar o efeito da intensidade da chuva para o carreamento dos sedimentos comparados às faixas de cobertura vegetal de cada parcela, na mensuração da produção de sedimentos gerada nas duas áreas em dois tipos de solo diferentes, em função de diferentes cenários de uso e ocupação de terras. Analisando as áreas separadamente, apresenta-nos nas tabelas 17 e 18 a distribuição das categorias de uso das terras (parcelas), durante o monitoramento ocorrido no ano de 2005 e 2006, respectivamente para as parcelas A₁, B₁, C₁, A₂, B₂, C₂, D₁, E₁, F₁, D₂, E₂, F₂.

Nessa comparação, pode-se observar quais as áreas foram alvo de maior produção de sedimentos por faixas de cobertura vegetal de cada parcela, podendo-se destacar, no ano de 2005, Área 1 Maciço Argissolos, quando a área se manteve sem vegetação, que foi a simulação das parcelas feita com a denominação de C_1, C_2, F_1 e F_2 , que representa o uso atual das terras realizado pelo agricultor, considerando que este não respeitou as áreas de Preservação Permanente dos Recursos Hídricos (APP) - apresentou uma produção de sedimentos elevada em relação às demais parcelas, conforme discutido no item anterior, na figura 31 e 32, e vistos nas tabelas 10, 11, 12 e 13.

Verifica-se que, quanto maior é a área sem cobertura vegetal, aliado a precipitação acentuada, maior será a produção de sedimentos. Percebe-se aumento crescente de sedimentos conforme diminuindo as faixas de cobertura vegetal, tanto na Área 1 como na Área 2. No caso do mês de janeiro, na área 1, choveu 148,3mm e foram carreados 93,50kg na parcela A_1 com 3m; na parcela B_1 , com 1,5m, subiu para 252,35kg, e, na parcela C_1/sv , este foi de 1.180,90 (Tabela 17).

Analisando a Área 1 sob o solo Argissolo (Tabela 17), dos dados mensurados em 2005, temos na parcela A_1 , que corresponde ao uso das terras, considerando que este respeitou e preservou 3m de faixa de cobertura vegetal do solo numa área de $650m^2$; a maior quantidade de sedimentos ocorreu no mês de maio, com 98,00 kg, após uma precipitação de 120mm. Na parcela B_1 , que corresponde ao uso das terras, considerando a preservação de faixa de 1,5m de cobertura vegetal na mesma área de $575m^2$, a maior quantidade de sedimentos ocorreu no mês de janeiro, com 252,35kg, após uma precipitação de 148,3mm, enquanto que na parcela C_1 , representando o uso da terra com o solo totalmente desnudo em toda a área de $500m^2$, a maior produção de sedimentos foi no mês de março, com 1.501,18kg, superando as duas parcelas anteriores.

Tabela 17. Mobilização de sedimentos registrados no ano de 2005 na Área 1 Maciço/Argissolo e na Área 2 Depressão/Luvissolos nas parcelas com 3m de cobertura vegetal A₁; com 1,5m de cobertura vegetal B₁ e sem cobertura vegetal C₁.

Área 1 - Argissolos Sedimentos mobilizados					Área 2 - Luvisolos Sedimentos mobilizados			
Mês	Prec. (mm)	Parcelas			Prec. (mm)	Parcelas		
		A ₁ /3m	B ₁ /1,5m	C ₁ /sv		D ₁ /3m	E ₁ /1,5m	F ₁ /sv
		-----Kg-----				-----Kg-----		
Jan	148,3	93,50	252,35	1.180,90	90,0	97,60	249,90	474,55
Fev	45,9	19,50	113,37	527,07	53,0	19,60	48,60	193,80
Mar	156,1	85,98	228,30	1.501,18	123,0	60,80	92,12	543,75
Abr	86,7	91,35	172,20	796,56	166,6	151,03	454,75	1.293,85
Mai	120,0	98,00	138,40	1.305,64	144,9	35,78	195,78	1.164,40
Jun	57,7	7,65	13,50	376,51	-	-	-	-
Total	614,4	396,98	918,12	5.687,86	520,0	321,25	802,87	2.841,40

Dados coletados e organizados por COSTA FALCÃO, C.L. (2007).

- não houve sedimentos

Pode-se concluir que, quando a cobertura vegetal havia sido considerada na extensão de 3m da parcela, a produção de sedimentos foi a menor em relação à parcela com 1,5m. Assim, quanto maior a área ocupada por cobertura vegetal, menor será a produção de sedimentos, pois diminui o transporte dos solos mais susceptíveis à erosão; já que a cobertura vegetal proporciona o amparo e protege o solo contra o impacto direto das gotas de chuva, presume-se que a cobertura do solo atua reduzindo a velocidade de escoamento, restando a maior parte dos sedimentos.

Importante é salientar que a ausência de uma cobertura vegetal mais densa ao longo das vertentes, associada à retirada da mata ciliar, contribuiu para uma expansão acelerada do processo erosivo, apesar das declividades não serem muito acentuadas. Estudos comparativos entre densidades e padrões de cobertura vegetal realizados por Stocking e Elwell (1976) demonstraram que à medida que a cobertura vegetal ultrapassa 30% da cobertura da superfície do solo, a erosão diminui.

Esse mesmo resultado foi avaliado por Grossi (2003), ao realizar um estudo na bacia do rio Pardo, onde também enfatiza o quanto o escoamento

superficial é agravado em áreas que apresentam insuficiência na ocorrência de mata ciliar, pois a quantidade de energia que chega ao solo durante uma chuva é maior. A existência de mata ciliar atua minimizando os impactos das gotas, pois parte da água interceptada pela vegetação diminui a formação de crostas no solo, e reduz a erosão. Segundo Bertoni e Lombardi Neto (1999), outro fator importante quanto à mata ciliar é que a sua presença aumenta a rugosidade da superfície da bacia, aumentando o tempo de permanência da água na superfície do solo, aumentando, assim, a sua infiltração. No nosso caso, a vegetação influenciou no deslocamento dos sedimentos e serviu como obstáculo ao seu transporte.

Com relação à Área 2 sob o Luvissolo, durante o ano de 2005, a precipitação foi inferior à área 1, ocorrendo em apenas cinco meses até o mês de maio. A chuva mais elevada somente veio a ocorrer no mês de abril. Acreditamos ter sido a causa da diminuição do transporte mais efetivo de sedimentos, pois a vegetação herbácea que brotou logo no início das primeiras chuvas cobriu o solo que se encontrava desnuda, refletindo um transporte mais uniforme durante os meses, não ocorrendo altos picos. No conjunto das parcelas, percebe-se que, quando as parcelas se mantiveram com vegetação ($D_1/3m$, $E_1/1,5m$), praticamente não houve diferença significativa em relação à área 1. Podemos observar, ainda, que o responsável pelo maior transporte de sedimentos foi quando a parcela se manteve sem vegetação (F_1/sv), no entanto, esse dado se mostrou bastante inferior à área 2, em torno de 44,46% menor.

Após 12 meses de observação, pudemos observar que ocorreu significativa evolução do processo erosivo, o que pode ser confirmado pelos dados da tabela 15. No conjunto das parcelas da área 2 Luvissolos, percebe-se que as maiores quantidades de sedimentos ocorreram no início do ano (2006), em janeiro e fevereiro; diferentemente da área 1, onde se percebe uma intercalação de meses chegando no último mês de chuva a parcela B_2 com o maior número de sedimentos carreados.

Tabela 18. Mobilização de sedimentos registrados no ano de 2006 na Área 1 Maciço/Argissolos e na Área 2 Depressão/Luvissolos.

Área 1 Maciço/Argissolos Sedimentos mobilizados					Área 2 Depressão /Luvissolos Sedimentos mobilizados			
Mês	Prec. (mm)	Parcelas			Prec. (mm)	Parcelas		
		A ₂ /3m	B ₂ /1,5m	C ₂ /sv		D ₂ /3m	E ₂ /1,5	F ₂ /sv
		-----Kg-----				-----Kg-----		
Jan	48,4	52,00	43,50	857,50	169,7	194,20	591,25	1.616,50
Fev	113,8	124,89	379,19	1.437,75	65,2	84,10	125,90	626,10
Mar	125,6	85,20	120,60	1.482,56	163,0	93,76	213,10	948,70
Abr	57,8	10,05	94,00	242,00	133,0	110,65	253,70	979,20
Mai	134,7	72,11	105,70	1.163,15	118,0	32,60	169,50	641,00
Jun	103,2	334,90	751,20	1.205,32	-	-	-	-
Total	583,5	731,15	1.450,69	6.387,67	709,4	558,87	1600,38	5.649,05

Dados coletados e organizados por COSTA FALCÃO, C.L. (2007)

A simulação do uso do solo nas duas áreas mostra que a maior quantidade de sedimentos foi produzida quando a parcela se manteve sem vegetação, haja vista que nos dois eventos destacados da tabela 5, na parcela C₂/sv, houve mobilização de 1.437,75 kg e na parcela F₂/sv foram mobilizados 1.616,50 kg, aproximadamente 23% e 28% do total de sedimentos produzido em um ano, para as respectivas áreas. Foram registradas, nessas parcelas, as maiores remoções dentro do conjunto avaliado. Observamos que este volume de sedimentos é mais logo no início da chuva, pois tem o poder erosivo bem superior ao das demais. Este fato pode ser explicado em função de se observar na estação seca a preponderância do afrouxamento, que é uma ação preparatória para o deslocamento ou transporte do solo pela ação do escoamento pluvial. A mobilização do material registrado, na parcela C₂/sv, foi 18% superior ao registrado na parcela F₂.

No ano de 2006, a parcela C₂ e F₂ foi em parte responsável por este elevado aumento, lembrando que estas parcelas representam a simulação da cobertura do solo sem vegetação, portanto, estiveram totalmente desprotegidas, haja vista a área ter sido manejada com enxada para a limpeza da vegetação espontânea que surgiu na época de estiagem (julho a dezembro). Com isso, ficou totalmente predisposta ao efeito de salpicamento. Logo no início das chuvas, em

2006, a intensidade da chuva foi maior do que a capacidade do solo para absorver a água. O escoamento foi então dinamizado, favorecendo o suficiente para que os sedimentos alcançassem a calha. A intensidade das chuvas é um fator relevante, conforme já registrado e discutido anteriormente. Na área 1, no dia 01 de janeiro, temos uma precipitação de 48,4mm em um só dia e no mês de fevereiro, no dia 24, choveu 62,0mm, representando índices superiores a média anual.

Este comportamento pode ser justificado, ainda, pelo fato de a extensão da área da parcela (150m²) interferir em um carreamento mais moderado, de modo mais lento no ano de 2005, impedindo a chegada dos sedimentos até as calhas, pois devemos considerar o espaço de tempo. Pode-se notar que a maior produção de sedimentos também possui ligação com períodos chuvosos do ano, principalmente se forem concentrados nos primeiros meses. A vazão e transporte de materiais tornam-se mais eficientes na medida em que percorrem a encosta, ou seja, a água se reúne em canais, ampliado, assim, sua capacidade de carrear materiais da superfície. Além do mais, devemos considerar que a instabilidade das encostas está diretamente relacionada à litologia do terreno; o solo nessa área é o Argissolo, pouco desenvolvido e suscetível a processos erosivos.

Esse dado elevado de sedimentos carreados nos remete a Tricart (1969), quando analisa os fenômenos de transporte e acumulação resultantes dos mecanismos da erosão agrícola. O autor comenta que pesquisa realizada na Alemanha, camadas de lama que ocupam as planícies inundáveis, cuja espessura alcança às vezes cinco metros, se depositaram durante crises agrícolas sucessivas, primeiramente a partir dos grandes desmontes do Neolítico, e depois da Idade Média. Argumenta ainda que, nos Estados Unidos, o assoreamento acelerado dos estuários da costa este dificulta a navegação; é a consequência direta dos devastadores métodos de cultivo praticados naquela região há mais de 50 anos. Cita outro exemplo, Londres, nos alicerces dos moinhos galotromanos repousavam sobre uma débil camada de material de

transbordamentos e estavam soterrados por baixo de mais dois metros de depósitos posteriores.

Seguindo por este caminho, observamos que nas parcelas com o solo com cobertura vegetal A₂/3m e B₂/1,5m no ano de 2006 ocorreu aumento elevado de sedimentos em comparação ao ano anterior, quando houve um aumento acentuado de 65% na produção de sedimentos, correspondendo a um percentual de 84% e 58%, respectivamente. Verificou-se, mesmo com o solo com cobertura vegetal, como bloqueio, que sempre há um processo erosivo e uma conseqüente produção de sedimentos, principalmente numa área com solos pouco desenvolvidos. Este resultado, contudo, comparado à parcela F₂, não foi tão relevante, podendo-se assim dizer que, mantendo o solo coberto apenas com vegetação, este atua como barreira à produção de sedimentos.

No conjunto das parcelas com vegetação, a precipitação teve de atravessar a cobertura vegetal para atingir o solo, sendo pouco provável a participação efetiva de salpicamento no deslocamento de partículas de solo. Os eventos de maior magnitude (precipitações acima de $\geq 30\text{mm}$), porém, nas parcelas com ou sem cobertura, foram importantes na geração de escoamento e, por sua vez, na mobilização de material, juntamente com os movimentos gravitacionais espontâneos ocorridos em todas as parcelas. Portanto, devemos considerar que, mesmo sem precipitação, ocorreu significativa produção de sedimento.

Segundo Bertoni (1999), se uma chuva intensa cai quando o solo não está protegido pela cobertura vegetal ou pela cobertura morta, sua camada superficial fica comprimida pelo impacto das gotas de chuva, e a infiltração é reduzida; porém, se essa chuva cai quando há boa cobertura vegetal, o solo permanece com boa permeabilidade e terá maior velocidade de infiltração. Portanto, a cobertura vegetal que está no solo durante a chuva é o fator mais importante na velocidade de infiltração. O grande valor das práticas de melhoramento do solo no controle da erosão vem da habilidade de produzir uma eficiente cobertura vegetal.

A erosão é explicada pelo carreamento dos grãos pela água da chuva. A deposição pode ser explicada em parte pela areia trazida pelo vento de áreas próximas sem cobertura vegetal ou, e principalmente, pela ação da própria água da chuva que carrega o solo das partes mais altas e o distribui pela encosta, formando uma camada coluvial. Reinicia o processo de rastejo, que é lento, e escorregamento, que é rápido, se dá sob forma não homogênea, o que ajuda a explicar as irregularidades. O principal modo de mobilização dos grãos de areia é por rolamento e não por suspensão, conseqüentemente, pode-se conceber que uma massa de areia vá descendo lentamente a encosta, tendendo a uniformizar a superfície, chuva após chuva. Portanto, um determinado ponto na encosta pode perder ou receber material. O material depositado constitui-se no colúvio. E é justamente a vegetação que obstrui, em muito, o deslocamento dos sedimentos.

Há de se considerar, ainda, que grande parte desse comportamento pode ser explicada ainda pelos efeitos gravitacionais espontâneos, ocorridos em uma seqüência de fatos, podendo iniciar através das práticas agrícolas exercidas na área realizadas com técnicas inadequadas, prejudicando os recursos pedológicos deste ambiente, incluindo o desmatamento total, a queimada da madeira e cultivos sucessivos com pousio apenas no período de estiagem; em segundo momento, com a seqüência de dias sem chuva, ocorrendo a perda da umidade superficial, provocando a contração do topo do solo, juntamente com o contato solo-rocha abrupto, descontinuidades litológicas e pedológicas, encostas íngremes, podendo acelerar o processo; um terceiro momento, é com a chegada da chuva e sua concentração, associada aos fortes declives, aos espessos mantos de intemperismo e ao desmatamento, podendo criar áreas potenciais de erosão e movimentos de massa, fornecedores de sedimentos para os leitos fluviais, por efeito do escoamento superficial, condicionando o solapamento da base formado por materiais grosseiro.

Portanto, o fato que mais deve ser levado em consideração é que a cobertura vegetal, em conjunto com outras práticas conservacionistas, compõe o

manejo adequado da bacia, garantindo a quantidade e qualidade dos recursos hídricos.

6.2.3 Parâmetros físicos e químicos do solo

A geração de conhecimentos fundamentada na formação de uma base de dados sobre as mudanças impostas pela erosão nas características físicas e químicas desse solo, em comparação com as que ocorrem no perfil original em bom estado de conservação, é fundamental para o monitoramento do grau de recuperação passível de obtenção de práticas de uso, manejo e conservação.

As propriedades químicas dos solos podem fornecer indicações quanto à disponibilidade de elementos nutritivos, ou seja, quanto à fertilidade química, quanto à influência da mineralogia por meio da atividade das argilas presentes nos perfis, quanto às influências do nível de base e da precipitação, servindo também como subsídio para a sua classificação.

É sabido que o efeito da erosão na degradação da fertilidade do solo está diretamente associado à remoção de nutrientes, como o fósforo e o potássio, adsorvidos às partículas minerais (argilas) e orgânicas (húmus), ou em solução, como o nitrogênio, carregado na própria enxurrada que transporta aqueles colóides (SILVA, 2000).

Buscando-se uma comparação entre certas características químicas da cobertura pedológica em solo antes do experimento e depois do experimento, a fim de se ter uma avaliação mais precisa dos efeitos do desmatamento e as alterações promovidas pelo uso do solo sobre essas características, foram estudados dois perfis na parte superior de uma vertente dentro da área delimitada, ocupada por vegetação secundária.

Na análise granulométrica do solo, antes da montagem do experimento, atribuímos este solo a classificação textural franco-arenoso em todo

o perfil nas duas áreas, correspondente ao material arenoso, criando, assim, condições favoráveis que facilitam às elevadas taxas de erosão; com exceção da camada de solo 25-30cm, com uma maior quantidade de argila se enquadrando na classe de textura franco argiloso-arenoso (Tabela 19).

Tabela 19: Características físicas da camada arável (0-20cm) dos dois solos determinada antes da instalação do experimento.

Profundidade	Areia grossa	Areia	Silte	argila	Ds	PT
	-----g/kg-----				g cm ⁻³	%
Área 1 – Argissolos eutróficos						
	32,9	27,2	25,8	14,1	1,27	49
5 - 10 cm	35,4	24,9	25,7	14,0	1,33	51
10 - 15cm	34,2	25,1	25,4	15,3	1,48	48
15 -20 cm	36,4	24,2	24,5	14,9	1,31	48
20 25 cm	31,0	25,7	26,2	17,7	1,37	49
25- 30 cm	26,2	24,2	26,0	23,6	1,36	47
Área 2 - Luvisolos crônicos						
0 – 5 cm	41,2	29,3	21,3	8,2	1,40	46
5 – 10 cm	42,2	31,4	17,2	9,3	1,45	45
10 – 15 cm	43,4	30,2	17,3	9,1	1,46	43
15 – 20 cm	41,7	34,2	14,2	9,9	1,48	44
20 – 25 cm	42,3	35,2	11,3	11,2	1,48	43
25 – 30 cm	42,3	38,2	8,4	11,1	1,49	42

Dados coletados e organizados COSTA FALCÃO, C. L (2007).

A densidade do solo (Ds) se mantém acima de 1,40 g cm⁻³ e a porosidade abaixo de 46% para o Luvisolo, o que caracteriza uma grave compactação, favorecendo a desagregação das partículas e contribuindo para a translocação de partículas mais finas para os horizontes inferiores, causando entupimento dos poros. Este fato possibilita maior arraste de partículas no sentido da declividade pelo efeito do escoamento superficial de maior volume de água, o que de certa forma favorece os processos erosivos. Enquanto, para o Argissolo, a densidade se encontra um pouco mais baixa e a porosidade próxima a 50%, o que caracteriza um solo com maior capacidade de drenagem, no Luvisolo, verifica-se uma diminuição da fração argila em relação ao Argissolo, o que pode comprovar um processo de erosão mais intenso nesse solo, visto que a fração argila por ser de menor tamanho e peso mais facilmente carregado pelas enxurradas.

A caracterização química dos dois solos estudados encontra-se na tabela 20. Foi verificado que o Argissolo apresentou ao longo do perfil boas características químicas com saturação de bases superiores a 60%, o que lhe confere um caráter eutrófico, pH próximo à neutralidade e teores elevados de matéria orgânica, conforme Alvarez et al. (1999). Com relação ao fósforo (P), este apresentou baixo teor para o Luvisolo e muito alto para o Argissolo, principalmente nas duas primeiras camadas, provavelmente pelos altos teores de matéria orgânica na camada superficial, diminuindo nas demais camadas.

Nos dois solos em estudo, o teor de matéria orgânica (MO) diminuiu, à medida que aumentava a profundidade. O aumento de (MO), na profundidade de 5cm, foi de 50% no Argissolo (22,4 g/kg) em relação ao Luvisolo (11,2 g/kg), enquanto que na profundidade de 20cm esse aumento foi de 43%. Nas profundidades seguintes a diferença dos teores de matéria orgânica tornou-se mais pronunciada.

Conhecendo os benefícios que a matéria orgânica representa para todo o sistema produtivo, pode-se afirmar que este teor elevado de matéria orgânica presente no Argissolo propicia a manutenção e a melhoria da fertilidade, com reflexos benéficos nas demais características do solo, como o potássio, cálcio e magnésio. Os incrementos nos teores elevados podem ser atribuídos à presença significativa de tais elementos na constituição da matéria orgânica, melhorando a aeração do solo e a drenagem interna e reduzindo a densidade global do solo.

Tabela 20: Características químicas dos dois solos em estudo, em função da profundidade, antes da instalação do experimento.

Profundidade	pH	Mo	P	K	Ca	Mg	H+AL	SB	V
	dag kg ⁻¹		mg dm ⁻³			mmol _c dm ⁻¹			%
Área 1 – Argissolo Eutrófico									
0 – 5cm	7,0	22,4	151	9,5	101	19	29	102	78
5 – 10cm	6,9	19,3	131	6,6	102	21	28	104	79
10 – 15cm	6,9	16,5	95	6,4	87	23	30	110	79
15 – 20cm	6,8	13,2	89	3,2	84	32	32	121	80
20 – 25cm	6,4	12,3	42	3,0	92	34	31	119	79
25 – 30cm	6,1	11,4	32	2,5	99	30	33	128	80
Área 2 – Luvisolos Crônicos									
0 – 5cm	6,7	11,2	4	2,11	29	9	10,5	38,1	78
5 – 10cm	5,4	8,3	1	2,00	31	4	25,4	43,3	63
10 – 15cm	5,5	6,7	2	1,70	32	11	29,2	47,2	61
15 – 20cm	5,2	5,4	2	1,60	40	7	31,1	44,3	58
20 – 25cm	5,1	5,2	1	1,20	45	5	32,4	51,0	61
25 – 30cm	5,5	4,0	0	1,05	48	9	32,5	44,3	58

Dados coletados e organizados COSTA FALCÃO, C. L (2007).

Com o deslocamento das partículas do solo pela ação do escoamento pluvial, ocorre a percolação, que é o movimento ascendente da água livre que libera a superfície do solo e camadas superiores da umidade supérflua. Este ocasionará geralmente a lixiviação do solo, ou seja, a perda dos sais livres; conseqüentemente, a percolação pode exaurir os solos de certos nutrientes. Em função dessas alterações podem ser inferidos os impactos negativos que a perda do horizonte superficial provoca particularmente no teor de matéria orgânica, na textura e na densidade do solo (SILVA, 2000). Neste contexto, torna-se importante analisar estes teores.

Na propriedade física dos materiais erodidos, foram mostradas quantidades de partículas parecidas com a camada superficial determinada antes da instalação do experimento (Tabela 19), com exceção dos teores de silte e argila nos dois solos estudados, mostrando uma concentração maior no material erodido, o que pode ter contribuído para maior perda de nutrientes conforme

pode se observar na tabela 20.

Esta perda de nutrientes ainda foi constatada em campo nas duas áreas, pela observação da cor pardacenta das águas de escoamento superficial, que indica a existência de certa quantidade de argila e húmus em suspensão. Essas partículas, pela ação dos pincos de chuva, vão destruindo os agregados e colocam em suspensão certa quantidade das frações finas do solo. Este movimento é intermitente e contínuo no tempo, em que as partículas tenderão a ser arrastadas ao longo das encostas.

A área 1 do presente estudo apresentou em alguns pontos a exposição do horizonte B textural, característico do Argissolo. A exposição desse horizonte de sub-superfície foi observada visualmente nos perfis em campo, representando uma clara evidência do estágio de erosão severa, podendo-se observar ainda alteração da cor. Segundo Silva (2000), as modificações na morfologia do solo influenciadas pela erosão podem ser detectadas também nas mudanças de cores dos horizontes dos solos conservados e erodidos. Silva (2000) comenta um exemplo de um Argissolos eutrófico de Quixadá (CE), em bom estágio de conservação, a cor úmida do horizonte Ap do solo, Luvisolos (10 YR 4/4), estava associada a maior teor de matéria orgânica (1,8%), menor teor de argila (14,3%) e menor densidade do solo ($1,46 \text{ Mg.m}^{-3}$). Nesse mesmo solo, degradado por forte erosão e compactado por mecanização irracional em seu preparo, com o afloramento do B textural, a cor úmida mudava para vermelho-marelado (5YR) associando-se à redução no teor de matéria orgânica (0,6%), maior teor de argila (27,4%) e aumento da densidade do solo ($1,72 \text{ Mg.m}^{-3}$).

Tabela 21: Características físicas dos sedimentos erodidos durante o monitoramento de um Argissolo e Luvisolo nas diferentes parcelas sob diferente cobertura vegetal: Parcela A₁ e D₁ com 3m de largura; Parcela B₁ e E₁ com 1,5m de largura e C₁ e F₁ sem cobertura vegetal.

Características físicas	Área 1 Maciço Argissolo			Área 2 Depressão Luvisolo Crônicos		
	2005					
	janeiro/fevereiro/março					
	A ₁	B ₁	C ₁	D ₁	E ₁	F ₁
Areia grossa g/kg	27,2	30,4	31,0	38,7	40,3	37,4
Areia fina g/kg	24,3	24,9	26,7	24,7	25,9	32,8
Silte g/kg	29,3	27,3	26,5	24,2	22,3	29,3
Argila (g/kg)	19,2	17,4	15,8	12,4	11,5	10,5
Ds (g cm ⁻³)	1,31	1,31	1,32	1,52	1,50	1,47
PT (%)	50	51	51	43	48	45
	abril/maio/junho					
Areia grossa g/kg	29,5	30,4	32,6	39,5	39,9	39,2
Areia fina g/kg	23,2	25,3	25,4	26,0	27,3	30,7
Silte g/kg	28,4	28,4	25,8	21,3	20,2	20,4
Argila (g/kg)	18,9	15,9	16,2	13,2	11,6	9,7
Ds (g cm ⁻³)	1,30	1,30	1,40	1,50	1,49	1,46
PT (%)	51	51	50	46	46	44
	2006					
	Janeiro/Fevereiro/Março					
Areia grossa g/kg	22,3	27,7	34,6	43,26	39,0	40,2
Areia fina g/kg	26,2	26,2	23,4	24,2	26,9	33,4
Silte g/kg	31,2	26,9	24,9	21,2	23,2	17,2
Argila (g/kg)	20,3	19,2	17,1	11,34	10,9	9,2
Ds (g cm ⁻³)	1,29	1,28	1,34	1,51	1,51	1,45
PT (%)	52	50	51	49	50	46
	Abril/Maio/Junho					
Areia grossa g/kg	21,3	25,0	30,8	38,0	39,9	38,1
Areia fina g/kg	27,1	25,7	27,8	28,7	27,4	35,3
Silte g/kg	30,4	29,0	23,2	20,9	22,3	17,7
Argila (g/kg)	21,2	20,3	18,2	12,4	11,1	8,9
Ds (g cm ⁻³)	1,31	1,31	1,36	1,48	1,49	1,48
PT (%)	51	50	51	48	50	48

Dados coletados e organizados COSTA FALCÃO, C. L (2007).

Com o aumento do volume das águas nos meses mais chuvosos, as partículas adquirem mais velocidade ao descer as encostas. Esta velocidade ascensional do turbilhonamento em cada filete de água atinge valores elevados, possibilitando o arrastamento de partículas cada vez mais grosseiras, indo originar os sulcos, que, favorecidos pelas características do ambiente, evoluem para ravinas até transformarem-se em voçorocas. Este processo ocorre em várias escalas de observação nas duas áreas estudadas.

Estas formas erosivas foram encontradas nas duas áreas: correspondem à erosão laminar e linear em formas de sulco, ravina e voçoroca. Estas evidenciam a ação indireta do homem sobre os processos geomorfológicos aparecem indicadas pelos sulcos de erosão, em meio ao plantio de milho e mandioca, conforme podemos visualizar na figura 33, corresponde a área 1 do maciço da serra das Matas, com o seu comprimento de aproximadamente 200m. É possível verificar ainda nesta foto em primeiro plano plantio de banana, indicação do desmatamento em toda a área. Podemos observar a formação de sulco e ravinas em meio ao plantio de mandioca e banana.

Figura 33. Plantio de banana em primeiro plano e sulcos de erosão em meio ao plantio de milho em vertente acentuada.
Fonte: Falcão Sobrinho (2006).

A erosão laminar foi identificada principalmente na área 2 Depressão/Luvissolos em áreas de relevo menos dissecado; sendo a erosão linear encontrada nas duas áreas de estudo. Em termos globais, a erosão laminar, é a mais disseminada na área do semi-árido; é de difícil percepção. Por essa razão, os agricultores a ignoram até o ponto de dizerem “o que está acontecendo é que as pedras estão crescendo”. De acordo com Brady (1984), eles estão atualmente cultivando o sub-solo sob seus pés, despercebidos de que seu rico e mais produtivo solo superficial foi roubado pela erosão.

A figura 34 também indica sulcos de erosão localizados no entorno da área de pesquisa da área 2. Por meio destas fotos procuramos mostrar, em detalhe, os sulcos em meio ao plantio de mandioca. Podemos observar um processo de erosão acelerada, por escoamento superficial particularmente nos período de grandes chuvas, onde além do solo, a água de escoamento tem capacidade de movimentar seixos e cascalhos.

Os solos Argissolos são muito susceptíveis à ação do escoamento pluvial, por isso ocorrem ravinas, por ocasião da estação chuvosa, as valetas se ampliam principalmente nos pontos terminais de águas pluviais canalizadas.

Além destas evidências de morfogênese antrópica, o que nos chamou atenção, no transcorrer da pesquisa, a ocorrência de voçorocas nas duas áreas. É oportuno destacar que esses problemas geomorfológicos não são específicos do semi-árido cearense. Nestas áreas, especificamente, são agravados por fatores naturais locais, como a declividade das vertentes e as chuvas torrenciais, e por fatores sociais, como a forma de uso do solo.

Figuras 34. Esta sequência de fotos apresenta nitidamente o processo de formação de sulcos, com seixos e cascalhos rolados, em meio ao plantio de mandioca, ocasionando a descida da cultura dentro do sulco.
Foto: COSTA FALCÃO/2007

Na figura 35 podemos observar o fenômeno da voçoroca localizada na área 1 serra das Matas. Em seu entorno podemos visualizar o plantio de mandioca, capim. A altura das paredes dessa voçoroca, no seu trecho mais profundo, chega a atingir 2m, possibilitando a verificação do afloramento de rochas em alguns trechos do seu percurso. Nossas observações ao longo da pesquisa com visitas ao local e entrevistas com moradores próximos mostrou-nos que a evolução foi rápida.

Interessante apresentar, a formação de voçoroca em área menos declivosas, como é o caso da área 2 Depressão pode visualizar na figura 36. Esta voçoroca situa-se nas cabeceiras do córrego Mandigueira, sendo um outro exemplo de mau uso do solo, em área favoráveis ao desenvolvimento do processo erosivo. Chamam a atenção, nestas fotografias, os canais de escoamento pluviais que se iniciam e chegam às bordas de um dos ramos da voçoroca. Isso acontece a cada época de chuva e cheia do córrego, o que leva a crer ser originada por concentração das águas superficiais bem como por manejo agrícola inadequado.

No caso da área 2 Depressão/Luvissolo, o ritmo climático associado a outros problemas como cheias e erosão as margens dos rio, assim como o índice de desmatamento, queimadas, juntamente com as análises dos solos serviram para evidenciar a sua alta erodibilidade. Os elevados teores de areia e baixos de argila, bem como os baixos teores de matéria orgânica, estão contribuindo para a alta erodibilidade de algumas partes da bacia.

Cabe ressaltar, no entanto, o que vem determinando a ocorrência e o maior ou menor tempo para o desenvolvimento desse processo é o tipo de solo, relevo e, principalmente, o uso da terra. Portanto, o processo de voçorocamento não pode ser explicado somente pela retirada da cobertura vegetal para as atividades agrícolas, deixando o solo exposto à ação dos processos erosivos, caso contrário, ele seria comum às áreas desmatadas. Portanto, se não é só a ausência da cobertura vegetal, temos que buscar nas características pedológicas, geológicas, geomorfológicas e outras para a sua ocorrência.

Figura 35. Áreas afetadas por voçorocas, em meio ao plantio de mandioca e capim: a) extensão linear do processo erosivo. A voçoroca inicia alguns metros antes da árvore, observe nas setas indicadas ela dividi-se em duas; b) ela se aprofunda chegando à exposição de afloramento da rocha; c) adiante ela chega a atingir 2 metros de profundidade.
Foto: COSTA FALCÃO/2007

Figura 36. Seqüência de fotos apresentando área afetada por voçoroca nas margens do riacho Mandigueira, observem a carnaúba foi atingida.
Foto: COSTA FALCÃO/2007

Desta forma, os resultados das análises granulométricas confirmam as observações, tornando-se prováveis que a declividade das baixadas em direção as cabeceiras dos córregos permita o escoamento contínuo das águas carregadas de silte e argila. Foram observados, ainda, nas parcelas com faixas de vegetação, pequenos depósitos de areia, indicando que os filetes d'água, ao mudarem a direção de seu curso, perdem a velocidade e abandonam a parte mais grosseira da carga. Somente com outro evento, e dependendo da capacidade de carga, esse material poderá ser arrastado, ultrapassando toda a faixa de vegetação, seguindo em direção às parcelas.

A perda continua da camada superficial, a mais fértil, seguramente leva a menor capacidade de produção, principalmente nos solos rasos do semi-árido. Daí a importância das análises desses sedimentos transportados que iremos apresentar.

Com relação às propriedades químicas, verificamos que o solo erodido do Luvisolo apresentou um teor de nutrientes similar ao solo original na camada superficial e foi uniforme nas três parcelas estudadas, nos dois anos de pesquisa (Tabela 22). Por sua vez, a análise dos sedimentos do Argissolo durante os anos de 2005 e 2006 apresentou menor riqueza química que o solo original (Tabela 20). Essa diferença pode ser atribuída ao elevado teor de matéria orgânica no solo original, visto que esta tem a capacidade de absorver maior quantidade de água e, conseqüentemente, diminuir o escoamento superficial e a perda de solo por erosão, concordando com os resultados encontrados por Albuquerque *et al.* (2001).

A matéria orgânica foi perdida em grandes quantidades em todos os anos, sendo superiores ao conteúdo disponível, originalmente presente na camada superficial, uma vez que a matéria orgânica é o primeiro constituinte a ser removido pela erosão, haja vista sua baixa densidade, concordando com o trabalho de Costa Falcão *et al.* (2002).

Tabela 22. Características químicas dos sedimentos erodidos durante o monitoramento de um Argissolo e Luvisolo nas diferentes parcelas.

Características Físicas	Área 1 - Maciço Argissolos				Área 2 - Depressão Luvissolos Crômicos	
	2005					
	Janeiro/Fevereiro/Março					
	A ₂	B ₂	C ₂	D ₂	E ₂	F ₂
Ph	7,1	7,0	7,0	6,8	6,5	6,9
Matéria orgânica	52,4	37,2	14,4	41,4	47,2	14,4
Fósforo, mg/Kg	93	99	12,2	5	4	2
Potássio, cmol/Kg	6,8	6,2	7,4	6,1	6,3	7,2
Cálcio, emol/Kg	0,4	9,3	6,2	25	27	38
Magnésio, cmol/Kg	27	23	19	11	10	10
Saturação de bases	98	95	85	34,2	31,2	33,2
V(%)	81	79	85	82	79	79
	Abril/Maio/Junho					
Ph	7,2	7,0	7,1	6,7	6,2	7,0
Matéria orgânica	48,7	38,0	8,5	48,7	41,0	18,5
Fósforo, mg/Kg	99	101	132	7	3	1
Potássio, cmol/Kg	6,6	6,0	7,3	7,2	4,2	6,4
Cálcio, emol/Kg	8,5	9,1	8,2	26	31	31
Magnésio, cmol/Kg	29	27	18	17	11	9
Saturação de bases	110	90	95	39,2	32,3	31,4
V(%)	80	86	90	80	78	73
	2006					
	Janeiro/fevereiro/março					
Ph	7,0	7,1	7,0	7,1	6,6	7,0
Matéria orgânica	48,2	38,7	140,3	23,4	35,4	13,2
Fósforo, mg/Kg	104	95	11,5	7	2	2
Potássio, cmol/Kg	7,5	6,9	7,1	7,0	4,4	6,5
Cálcio, emol/Kg	13,2	10,1	6,0	32	26	25
Magnésio, cmol/Kg	33	25	30	11	9	7
Saturação de bases	100	92	86	38,1	29,5	28,1
V(%)	80	75	80	73	72	71
	Abril/Maio/Junho					
Ph	7,1	7,0	7,0	7,2	6,7	6,8
Matéria orgânica	50,1	40,2	143,9	22,5	36,2	14,2
Fósforo, mg/Kg	101	100	10,5	6	3	2
Potássio, cmol/Kg	7,7	6,5	7,0	5,4	5,5	6,6
Cálcio, emol/Kg	12,1	9,8	6,1	38	25	19
Magnésio, cmol/Kg	34	29	29	9	8	6
Saturação de bases	98	90	90	37,6	28,4	27,2
V(%)	89	82	82	81	72	70

Dados coletados e organizados COSTA FALCÃO, C. L (2007).

Normalmente, a perda de matéria orgânica por erosão tem grande importância para os processos de eutrofização de mananciais, na medida em que a biodegradação de compostos orgânicos em rios e lagos eleva as demandas bioquímicas de oxigênio, colocando em risco a vida aquática.

Entre as bases trocáveis, o magnésio apresentou taxa de enriquecimento maior no sedimento erodido durante o ano de 2005, nos dois tipos de solos estudados, sendo, por isso, o nutriente mais problemático em termos de contaminação ambiental, pelo efeito de eutrofização da água.

Especialmente nas nossas condições de clima, a matéria orgânica, cuja importância foi devidamente ressaltada, é um produto bastante instável. A ação direta dos raios solares, a ação do fogo, os trabalhos de preparo do solo e cultivo e, conseqüentemente, aumento da aeração constituem as principais causas da destruição da matéria orgânica do solo.

Com a utilização dos solos para a agricultura e pecuária é rompido o equilíbrio natural, chegando à destruição da matéria orgânica e outros nutrientes pelo uso de práticas de desmatamento e queimadas. Dessas práticas, a mais condenável é a queimada ainda muito comum entre nossos agricultores. Daí a importância de avaliar os teores médios dos macronutrientes do solo na fase final do experimento em comparação com os valores obtidos na fase inicial.

Na tabela 23, temos os valores de Matéria Orgânica, Potássio, Cálcio e Magnésio registrados na análise do solo inicial e final, ou seja, os resultados obtidos antes e após a realização dos experimentos. Pode-se observar que, em ambos o solo, ocorrerá diminuição dos nutrientes ao final do experimento.

Tabela 23. Teores de Matéria Orgânica, Potássio, Fósforo, Cálcio e Magnésio, em solo Argissolo área 1 e Luvisolo área 2, antes da instalação do experimento e na fase final do experimento.

Área 1 - Maciço Argissolo						Área 2 - Depressão Luvisolos				
Profundidade	MO	P	K	Ca	Mg	MO	P	K	Ca	Mg
	dag kg ⁻¹	Mg dm ⁻³	- ----mmolc	dm ⁻¹ -----		dag kg ⁻¹	Mg dm ⁻³	- ----mmolc	dm ⁻¹ -----	
Antes do experimento						Antes do experimento				
0 - 5cm	22,4	151	9,5	101	19	11,8	4	2,11	29	9
5 - 10cm	19,3	131	6,6	102	21	8,3	1	2,00	31	4
10 - 15cm	16,5	95	6,4	87	23	6,7	2	1,70	32	11
15 - 20cm	13,2	89	3,2	84	32	5,4	2	1,60	40	7
20 - 25 cm	12,3	42	3,0	92	34	5,2	1	1,20	45	5
25 - 30 cm	11,4	32	2,5	99	30	4,0	0	1,05	48	9
Final do experimento						Final do experimento				
0 - 5cm	17,4	125	7,5	97	17	8,4	3	2,05	25	6
5 - 10cm	15,8	128	5,4	98	18	6,5	2	1,95	27	3
10 -15cm	17,3	89	4,3	85	22	5,4	2	1,65	27	9
15 - 20 cm	12,4	79	3,2	86	29	5,0	1	1,40	35	8
20 - 25 cm	10,4	35	2,8	89	30	4,2	0	1,32	44	5
25 - 30 cm	10,3	37	2,8	90	31	4,0	0	1,00	47	8

Dados coletados e organizados por COSTA FALCÃO, C.L. (2007)

Com relação à matéria orgânica, detectamos expressiva diminuição de seus teores após o experimento, em comparação aos teores no solo antes do experimento, principalmente para o Argissolo área 1. Já para o P, K e Ca, observou-se esse mesmo comportamento para os dois solos, porém em menor escala. Já o potássio, no Luvisolo área 1, não apresentou diferença significativa entre os resultados antes e depois.

Com a análise dos dados, podemos perceber que ocorreu uma grande variação nos valores das concentrações de todos os parâmetros. Evidenciou-se, portanto, a importância da cobertura vegetal, contribuindo para a melhoria, tanto da fertilidade, via reciclagem de nutrientes, quanto para as condições físicas do solo em função da diminuição significativa nos teores desses nutrientes observados no final do experimento.

Vimos, portanto, que os mecanismos desencadeados pelos processos erosivos na redução da cobertura vegetal são muito complexos. Esforçamo-nos para avaliar por meio de seus parâmetros morfológicos, físicos, químicos do solo, portanto, acreditamos que os aspectos econômicos e sociais apresentam relevância acentuada para o entendimento no contexto analisado.

6.3 As condições socioeconômicas e culturais

Buting já afirmava em 1965 que o solo resulta de várias forças atuantes - o mineral, o clima, os organismos, o relevo, a vegetação e o tempo; no entanto, a qualidade e o tempo de vida do solo são ordenados pelas atividades do homem, mediante através de abusivos plantios, práticas de queimadas, aplicação de agrotóxicos etc.

Os danos provocados por uma acentuação antrópica se deixam sentir tanto pela perda da fertilidade do solo como nas perdas de produção, indo refletir diretamente no bolso do pequeno produtor. Os dois aspectos estão intrinsecamente vinculados por grandes perdas. Portanto, o problema da degradação que se manifesta em relação aos recursos naturais traz implicações sociais seriíssimas. É fundamental entender toda a dinâmica, a maneira como funciona e principalmente levar em conta que, em função dos processos desordenados de ocupação, as ações erosivas vão se manifestando de maneira cada vez mais acentuada.

Quando em uma atividade agrícola ocorre o deslocamento de sedimentos provocado pela erosão, fruto de um manejo inadequado do solo, torna a área menos produtiva em alimentos e com isso produz efeitos na economia, ocasionando reflexos de micro ou macro-escala.

A forma de explorar o recurso natural, além de causar modificações na paisagem natural, desencadeia uma seqüência de situações que refletem no conjunto da

paisagem, seja nos aspectos naturais como na própria organização da sociedade. (FALCÃO SOBRINHO, COSTA FALCÃO, 2008).

O solo é um dos recursos naturais essenciais à sobrevivência da humanidade. Do seu desempenho produtivo depende a estabilidade da sociedade como um todo. A sua conservação é parte do conceito social de conservação da terra, o qual implica em determinar e pôr em prática como o homem pode satisfazer suas necessidades físicas, econômicas e ecológicas a partir do solo, sem danificar sua capacidade de continuar a satisfazer-lhe as necessidades do futuro.

Os benefícios do manejo adequado dos solos não se restringem, apenas, no sentido de não degradar, não erodir, mas, imprescindivelmente, por uma questão econômica, pois refletirá diretamente no bolso do pequeno agricultor. Observa-se que os aspectos sócio-econômicos da população não prevêem um entendimento da necessidade de manejo. Daí a necessidade de visão holística, em que conhecer a sociedade, seu espaço e história, padrões culturais e dinâmicas sócio-econômicas se faz necessário, utilizando-se de uma abordagem sistêmica que valoriza a interdisciplinaridade. É fato atestado pelos agricultores que a produção diminuiu consideravelmente no decorrer de sucessivos plantios em uma mesma área. Como é fato, também, que suas práticas agrícolas iniciam-se com o desmatamento, a queima, o plantio em fileiras e o abandono de terra após a colheita.

6 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para que possamos ter um entendimento da natureza na sua totalidade, na sua integralidade, vimos no capítulo 4 o conjunto de componentes que integram o contexto geoambiental da nossa área de estudo com base na compreensão da natureza como eles se relacionam mutuamente. Considerando as variáveis ambientais descritas como atuantes e preponderantes na ocorrência de erosão, levantamos a hipótese de que o principal mecanismo de erosão atuante seja o escoamento por águas superficiais. Conforme Guerra (1998), esse processo terá evidência em função das várias características físicas, químicas e morfológicas apresentadas pelo solo, além das condições climáticas e do uso da terra.

Quando se pretende estudar processos erosivos vinculados ao escoamento pluvial, necessário se faz o conhecimento das relações entre a intensidade, a duração e a frequência da chuva, uma vez que estes são fatores que definirão o volume e a velocidade de tal escoamento, sendo de enorme importância para o controle de erosão.

Diante do exposto, tal análise é precedida de um acompanhamento do comportamento dos aspectos pluviométrico regional e local. Os dados e análises tiveram como base as informações da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), sobre a bacia do rio Acaraú..

6.1 Análise precipitação pluviométrica

O semi-árido nordestino é uma área definida, climaticamente, com deficiência hídrica na maior parte do ano, abrangendo centenas de milhares de quilômetros quadrados e com grande heterogeneidade, espacial e temporal, nas condições de deficiência. Exibe quadros muito variados e uma estação chuvosa de 3-5 meses, alternando-se com período de 7-9 meses secos, com totais pluviométricos variando de 500 a 750mm.

Para a sua definição, usou-se indicadores simples de semi-áridez, como médias de precipitações anuais e/ou mensais, relacionadas ou não a médias de temperatura do ar e de evaporação ou evapotranspiração (REDDY, 1993). Tem-se enorme volume de dados sendo trabalhados nas duas últimas décadas, principalmente com objetivos climáticos, mas ainda pouco aplicados aos estudos agrícolas, em escala regional. Este fato nos direciona a considerar como relevante, neste momento inicial, a escala temporal, para, em seguida, procurar adaptar estes conhecimentos aos dados das duas áreas experimentais.

Neste momento, é bastante representativo o fato de fazermos uma leitura dos municípios da bacia situados nas duas unidades geomorfológicas, depressão sertaneja e maciço residual, áreas dos respectivos locais do presente estudo, para uma melhor compreensão das análises dos dados dos dois anos de monitoramento das respectivas áreas que irão ser discutidas adiante. A análise dos dados pluviométricos da Bacia Hidrográfica do rio Acaraú, extraídos dos boletins pluviométricos da FUNCEME, nos últimos 23 anos (1984 a 2006), permitiram uma série de observações a respeito das chuvas regionais, onde verificamos uma diferenciação em toda a bacia, conforme podemos visualizar na figura 24.

Nesta série histórica de 23 anos, observam-se irregularidades das precipitações, ou seja, dos 21 municípios analisados, 14 apresentam um índice superior às precipitações que caracterizam o semi-árido, de 600 a 800 mm. Nas barras amarelas, visualizamos os municípios localizados na depressão sertaneja. Destes, observamos que alguns apresentam média da precipitação acima do índice superior de 800mm: Graça, Ipú, Ipueiras, Mucambo, Pacujá, Sobral. Nos municípios localizados nas proximidades da serra das Matas, mais ao sertão central do estado, as médias nas precipitações tendem a decrescer. Como exemplo, temos Catunda e Tamboril, com médias de 647mm e 677mm, respectivamente

Figura 24. Precipitação Média anual dos municípios que compõem a bacia do rio Acaraú, referente ao período de 1984 a 2006.

Fonte: Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME).
Dados coletados e trabalhados por COSTA FALCÃO (2007)

Estas alterações de condições climáticas podem ser justificadas em decorrência do relevo, pois estes municípios se encontram localizados na borda da serra da Ibiapaba e da serra da Meruoca. Em face das suas altitudes, que atingem mais de 900m e do conseqüente efeito orográfico, condicionam precipitações anuais que podem atingir até mais de 1.400 mm, favorecendo uma reciclagem de umidade pela constante formação de nevoeiro no período da estação chuvosa.

As barras em cor marrom mostram os municípios localizados em área de maciço residual, entre os quais o maciço residual da serra das Matas, área do presente estudo. Oscila em torno de uma média de precipitação de 668,9mm, portanto, um índice bem menor, tanto em relação a estes municípios citados da depressão sertaneja, como em relação ao maciço residual da serra da Meruoca, que se apresenta com um índice de 1.472,8mm, o mais elevado de toda a região, pois se encontra

aproximadamente a 100 km de distância do mar, enquanto a serra das Matas, 320 km, com uma altitude variando de 700-900m.

Conforme esclarecido anteriormente, dentro dos limites geográficos do semi-árido, estão inseridos muitas áreas privilegiadas por altas normais pluviométricas em função dos fatores orográficos por altitudes que superam 900m. São áreas de serras, planaltos e maciços. Isto pode ser verificado numa classificação climática generalizada feita por Ab'Saber (s.d) para o semi-árido nordestino, na qual, numa perspectiva ampla, se pode identificar quatro situações distintas, a saber: semi-árida acentuada, semi-árida rústica, semi-árida moderada e sub-úmida passando a úmida.

Este é um exemplo típico dos maciços residuais da serra da Meruoca e da serra das Matas, pertencentes à Bacia Hidrográfica do Rio Acaraú, que apresentam precipitações pluviométricas mais regulares e abundantes, pelas próprias condições de relevo, clima e solo, com aptidão para o cultivo, sendo responsáveis pela manutenção de inúmeras famílias nos municípios dos maciços e da serra.

No geral, o semi-árido está vinculado a essas condições de baixas precipitações e altas temperaturas, ao que se aliam à alta variabilidade interanual dessas chuvas e a irregular distribuição espacial, que caracteriza tão bem o semi-árido nordestino. Andrade (1977) confirma este aspecto, ao comentar a respeito da distribuição espacial e temporal das chuvas. O semi-árido nordestino não é atingido ao mesmo tempo e de forma generalizada pelas secas, em virtude dos fatores responsáveis pelas chuvas, tais como os movimentos da Zona de Convergência Intertropical (CIT) e as descargas da Frente Polar Atlântica (FPA), caracterizando faixas climáticas distintas no interior do trópico semi-árido, contrariando de forma sistemática os que insistem em generalizá-la.

Esta característica é bastante acentuada nos dois ambientes da área de estudo. As chuvas ocorrem de forma concentrada; cerca de 70% caem

durante os meses de fevereiro, março e abril, seja em área de depressão ou de maciços, ficando o restante dos meses sem chuva. O que nos chama atenção é que ocorrem em poucos dias, conforme podemos visualizar na figura 25.

Figura 25 - Média total de dias chuva, referente ao período de 1984 a 2006.
 Fonte: Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME).
 Dados coletados e trabalhados por COSTA FALCÃO (2007)

Percebe-se acentuada disparidade nos valores em relação à distribuição dos dias de chuvas. A média do período chuvoso no maciço da Meruoca é de 63 dias de chuva por ano, com um máximo de 115 dias, ocorrido no ano de 1985; enquanto isso, no maciço da serra das Matas, a média anual de chuvas é de 49 dias por ano, com um máximo de 78 dias, o que ocorreu no mesmo ano do maciço da Meruoca.

Verifica-se que não existe distribuição regular durante os meses de chuva, concentradas em poucos dias do ano. Associado a este fato, o mais agravante, ainda, podemos evidenciar na figura 26 que estas chuvas ocorrem numa média de 9 a 15 dias; são chuvas intensas, algumas

torrenciais, que contribuem com 50% do total de toda a precipitação, enquanto o restante das chuvas é leve.

Figura 26 - Quantidade de dias de Precipitação em que já havia chovido 50% nos municípios que compõem a Bacia do Acaraú em área de depressão sertaneja, referente ao período de 1984 a 2006.

Fonte: Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME).
Dados coletados e trabalhados por COSTA FALCÃO (2007)

Esta constatação pode ser verificada ainda na figura 27, onde mostra as barras de distribuição do total de dias de chuva, acompanhado da média total de dias que contribuem com 50% a 60% do ano.

Figura 27 - Precipitação média anual e comparação do total dos dias de chuva e quantidade de dias em que já havia chovido 50%, referente ao período de 1984 a 2006.

Fonte: Fundação Cearense de Meteorologia.

Dados coletados e trabalhados por COSTA FALCÃO (2007)

Vimos, portanto, que os dados da compartimentação geomorfológica do maciço residual apresentam resultados surpreendentes. Temos a média de apenas 9 a 14 dias referentes a todo ano; vendo-se que não houve diferença significativa em relação aos dados de depressão de 7 a 14, poderíamos esperar melhor distribuição em virtude de apresentar um índice maior de chuva, no caso da serra da Meruoca, no entanto, a diferença não é significativa em relação às áreas de depressão sertaneja. Estes dados tornam-se relevantes e bastante significativos, pois, de acordo com a literatura, a variação espacial da intensidade das precipitações (volume), associada a sua frequência (concentração em alguns meses do ano), foram fatores primordiais para avaliar o resultado do material erodido.

Esta leitura proporcionará melhor compreensão do que ocorre em relação ao efeito das chuvas, no que concerne ao transporte de sedimentos, já que, por problemas de ordem operacional, não foi possível registrar os dados de intensidade das chuvas nos experimentos.

Esta situação pode ser visualizada em uma comparação das representações das médias de precipitação no ambiente de depressão sertaneja e de maciço residual. Os índices de precipitação de 18 meses de monitoramento da pesquisa encontram-se respectivamente nos quadros 2 e 3 e nas figuras 28 e 29. As chuvas ocorreram durante a estação chuvosa no período de janeiro a junho; apresentaram-se com certa diminuição em quase toda a bacia do Acaraú, em relação aos últimos anos.

No quadro 2 estão representados os dados da área 1 Maciço Argissolos, registrados durante o monitoramento 108 eventos pluviométricos em um total de 1.198,20mm, sendo que no ano de 2005 foram computados 67 eventos, num total de 616,4mm; e, no ano de 2006, foram 41 eventos, um total de 583,5mm. Essa precipitação foi 0,8% mm abaixo da média histórica dos 23 anos de 668,9. No quadro 3 encontra-se os dados da Área 2 Depressão Luvisolos, o registro total do monitoramento foi de 83 eventos com uma precipitação de 1.229,4mm, sendo no ano de 2005 um total de 520,00 mm; e para o ano de 2006, um período menor, somente até o mês de maio, perfazendo um total de 709,4mm, este total foi 0,7% mm, abaixo da média histórica dos 23 anos de 811,5mm, conforme visto anteriormente na figura 24.

A comparação mensal dos valores de chuva para as áreas apresentadas nas figuras 28 e 29 revelou que ao longo do monitoramento, a área 1 Maciço/Argissolos, as chuvas foram bem mais distribuídas com relação ao número de dias com um período de chuva de janeiro a junho, com época de estiagem compreendendo os meses de julho a dezembro nos dois anos de monitoramento. Deste total, 50% caem em, de janeiro/março, e o restante nos meses de abril a junho.

Quadro 2. Precipitação diária janeiro de 2005 a julho de 2006, durante o monitoramento na Área 1 Maciço/Argissolos.

Mês dia	2005 Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	2006 Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
1	-	-	-	3,6	-	3,6	-	-	-	-	-	-	48,4	-	21,4	5,0	8,2	-
2	-	-	-	1,6	-	10,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19,1	-
3	-	-	-	-	19,1	11,0	-	-	-	-	-	-	-	-	5,0	-	-	-
4	-	-	-	2,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19,0	-
5	-	-	-	-	-	4,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,6	-
6	-	-	-	-	-	5,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,4	20,8	11,0
7	-	-	-	-	-	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,4	-
8	-	-	-	20,0	-	3,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,0	4,4	-
9	-	-	-	1,0	3,6	3,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,6	-
10	-	-	-	2,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	8,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,4	-	-	-
12	-	-	-	-	4,5	2,0	-	-	-	-	-	-	-	4,0	-	-	-	80,0
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	3,4	-	-	3,5	10,1	5,1	-	-	-	-	-	-	-	8,8	-	-	-	-
15	70,0	3,2	-	3,6	5,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,6	-	6,0	-
16	-	3,6	-	-	2,4	5,5	-	-	-	-	-	-	-	-	5,0	21,8	3,6	9,2
17	12,	20,9	4,2	-	3,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,0	-	-	-
18	-	17,2	-	-	34,5	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	-	1,0	17,7	-	1,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	3,8	-	6,6	6,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,0	-	-	-
21	-	-	5,3	3,2	7,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,8	-	-	-
22	-	-	3,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,2	-	-	-
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9,4	45,4	-	-	-
24	2,8	-	-	-	11,3	-	-	-	-	-	-	-	-	62,0	-	-	29,8	-
25	6,0	-	19,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22,4	-	13,0	-	-
26	41,0	-	41,0	14,3	1,6	-	-	-	-	-	-	-	-	7,2	-	-	-	3,0
27	5,5	-	4,4	2,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,2	-
28	-	-	28,2	-	7,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9,8	4,8	-	-
29	3,2	-	3,6	22,2	5,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	-	-	13,0	-	3,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,6	-	-
31	-	-	1,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Dados coletados e organizados por COSTA FALCÃO, C.L (2007).
- dias em que não houve precipitação.

Quadro 3. Precipitação diária entre janeiro de 2005 a julho de 2006, durante o monitoramento na Área 2 Depressão/Luvissolos Crônicos.

Mês	2005												2006					
dia	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
1	-	-	-	37,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,6	-	-	-
2	-	-	-	30,0	23,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32,0	-	15,8	-
3	-	-	-	-	56,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15,0	19,1	-
4	-	-	-	7,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10,6	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	38,8	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12,6	28,8	-
9	-	-	8,0	-	-	3,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	12,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,6	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,2	-	65,2	-
12	-	-	12,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,2	-	-	-	-
13	-	17,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25,0	-	-
14	-	-	-	7,0	-	-	-	-	-	-	-	-	3,4	6,0	-	-	-	-
15	-	-	-	7,0	-	-	-	-	-	-	-	-	70,0	12,8	-	-	4,0	-
16	-	6,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17,6	4,0	-
17	-	6,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12,5	28,2	4,2	9,4	8,0	-
18	42,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,2	-	-
19	-	-	9,0	-	6,0	-	-	-	-	-	-	-	15,8	-	17,7	-	-	-
20	-	-	7,0	-	6,0	-	-	-	-	-	-	-	3,8	-	6,6	-	-	-
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,3	-	-	-
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	34,0	-	-	-
23	12,0	-	7,0	-	25,0	-	-	-	-	-	-	-	-	10,0	-	-	-	-
24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,8	-	10,8	-	-	-
25	36,0	-	22,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,0	-	8,6	-	-	-
26	-	10,0	7,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	41,0	-	-	11,8	-	-
27	-	9,0	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,5	-	10,2	-	-	-
28	-	5,0	6,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23,2	-	-
29	-	-	5,0	28,0	-	-	-	-	-	-	-	-	3,2	-	-	-	-	-
30	-	-	12,0	17,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,0	2,0	-	-
31	-	-	13,0	-	5,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,0	-	-	-

Dados coletados e organizados por COSTA FALCÃO, C.L. (2007).
- dias em que não houve precipitação.

Figura 28 - Precipitação Mensal entre janeiro 2005 a junho de 2006, período de pesquisa em Monsenhor Tabosa na Área 1 maciço/Argissolos.

Fonte: Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME)

Dados coletados e trabalhados por COSTA FALCÃO (2007)

Figura 29 - Precipitação Mensal entre janeiro de 2005 a julho de 2006, período da pesquisa em Groaíras na Área 2 depressão/ Luvissolos Crômicos.

Fonte: Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME).

Dados coletados e trabalhados por COSTA FALCÃO (2007)

Conforme destacado anteriormente, as características locais, altitude e temperatura contribuem para essa diferenciação. Os dados pluviométricos permitiram, ainda, verificar que há maior incidência de chuvas pesadas em janeiro e março, principalmente neste, diminuindo a frequência em maio e junho, sendo inexistente nos outros meses do ano, perfazendo dois períodos de chuva, quando o solo se achava desprovido de vegetação. Assim as chuvas com maior intensidade são mais frequentes na época em que o solo se encontra com baixa umidade e desprotegido de cobertura vegetal no preparo do solo para o cultivo, concorrendo para aumentar mais ainda a possibilidade de transporte de sedimentos. As variações dos dias de chuva entre o registro dos dois pluviômetros decorrem da distância entre os dois pontos de observação (aproximadamente 200 km em linha reta) e a topografia – ressalta-se a Área 1, localizada no maciço residual.

A precipitação da Área 1 Maciço/Argissolos de 2005, neste período, registrou alta concentração de chuva nos primeiros meses, o que corresponde a janeiro de 2005 (9 dias de chuva com 148,3 mm); deste total, ocorreu uma chuva de 70,0mm em único dia 15/01/05 e em junho de 2006 (4 dias de chuva num total de 103,0mm); desde em um só dia foram registrados 80,0mm (12/06/06), podemos visualizar no quadro 2. Na Área 2 Depressão/Luvissolo, houve um período chuvoso, correspondendo aos meses de janeiro a junho em 2005 e janeiro a maio em 2006. Neste período, foi registrado índice de precipitação abaixo da média 800mm dos 21 anos, no entanto, alguns meses se tornaram representativos. Como exemplo, podemos citar o mês de janeiro/2005, quando foi registrado em apenas três dias um total de 90 mm e no ano de 2006/maio, em apenas 7 dias, choveu 144,9mm, podemos visualizar na quadro 3.

As chuvas dessa região caracterizam-se também por um elevado volume de chuva (diária), atingindo até 80,0mm e 70mm em 24 horas, característica própria do semi-árido, fato este observado nas duas áreas de amostragem. Esta intensidade, sobretudo, horária da precipitação é um

fator determinante no volume do escoamento pluvial e na quantidade de material em suspensão. Conforme os registros e as observações no campo foram observados fortes chuvas durante duas ou três horas. Tais alturas mensais de precipitação refletiram ainda relativas altas intensidades diárias, registradas na tabela 8 as características das chuvas $\geq 30\text{mm}$. Ressalta-nos que não foi realizado o monitoramento da intensidade da precipitação, no entanto, foram indicados aspectos qualitativos da quantidade de chuva por dia, haja vista, a importância da chuva como agente natural no controle da erosão do solo.

Tabela 8. Características das chuvas $\geq 30\text{mm}$ registradas durante o monitoramento.

Área 1		Área 2	
Maciço Argissolos		Depressão Luvisolos	
Data	Precipitação	Data	Precipitação
15/01/2005	70,0 mm	18/01/2005	42,0 mm
26/01/2005	41,0 mm	25/01/2005	36,0 mm
26/03/2005	41,0 mm	01/04/2005	37,0 mm
18/05/2005	34,5 mm	03/05/2005	56,0 mm
01/01/2006	48,4 mm	15/01/2006	70,0 mm
24/02/2006	62,0 mm	26/02/2006	41,0 mm
23/03/2006	45,4 mm	22/03/2006	34,0 mm
12/01/2006	80,0 mm	06/04/2006	38,8 mm
		11/05/2006	65,0 mm

Dados organizados COSTA FALCÃO, C. L (2007)

Verifica-se, portanto, que uma minoria das precipitações se enquadra na categoria de chuva forte, relacionadas com eventos erosivos. Podemos visualizar melhor na tabela 9. Durante o ano de 2005, choveu um total de 614,0mm. Foi registrada na classe de chuva entre 1 a 9,9mm uma frequência absoluta de 48 eventos (71%), em contrapartida, a precipitação acumulada por essa classe foi de apenas 181,1 mm (29,3%). O que mais chama atenção é a classe entre 40 a 49,9mm, registrou apenas dois eventos com uma precipitação acumulada de 82,0mm; e temos ainda o registro de um dia apenas com 70,0mm, o que representa (13 % e 11%) do total de toda a precipitação do ano de 2005.

Tabela 9. Distribuição da precipitação por classe, frequência absoluta e total acumulado (mm).

Área 1			Área 2	
Maciço - ARGISSOLO			Depressão - LUVISSOLOS	
Classe de Chuva	Frequência Absoluta	Precipitação Acumulada	Frequência Absoluta	Precipitação Acumulada
	Ano/2005		Ano/2005	
1 – 9,9	48	181,1	19	113,5
10 – 19,9	11	155,3	8	105,0
20 – 29,9	4	91,3	4	98,0
30 – 39,9	1	34,5	3	103,0
40 – 49,9	2	82,0	1	42,0
50 – 59,9	-	-	1	56,0
≥ 60	1	70,1	-	-
Sub-Total	67	614,0	39	520,0
	Ano/2006		Ano/2006	
1 – 9,9	25	135,2	22	119,4
10 – 19,9	7	95,7	15	203,5
20 – 29,9	5	116,2	4	105,2
30 – 39,9	-	-	3	105,0
40 – 49,9	2	93,8	1	41,0
50 – 59,9	-	-	-	-
≥ 60	2	142,0	2	135,3
Sub-Total	41	582,9	47	709,4
TOTAL	108	1.199,30	86	1.229,40

Dados coletados e organizados por COSTA FALCÃO, C. L (2007)

- não houve registro de precipitação nesta classe

O ano de 2006 não foi muito diferente, sendo que o total de chuva diminuiu para 582,9mm em 41 eventos. Para a classe entre 1 a 9,9, ocorreu o maior número de 25 eventos em 135,2 mm de chuva, enquanto na classe 40 a 49,9mm, com apenas dois eventos num total de 93,8mm (16%) e ainda tivemos para a classe ≥ 60 mm dois eventos, com registros de 142mm, o que representa 24% do total de chuva. Percebe-se a disparidade entre as classes (ver tabela 9).

Na área 2, ocorreram 86 eventos, num total de 1.229,40, sendo 39 eventos no ano de 2005, num total de 520,0mm, e 47 eventos, num total de 709,4mm para o ano de 2006. Para os dois anos, o número maior de eventos foi na classe entre 1 a 9,9mm, com frequência absoluta de 19 e 22 eventos (48,7% e 46,8), com uma precipitação acumulada de apenas 113,5 mm e 119,4mm para os anos de 2005 e 2006, respectivamente. O mais interessante é que, para o ano de 2006, a classe ≥ 60 mm, ocorreram dois eventos, num total de 135,3mm, o que representa média de 19% de toda a precipitação acumulada em dois dias.

6.2 Análise da produção de sedimentos

Dentro da proposta inicial desta pesquisa de estimar o carreamento de sedimentos provenientes do escoamento superficial pluvial, gerado em uma bacia hidrográfica, obtidos nas parcelas experimentais dos dois tipos de solo, em função de diferentes cenários de uso e ocupação das terras, consideramos a combinação do uso da terra e o solo predominante em cada sub-bacia, na hora de estimar o resultado da produção de sedimentos. Devemos destacar, ainda, que, para cada tipo de solo, em função de outras variáveis hidrológicas, climáticas e do meio físico (solo-topografia), obteremos o resultado do processo erosivo explicado pelo carreamento dos grãos pela água da chuva que carrega o solo das partes mais altas e o distribui pela encosta, formando uma camada coluvial.

6.2.1 Parâmetro: sedimentos transportados e precipitação

Conforme quadro 2 e 3 as coletas dos sedimentos transportados foram iniciadas no ano de 2005, logo no início das chuvas, na Área 1 Maciço/Argissolos, no dia 14 de janeiro, e na Área 2 Depressão/Luvissolos dia 18 de janeiro, e encerradas no ano de 2006 no dia 26 de junho e 17 de maio respectivamente, perfazendo aproximadamente 18 meses de monitoramento.

A mobilização de sedimentos ocorridos durante o monitoramento pode ser visualizada na figura 30, onde temos os registros da mobilização dos sedimentos ao longo dos meses de monitoramento em cada área.

A mensuração dos sedimentos carreados em cada evento chuvoso pode ser visualizada nas tabelas 10, 11, 12 e 13. A quantidade total de sedimentos mobilizados durante o experimento na Área 1 foi de 7.010,86 kg e 8.569,51 kg e na Área 2 de 3.976,32 kg e 7.791,20 kg para os respectivos anos de 2005 e 2006. Os dados obtidos nas parcelas foram

confrontados com os respectivos volumes de precipitação. Buscamos analisar o efeito da intensidade da chuva para o carreamento dos sedimentos.

Figura 30. Mobilização de sedimentos ao longo dos meses de monitoramento na área 1 Maciço/Argissolo e área 2 Depressão/Luvissolo no ano de 2005 e 2006. Dados coletados e organizados por COSTA FALCÃO, C. L (2007)

Os dados levaram-nos a constatações relevantes sobre a dinâmica do escoamento pluvial nas duas áreas. As chuvas representaram o principal elemento climático altamente relacionado com a mobilização de sedimentos que se apresentaram. A variação espacial da intensidade das precipitações (volume), associada a sua frequência (concentração em alguns meses do ano), foram fatores primordiais para avaliar o resultado do material erodido.

Tabela 10. Precipitação diária e a mensuração dos sedimentos transportados na Área 1 Maciço Argissolos nas parcelas A₁ com 3,0m de vegetação; B₁ com 1,5m de vegetação e C₁ sem vegetação, durante o ano de 2005.

Área 1 Maciço/Argissolo - 2005				
Data	Prec (mm)	Parcelas		
		A ₁	B ₁	C ₁
		Kg		
14/01/05	3,4	0,90	3,40	12,30
15/01/05	70,1	10,50	17,50	540,50
17/01/05	12,5	9,20	8,50	112,30
20/01/05	3,8	0,20	3,50	23,40
24/01/05	2,8	-	1,30	6,50
25/01/05	6,0	7,30	0,90	10,30
26/01/05	41,0	62,00	197,00	376,50
27/01/05	5,5	3,40	12,00	78,35
29/01/05	3,2	-	8,20	23,65
Total	148,3	93,50	252,35	1.183,80
15/02/05	3,2	-	-	9,30
16/02/05	3,6	-	0,87	8,55
17/02/05	20,9	19,50	110,20	275,42
18/02/05	17,2	-	2,30	242,50
19/02/05	1,0	-	-	1,25
Total	45,9	19,50	113,37	527,07
11/03/05	8,2	1,20	-	8,10
17/03/05	4,2	-	-	3,20
19/03/05	17,7	32,00	67,00	198,70
20/03/05	6,6	-	7,50	9,10
21/03/05	5,3	-	1,30	98,10
22/03/05	3,1	0,78	-	54,30
25/03/05	19,0	-	1,20	313,20
26/03/05	41,0	52,00	137,20	427,20
27/03/05	4,4	-	-	9,75
28/03/05	28,2	-	14,10	238,50
29/03/05	3,6	-	-	4,50
30/03/05	13,0	-	-	134,30
31/03/05	1,8	-	-	2,23
Total	156,1	85,98	228,30	1.501,18
01/04/05	3,6	-	-	36,10
02/04/05	1,6	-	-	10,10
04/04/05	2,2	-	-	8,00
08/04/05	20,0	58,00	75,00	318,10
09/04/05	1,0	-	-	2,30
10/04/05	2,7	-	-	6,50
14/04/05	3,5	-	-	31,15
15/04/05	3,6	-	1,20	37,14
20/04/05	6,2	-	13,50	23,15
21/04/05	3,2	-	0,50	9,35
26/04/05	14,3	1,35	-	127,45
27/04/05	2,2	-	-	8,10
29/04/05	22,2	32,00	82,00	175,12
Total	86,3	97,35	172,20	796,56
03/ 05/ 05	19,1	-	23,00	298,50
09/05/05	3,6	-	-	21,00

12/05/05	4,5	-	-	37,14
14/05/05	10,1	-	-	96,55
15/05/05	5,3	-	-	71,55
16/05/05	2,4	-	-	8,40
17/05/05	3,1	-	-	2,30
18/05/05	34,5	98,00	75,00	448,40
19/05/05	1,1	-	-	-
21/05/05	7,5	-	-	4,30
24/05/05	11,3	-	37,20	123,20
26/05/05	1,6	-	-	2,30
28/05/05	7,2	-	3,20	68,10
29/05/05	5,5	-	-	42,10
30/05/05	3,2	-	-	48,50
Total	120,0	98,00	138,40	1.305,64
01/06/05	3,6	-	-	6,50
02/06/05	10,1	7,65	10,20	142,06
03/06/05	11,0	-	3,30	93,00
05/06/05	4,0	-	-	10,50
06/06/05	5,5	-	-	16,50
07/06/05	2,0	-	-	1,20
08/06/05	3,5	-	-	6,55
09/06/05	3,4	-	-	7,50
12/06/05	2,0	-	-	3,20
14/06/05	5,1	-	-	18,10
16/06/05	5,5	-	-	70,20
18/06/05	2,0	-	-	1,20
Total	57,7	7,65	13,5	376,51

Dados coletados e organizados por COSTA FALCÃO, C. L (2007).
- os dias em que não houve transporte de sedimentos em uma parcela.

Tabela 11. Precipitação diária e a mensuração de sedimentos na Área 1 Maciço/Argissolos nas parcelas A₂ com 3,0m de vegetação; B₂ com 1,5m de vegetação e C₂ sem vegetação, durante o ano de 2006.

Área 1 Maciço/Argissolo - 2006				
Data	Prec (mm)	Parcelas		
		A ₂ /3m	B ₂ /1,5	C ₂ /sv
		----- Kg -----		
01/01/2006	48,4	52,00	43,60	857,59
Total	48,4	52,00	43,60	857,59
12/02/2006	4,0	-	-	14,15
15/02/2006	8,8	1,20	32,00	60,80
23/02/2006	9,4	-	-	13,20
24/02/2006	62,0	113,45	263,49	957,00
25/02/2006	22,4	10,24	78,00	318,10
27/02/2006	7,2	-	5,70	74,50
Total	113,8	124,89	379,19	1.437,65
01/03/2006	21,4	-	10,80	258,10
03/03/2006	5,0	-	-	17,60
11/03/2006	3,4	-	-	10,50
15/03/2006	8,6	-	0,40	54,02
16/03/2006	5,0	-	-	95,5
17/03/2006	2,0	-	-	1,24
20/03/2006	11,0	-	-	80,05
21/03/2006	2,8	-	-	-
22/03/2006	11,2	-	-	-
23/03/2006	45,4	82,00	81,20	787,10
28/03/2006	9,8	3,20	28,20	178,45
Total	125,6	85,20	120,60	1.482,56
01/04/2006	5,0	-	-	5,55
06/04/2006	4,0	-	-	6,50
08/04/2006	4,0	-	-	18,20
16/04/2006	21,8	10,05	94,00	74,50
25/04/2006	13,0	-	-	108,10
28/04/2006	4,8	-	-	16,30
30/04/2006	4,6	-	-	12,85
Total	57,8	10,05	94,00	242,00
01/05/2006	8,2	-	-	43,00
03/05/2006	19,1	-	-	68,10
06/05/2006	19,0	-	-	140,10
07/05/2006	5,6	-	6,75	-
08/05/2006	20,8	14,01	20,35	178,10
09/05/2006	11,4	-	-	65,40
10/05/2006	4,4	-	-	-
11/05/2006	3,6	-	-	-
15/05/2006	6,0	-	-	32,10
16/05/2006	3,6	-	-	4,50
24/05/2006	29,8	58,10	74,50	620,10
27/05/2006	3,2	-	4,10	11,05
Total	134,7	72,11	105,70	1.163,15
06/06/2006	11,0	-	-	3,27
12/06/2006	80,0	324,10	742,10	1.102,00
16/06/2006	9,2	10,80	9,10	87,75
26/06/2006	3,0	-	-	12,30
Total	103,2	334,90	751,20	1.205,32

Dados coletados e organizados por COSTA FALCÃO, C. L (2007).

- dias em que não houve transporte de sedimentos em uma parcela

Tabela 12. Precipitação diária e a mensuração de sedimentos na Área 2 depressão/Luvissolos nas parcelas D₁ com 3,0m de vegetação; E₁ com 1,5m de vegetação e F₁ sem vegetação, durante o ano de 2005.

Área 2 Depressão/Luvissolo – 2005				
Data	Prec (mm)	D/3m	Parcelas	F/sv
			E/1,5m Kg	
18/01/2005	42,0	38,50	113,10	286,00
23/01/2005	12,0	31,00	64,50	34,55
25/01/2005	36,0	28,10	72,30	154,00
Total	90,0	97,60	249,90	474,55
13/02/2005	17,0	7,50	7,50	83,00
16/02/2005	6,0	-	4,10	3,20
17/02/2005	6,0	-	3,20	4,10
26/02/2005	10,0	12,10	27,10	88,00
27/02/2005	9,0	-	-	1,20
28/02/2005	5,0	-	6,55	14,30
Total	53,0	19,60	48,45	193,80
09/03/2005	8,0	1,20	-	7,20
10/03/2005	12,0	12,00	10,50	110,20
12/03/2005	12,0	8,10	13,10	18,10
19/03/2005	9,0	-	2,10	120,00
20/03/2005	7,0	-	4,50	65,10
23/03/2005	7,0	-	3,50	43,00
25/03/2005	22,0	36,00	45,10	132,50
26/03/2005	7,0	2,20	-	6,30
27/03/2005	2,0	-	-	1,10
28/03/2005	6,0	-	12,00	10,80
29/03/2005	5,0	-	1,32	8,90
30/03/2005	12,0	-	-	7,35
31/03/2005	13,0	1,30	-	13,20
Total	123,0	60,80	92,12	543,75
01/04/2005	37,0	7,25	52,00	212,00
02/04/2005	30,0	20,10	118,10	364,50
04/04/2005	7,0	-	-	81,00
14/04/2005	7,0	-	6,50	8,10
15/04/2005	7,0	-	7,10	13,50
29/04/2005	28,0	35,10	32,00	225,10
30/04/2005	17,0	48,20	38,00	75,00
Total	133,0	110,65	253,70	979,20
02/05/2005	23,0	7,10	89,50	157,15
03/05/2005	56,0	21,00	12,00	281,00
19/05/2005	6,0	-	-	2,30
20/05/2005	6,0	-	-	3,85
23/05/2005	25,0	4,50	68,00	189,05
31/05/2005	0,5	-	-	7,65
Total	118,0	32,60	169,50	641,00
09/06/2005	3,0	-	-	9,10
Total	3,0	-	-	9,10

Dados coletados e organizados por COSTA FALCÃO, C. L (2007).
 - dias em que não houve transporte de sedimentos em uma parcela.

Tabela 13. Precipitação diária e a mensuração dos sedimentos transportados durante o monitoramento no ano de 2005 na Área 2 Depressão/LuviSSOLOS nas parcelas D₂ com 3,0m de vegetação; E₂ com 1,5m de vegetação e F₂ s/v.

Área 2 Depressão LUVISSOLO – 2006				
Data	Prec (mm)	D ₂ /3m	Parcelas	F ₂ /sv
			E ₂ /1,5m	
----- Kg -----				
10/01/2006	5,6	-	4,10	41,00
14/01/2006	3,4	-	-	-
15/01/2006	70,1	112,20	193,65	685,00
17/01/2006	12,5	-	32,00	45,00
19/01/2006	15,8	-	7,50	142,00
20/01/2006	3,8	-	-	18,30
24/01/2006	2,8	-	-	1,20
25/01/2006	6,0	-	-	-
26/01/2006	41,0	82,00	354,00	523,00
27/01/2006	5,5	-	-	85,00
29/01/2006	3,2	-	-	76,10
Total	169,7	194,20	591,25	1.616,50
12/02/2006	8,2	-	-	112,00
14/02/2006	6,0	-	10,90	95,10
15/02/2006	12,8	36,10	-	86,00
17/02/2006	28,2	48,00	115,00	212,00
23/02/2006	10,0	-	-	121,00
Total	65,2	84,10	125,90	626,10
01/03/2006	7,6	-	-	8,60
02/03/2006	32,0	52,06	98,00	215,00
04/03/2006	10,6	9,80	23,00	80,00
11/03/2006	8,2	0,90	-	12,30
17/03/2006	4,2	-	-	9,10
19/03/2006	17,7	-	75,00	113,10
20/03/2006	6,6	-	-	82,00
21/03/2006	5,3	-	-	43,00
22/03/2006	34,2	-	9,10	142,10
24/03/2006	10,8	-	4,10	58,00
25/03/2006	8,6	-	-	67,00
27/03/2006	10,2	31,00	3,90	112,00
30/03/2006	5,0	-	-	3,10
31/03/2006	2,0	-	-	4,50
Total	163,0	93,76	213,10	948,70
03/04/2006	15,0	9,35	21,00	220,50
06/04/2006	38,8	9,53	21,00	220,50
08/04/2006	12,6	115,10	181,00	325,25
13/04/2006	25,0	8,78	7,45	36,00
16/04/2006	17,6	10,30	93,00	171,00
17/04/2006	9,4	-	9,80	14,50
18/04/2006	11,2	-	7,50	55,10
26/04/2006	11,8	-	31,00	63,00
28/04/2006	23,2	-	41,00	185,00
30/04/2006	2,0	-	-	-
Total	166,6	153,03	454,75	1.293,85
02/05/2006	15,8	-	7,65	181,55
03/05/2006	19,1	-	-	182,00

08/05/2006	28,8	9,68	113,18	312,45
11/05/2006	65,2	26,10	75,00	452,30
15/05/2006	4,0	-	-	4,65
16/05/2006	4,0	-	-	8,45
17/05/2006	8,0	-	-	23,00
Total	144,9	35,78	195,78	1.164,40

Dados coletados e organizados por COSTA FALCÃO, C. L (2007).

- dias onde não houve transporte de sedimentos em uma parcela.

A inexistência das chuvas nos meses de julho a dezembro nos fez dividir as medições em dois períodos sazonais distintos: inverno de janeiro a junho e verão de julho a dezembro. Foram 558 dias de pesquisa sendo:

Área 1 Maciço/Argissolo

Ano/2005

67 dias de chuva, num total de 614,3 mm

17 dias de coleta de sedimentos na parcela A₁, num total de 401,98 kg

29 dias de coleta de sedimentos na parcela B₁, num total de 918,12 kg

66 dias de coleta de sedimentos na parcela C₁, num total de 5.690,76 kg

Ano/2006

41 dias de chuva, num total de 583,5 mm

11 dias de coleta de sedimentos na parcela A₂, num total de 679,15 kg

15 dias de coleta de sedimentos na parcela B₂, num total de 1.494,29 kg

37 dias de coleta de sedimentos na parcela C₂, num total de 6.388,27 kg

Área 2 Depressão/Luvissolo

Ano/2005

36 dias de chuva, num total de 520,00 mm

18 dias de coleta de sedimentos na parcela D₁, num total de 321,25 kg

28 dias de coleta de sedimentos na parcela E₁, num total de 813,67 kg

38 dias de coleta de sedimentos na parcela F₁, num total de 2 841,40 kg

Ano/2006

47 dias de chuva, num total de 709,4 mm

15 dias de coleta de sedimentos na parcela D₂, num total de 560,87 kg

22 dias de coleta de sedimentos na parcela E₂, num total de 1.580,78 kg

42 dias de coleta de sedimentos na parcela F₂, num total de 5.649,55 kg

Estes dados podem ser visualizados na tabela 14, que apresenta o volume da precipitação em meses, associada a sua concentração em dias, relacionando com o resultado do material erodido. Verifica-se que os maiores eventos de carreamento dos sedimentos ocorridos na área 1/2005 foram no mês de março, quando choveu 456,1mm em 13 dias de chuva, num total de 1.815,46, e no ano de 2006, no mês de junho, com 103,2mm em apenas quatro dias, num total de 2.291,42kg. Enquanto isso, na área 2/2005, ocorreram no mês de abril 133,0mm em 7 dias, um carreamento de 1.343,55kg de sedimentos e em 2006 o maior carreamento foi o mês de janeiro de 2.401,95kg, com precipitação de 169,7mm em 11 dias; verifica-se o poder da água no carreamento do solo.

Foi evidenciado que o transporte de sedimentos está vinculado às magnitudes dos eventos climáticos, principalmente a intensidade (volume) dos eventos hidrológicos, associada às características do solo, fez com que as taxas erosivas fossem maiores em determinados meses do ano; sendo que área 1 maciço apresentou diferenças significativas em relação a área 2, com exceção apenas do ano/2006, em que o mês de maior precipitação não correspondeu com ao mês de maior carreamento.

As chuvas nas duas áreas ocorreram um mínimo de um dia e no máximo de 14 -15 dias. Na área 1 Maciço/Argissolos, no mês de janeiro/2006, ocorreu uma precipitação de 48,4mm em apenas um dia, enquanto que no mês de maio ocorreu o maior número de dias de chuva (15dias) com uma precipitação de 120,0mm. Na área 2 Depressão/Luvissolos, ocorreu um dia de chuva, com 0,3mm em junho/2005 e 14 dias de chuva com, 163,0mm, no mês de março/2006 (Tabela 14).

Importante destacar ainda que, nem sempre, o mês mais chuvoso ofereceu mais dias de chuva como, é o caso do mês de janeiro/2005, da área 1, onde choveu 148,3mm em apenas nove dias, e da área 2, também no mês de janeiro/2005, em apenas três dias choveu 90mm. Isto reflete no escoamento pluvial. Percebe-se, nas tabelas 10, 11, 12 e 13, que o total de dias de chuva nem sempre corresponde ao total de dias de coleta. Podemos dizer que as

relações entre dias de chuva e dias de coleta de sedimentos foram razoáveis, mas nem sempre se corresponderam, com exceção das parcelas C, da área 1, e F da área 2, que corresponde à parcela sem vegetação (s/v); no entanto, ao compararmos os dias de maior intensidade (volume) de precipitação registrados nas tabelas 10, 11, 12 e 13, verificamos correspondência do dia de maior precipitação com o dia de maior carreamento de sedimento, mas nem sempre o dia de precipitação corresponde ao dia de coleta de sedimentos.

Tabela 14. Evolução mensal dos sedimentos carregados, após precipitação no ano de 2005 e 2006 nas duas áreas: Área 1 Maciço/Argissolos e Área 2 Depressão/ Luvisolos Crômicos.

Área 1 Maciço/ ARGISSOLO Sedimentos mobilizados							Área 2 Depressão/Luvisolos Sedimentos mobilizados					
Ano/2005			Ano/2006				Ano/2005			Ano/2006		
Mês	Prec. (mm)	Dias Chuva	Sed. Transp. Kg	Prec. (mm)	Dias chuva	Sed. Transp. Kg	Prec. (mm)	Dias chuva	Sed. Transp. Kg	Prec. (mm)	Dias chuva	Sed. Transp. Kg
Jan	148,3	9	1.529,65	48,4	1	953,19	90,0	3	822,05	169,7	11	2.401,95
Fev	45,9	5	659,94	113,8	6	1.941,73	53,0	6	261,85	65,2	5	836,10
Mar	156,1	13	1.815,46	125,6	11	1.688,91	123,0	13	696,67	163,0	14	1.255,56
Abri	86,3	13	1.066,11	57,8	7	346,05	133,0	7	1.343,55	166,6	10	1.901,63
Mai	120,0	15	1.542,04	134,7	12	1.340,96	118,0	6	843,10	144,9	7	1.395,96
jun	57,7	12	397,66	103,2	4	2.291,42	3,0	1	9,10	-	-	-
Total	614,3	67	7.010,86	583,5	41	8.562,26	520,0	36	3.976,32	709,4	47	7.791,12

Dados coletados e organizados COSTA FALCÃO, C.L. (2007).

- não houve registro de precipitação e sedimentos.

Verificamos que os eventos mensurados ao longo do monitoramento tenderam a produzir maior carregamento de sedimentos. Essa constatação é reforçada pela análise da tabela 15. Dos 175 eventos ocorridos na área 1 Maciço/Argissolos, a parcela C apresentou maior concentração de produção de sedimentos em relação às parcelas A e B. O total produzido durante o ano de 2005 foi de 7.010,86 kg o que corresponde ao número de 112 eventos mensurados. Este resultado elevado também foi observado no ano de 2006 com maior expressividade ainda, pois a produção de sedimentos foi de 8.562,26kg, no entanto, o número de eventos foi 50% menor que no ano anterior. A parcela B teve o mesmo comportamento, pois a produção de sedimentos foi de 918,12 kg em 29 eventos no ano de 2005, e durante o ano de 2006, a produção aumentou para 1.494,29 kg, e o número de eventos diminuiu 50%. A parcela C foi responsável por 81% da produção de sedimentos em 2005 e 74% em 2006.

Tabela 15. Total de sedimentos mobilizados ao longo dos eventos mensurados na área 1 Maciço - Argissolos e área 2 Depressão -Luvisolos, no ano de 2005 e 2006.

Área 1 Maciço – Argissolos			Área 2 Depressão – Luvisolos		
Parcelas Ano/2005	Transporte Sedimentos	Eventos Mensurados	Parcelas Ano/2005	Transporte Sedimentos	Eventos Mensurados
A ₁	401,98	17	D ₁	321,25	18
B ₁	918,12	29	E ₁	813,67	28
C ₁	5.690,76	66	F ₁	2.841,40	38
Sub-total	7.010,86	112	Sub-total	3.976,77	84
Ano/2006			Ano/2006		
A ₂	627,15	11	D ₂	560,87	15
B ₂	1.494,29	15	E ₂	1.580,78	22
C ₂	6.388,27	37	F ₂	5.649,55	41
Sub-total	8.562,26	63	Sub-total	7.791,12	78
Total	15.572,59	175	Total	11.767,97	162

Dados coletados e organizados COSTA FALCÃO, C. L (2007).

Na área 2 Depressão/Luvisolos, o comportamento não foi muito diferenciado da área 1. Dos 162 eventos ocorridos durante os dois anos nas parcelas, a parcela F₁ apresentou maior concentração de produção de sedimentos, de 2.841,40 kg, em torno dos 66% do total produzido durante o ano de 2005, correspondendo a 38 eventos. Este resultado elevado também foi

observado no ano de 2006, com maior expressividade, portanto, na mesma parcela F₂, pois a produção de sedimentos aumentou 82% e correspondendo a 62%% de toda a área em sedimentos erodidos no ano de 2006, no entanto, o número de eventos foi menor, mas não muito representativo do que no ano anterior. As parcelas D₂ e E₂ acompanharam a mesma projeção, tanto no aumento de sedimentos quanto no total da diminuição de eventos de precipitação (Tabela 15).

As figuras 31 e 32 apresentam um resumo melhor destes dados, permitindo fazerem-se algumas considerações a respeito dos eventos pluviométricos ocorridos com relação ao transporte de sedimentos nas duas áreas. No geral, o total de sedimentos mobilizados durante os dois anos de monitoramento das duas áreas, manteve um crescimento ordenado em todas as parcelas, tanto com relação à produção de sedimentos quanto ao número de eventos. As parcelas C₁, C₂ e F₁, F₂ das respectivas áreas, tiveram uma produção de sedimentos mais acentuada em relação às demais parcelas, enquanto a parcela B₁, B₂ e E₁, E₂ teve uma produção significativa, porém inferior às parcelas C₁, C₂ e F₁, F₂ e, por último, as parcelas A₁, A₂ e D₁, D₂ se mostraram com a produção mais baixa de todas.

No entanto, fazendo uma comparação dos anos de 2005 para o ano de 2006, percebe-se nas duas áreas que ocorreu um aumento da produção dos sedimentos e uma diminuição do número de eventos. Com exceção da parcela F da área 2 que ocorreu um aumento não muito significativo do número de eventos.

O comportamento ora verificado pode ser analisado considerando que a maior produção de sedimentos possui ligação com os períodos chuvosos e principalmente quando estes ocorrem nos primeiros meses do ano. Nesta fase, o solo sem cobertura e exposto à forte erosividade das chuvas no primeiro trimestre do ano encontra-se muito vulnerável, fica à mercê dos impactos erosivos pluviais representados pelo “splash”, escoamento difuso e concentrado, acarretando maior transporte de sedimentos. Este resultado é coerente com a prática realizada pelos agricultores locais, pois, anualmente, quando começam a

preparar as terras para o plantio, inicia-se o processo de remoção de nutrientes pela erosão.

Figura 31. Total de sedimentos mobilizados ao longo dos eventos mensurados na área 1 Maciço/Argissolos, no ano de 2005 e 2006.

Dados coletados e organizados COSTA FALCÃO, C. L (2007).

Figura 32. Total de sedimentos mobilizados ao longo dos eventos mensurados na área 2 Depressão/ Luvisolos, no ano de 2005 e 2006.

Dados coletados e organizados COSTA FALCÃO, C. L (2007).

No geral, os sedimentos carregados das duas áreas foram consideravelmente superiores nas parcelas que se encontravam sem cobertura vegetal, quando comparadas às demais parcelas. É de relevância considerar também, que, após longa estiagem por forte insolação com perdas de unidade antecedente, os solos tornam-se mais friáveis, recebendo em seguida um volume considerável de chuvas, que ciclicamente podem totalizar, diária ou semanalmente, índices que normalmente seriam mensais em determinadas regiões, acarretando incisões nos solos. Neste particular, as propriedades dos solos (textura, estabilidade dos agregados, porosidade, pH e teor de matéria orgânica) determinarão maiores ou menores erodibilidades deles, ou seja, maior ou menor resistência aos eventos erosivos.

Em face aos dados anteriormente citados, e fazendo uma relação da distribuição da precipitação por classe, freqüência absoluta e total acumulado na tabela 9 juntamente com a leitura da tabela 16, obteve os seguintes resultados.

Tabela 16. Sedimentos transportados, de acordo com as classes de precipitação.

classe	Área 1 Maciço/Argissolos				Área 2 Depressão/Luvisolos			
	A ₁ +A ₂	B ₁ +B ₂	C ₁ +C ₂	Total	D ₁ +D ₂	E ₁ +E ₂	F ₁ +F ₂	Total
1 - 9,9	29,76	135,65	1.697,94	1.863,35	3,4	75,67	410,08	1.385,95
10 - 19,9	50,29	162,30	1.936,58	2.149,08	331,85	647,35	1.474,56	4.889,45
20 - 20,9	202,35	548,15	1.897,00	2.647,50	149,16	511,13	2.563,90	2.160,64
30 - 30,9	98,00	75,00	448,40	621,40	117,04	370,50	1.308,10	1.795,64
40 - 40,9	248,00	459,00	2.448,39	3.155,39	120,50	467,10	1.743,65	551,60
50 - 50,9	-	-	-	-	21,00	12,00	551,60	881,79
≥ 60 mm	448,05	1.023,00	2.599,50	4.070,64	138,30	268,65	1.137,30	1.469,25

Dados coletados e organizados por COSTA FALCÃO, C.L. (2007)
- não houve sedimentos

Nas duas primeiras classes (1-1,9 e 10 -19,9), não ocorreu carregamento de sedimentos significativo para as duas áreas, nas parcelas com faixas de vegetação. A partir dos eventos ≥20mm, o número de eventos pluviométricos diminuiu, contudo, o volume de chuva aumentou, o que contribui significativamente com o aumento no carregamento dos sedimentos,

principalmente para as parcelas sem faixa de vegetação. Quanto maior a intensidade da chuva, maior o escoamento gerado (Tabela 9).

Dos 108 eventos pluviométricos da área 1 maciço, durante os dois anos, houve registros representativos na classe de chuva apenas quatro eventos no ano de 2005: sendo 1 na classe $\geq 60\text{mm}$, 2 na classe 40 - 49mm e 1 na classe 30-39mm, que corresponderam a 30% de todo o ano e no ano de 2006 também quatro eventos, correspondendo 40% do ano.

Na área 2 depressão, não foi muito diferente, pois dos 86 eventos referentes aos dois anos, foram representativos somente três eventos na classe de (30-39,9), um na classe (40-49,9) e um na classe (50-59,9) o que correspondeu a 38% do ano e em 2006 foram cinco eventos, sendo, três na classe 30-39,9mm, um (40-49,9) e dois ≥ 60 , o que corresponde a 39%. Contudo, observa-se, porém, que a quantidade de chuva por si só é insuficiente para a predição de carreamento de sedimentos. Segundo Goudie (1985), pode-se levar em conta a quantidade de chuva, intensidade e energia cinética.

6.2.2 Parâmetros: sedimentos transportados e a vegetação

Procuramos analisar o efeito da intensidade da chuva para o carreamento dos sedimentos comparados às faixas de cobertura vegetal de cada parcela, na mensuração da produção de sedimentos gerada nas duas áreas em dois tipos de solo diferentes, em função de diferentes cenários de uso e ocupação de terras. Analisando as áreas separadamente, apresenta-nos nas tabelas 17 e 18 a distribuição das categorias de uso das terras (parcelas), durante o monitoramento ocorrido no ano de 2005 e 2006, respectivamente para as parcelas A₁, B₁, C₁, A₂, B₂, C₂, D₁, E₁, F₁, D₂, E₂, F₂.

Nessa comparação, pode-se observar quais as áreas foram alvo de maior produção de sedimentos por faixas de cobertura vegetal de cada parcela, podendo-se destacar, no ano de 2005, Área 1 Maciço Argissolos, quando a área se manteve sem vegetação, que foi a simulação das parcelas feita com a denominação de C_1, C_2, F_1 e F_2 , que representa o uso atual das terras realizado pelo agricultor, considerando que este não respeitou as áreas de Preservação Permanente dos Recursos Hídricos (APP) - apresentou uma produção de sedimentos elevada em relação às demais parcelas, conforme discutido no item anterior, na figura 31 e 32, e vistos nas tabelas 10, 11, 12 e 13.

Verifica-se que, quanto maior é a área sem cobertura vegetal, aliado a precipitação acentuada, maior será a produção de sedimentos. Percebe-se aumento crescente de sedimentos conforme diminuindo as faixas de cobertura vegetal, tanto na Área 1 como na Área 2. No caso do mês de janeiro, na área 1, choveu 148,3mm e foram carreados 93,50kg na parcela A_1 com 3m; na parcela B_1 , com 1,5m, subiu para 252,35kg, e, na parcela C_1/sv , este foi de 1.180,90 (Tabela 17).

Analisando a Área 1 sob o solo Argissolo (Tabela 17), dos dados mensurados em 2005, temos na parcela A_1 , que corresponde ao uso das terras, considerando que este respeitou e preservou 3m de faixa de cobertura vegetal do solo numa área de $650m^2$; a maior quantidade de sedimentos ocorreu no mês de maio, com 98,00 kg, após uma precipitação de 120mm. Na parcela B_1 , que corresponde ao uso das terras, considerando a preservação de faixa de 1,5m de cobertura vegetal na mesma área de $575m^2$, a maior quantidade de sedimentos ocorreu no mês de janeiro, com 252,35kg, após uma precipitação de 148,3mm, enquanto que na parcela C_1 , representando o uso da terra com o solo totalmente desnudo em toda a área de $500m^2$, a maior produção de sedimentos foi no mês de março, com 1.501,18kg, superando as duas parcelas anteriores.

Tabela 17. Mobilização de sedimentos registrados no ano de 2005 na Área 1 Maciço/Argissolo e na Área 2 Depressão/Luvissolos nas parcelas com 3m de cobertura vegetal A₁; com 1,5m de cobertura vegetal B₁ e sem cobertura vegetal C₁.

Área 1 - Argissolos Sedimentos mobilizados					Área 2 - Luvisolos Sedimentos mobilizados			
Mês	Prec. (mm)	Parcelas			Prec. (mm)	Parcelas		
		A ₁ /3m	B ₁ /1,5m	C ₁ /sv		D ₁ /3m	E ₁ /1,5m	F ₁ /sv
		-----Kg-----				-----Kg-----		
Jan	148,3	93,50	252,35	1.180,90	90,0	97,60	249,90	474,55
Fev	45,9	19,50	113,37	527,07	53,0	19,60	48,60	193,80
Mar	156,1	85,98	228,30	1.501,18	123,0	60,80	92,12	543,75
Abr	86,7	91,35	172,20	796,56	166,6	151,03	454,75	1.293,85
Mai	120,0	98,00	138,40	1.305,64	144,9	35,78	195,78	1.164,40
Jun	57,7	7,65	13,50	376,51	-	-	-	-
Total	614,4	396,98	918,12	5.687,86	520,0	321,25	802,87	2.841,40

Dados coletados e organizados por COSTA FALCÃO, C.L. (2007).

- não houve sedimentos

Pode-se concluir que, quando a cobertura vegetal havia sido considerada na extensão de 3m da parcela, a produção de sedimentos foi a menor em relação à parcela com 1,5m. Assim, quanto maior a área ocupada por cobertura vegetal, menor será a produção de sedimentos, pois diminui o transporte dos solos mais susceptíveis à erosão; já que a cobertura vegetal proporciona o amparo e protege o solo contra o impacto direto das gotas de chuva, presume-se que a cobertura do solo atua reduzindo a velocidade de escoamento, restando a maior parte dos sedimentos.

Importante é salientar que a ausência de uma cobertura vegetal mais densa ao longo das vertentes, associada à retirada da mata ciliar, contribuiu para uma expansão acelerada do processo erosivo, apesar das declividades não serem muito acentuadas. Estudos comparativos entre densidades e padrões de cobertura vegetal realizados por Stocking e Elwell (1976) demonstraram que à medida que a cobertura vegetal ultrapassa 30% da cobertura da superfície do solo, a erosão diminui.

Esse mesmo resultado foi avaliado por Grossi (2003), ao realizar um estudo na bacia do rio Pardo, onde também enfatiza o quanto o escoamento

superficial é agravado em áreas que apresentam insuficiência na ocorrência de mata ciliar, pois a quantidade de energia que chega ao solo durante uma chuva é maior. A existência de mata ciliar atua minimizando os impactos das gotas, pois parte da água interceptada pela vegetação diminui a formação de crostas no solo, e reduz a erosão. Segundo Bertoni e Lombardi Neto (1999), outro fator importante quanto à mata ciliar é que a sua presença aumenta a rugosidade da superfície da bacia, aumentando o tempo de permanência da água na superfície do solo, aumentando, assim, a sua infiltração. No nosso caso, a vegetação influenciou no deslocamento dos sedimentos e serviu como obstáculo ao seu transporte.

Com relação à Área 2 sob o Luvissolo, durante o ano de 2005, a precipitação foi inferior à área 1, ocorrendo em apenas cinco meses até o mês de maio. A chuva mais elevada somente veio a ocorrer no mês de abril. Acreditamos ter sido a causa da diminuição do transporte mais efetivo de sedimentos, pois a vegetação herbácea que brotou logo no início das primeiras chuvas cobriu o solo que se encontrava desnuda, refletindo um transporte mais uniforme durante os meses, não ocorrendo altos picos. No conjunto das parcelas, percebe-se que, quando as parcelas se mantiveram com vegetação ($D_1/3m$, $E_1/1,5m$), praticamente não houve diferença significativa em relação à área 1. Podemos observar, ainda, que o responsável pelo maior transporte de sedimentos foi quando a parcela se manteve sem vegetação (F_1/sv), no entanto, esse dado se mostrou bastante inferior à área 2, em torno de 44,46% menor.

Após 12 meses de observação, pudemos observar que ocorreu significativa evolução do processo erosivo, o que pode ser confirmado pelos dados da tabela 15. No conjunto das parcelas da área 2 Luvissolos, percebe-se que as maiores quantidades de sedimentos ocorreram no início do ano (2006), em janeiro e fevereiro; diferentemente da área 1, onde se percebe uma intercalação de meses chegando no último mês de chuva a parcela B_2 com o maior número de sedimentos carreados.

Tabela 18. Mobilização de sedimentos registrados no ano de 2006 na Área 1 Maciço/Argissolos e na Área 2 Depressão/Luvissolos.

Área 1 Maciço/Argissolos Sedimentos mobilizados					Área 2 Depressão /Luvissolos Sedimentos mobilizados			
Mês	Prec. (mm)	Parcelas			Prec. (mm)	Parcelas		
		A ₂ /3m	B ₂ /1,5m	C ₂ /sv		D ₂ /3m	E ₂ /1,5	F ₂ /sv
		-----Kg-----				-----Kg-----		
Jan	48,4	52,00	43,50	857,50	169,7	194,20	591,25	1.616,50
Fev	113,8	124,89	379,19	1.437,75	65,2	84,10	125,90	626,10
Mar	125,6	85,20	120,60	1.482,56	163,0	93,76	213,10	948,70
Abr	57,8	10,05	94,00	242,00	133,0	110,65	253,70	979,20
Mai	134,7	72,11	105,70	1.163,15	118,0	32,60	169,50	641,00
Jun	103,2	334,90	751,20	1.205,32	-	-	-	-
Total	583,5	731,15	1.450,69	6.387,67	709,4	558,87	1600,38	5.649,05

Dados coletados e organizados por COSTA FALCÃO, C.L. (2007)

A simulação do uso do solo nas duas áreas mostra que a maior quantidade de sedimentos foi produzida quando a parcela se manteve sem vegetação, haja vista que nos dois eventos destacados da tabela 5, na parcela C₂/sv, houve mobilização de 1.437,75 kg e na parcela F₂/sv foram mobilizados 1.616,50 kg, aproximadamente 23% e 28% do total de sedimentos produzido em um ano, para as respectivas áreas. Foram registradas, nessas parcelas, as maiores remoções dentro do conjunto avaliado. Observamos que este volume de sedimentos é mais logo no início da chuva, pois tem o poder erosivo bem superior ao das demais. Este fato pode ser explicado em função de se observar na estação seca a preponderância do afrouxamento, que é uma ação preparatória para o deslocamento ou transporte do solo pela ação do escoamento pluvial. A mobilização do material registrado, na parcela C₂/sv, foi 18% superior ao registrado na parcela F₂.

No ano de 2006, a parcela C₂ e F₂ foi em parte responsável por este elevado aumento, lembrando que estas parcelas representam a simulação da cobertura do solo sem vegetação, portanto, estiveram totalmente desprotegidas, haja vista a área ter sido manejada com enxada para a limpeza da vegetação espontânea que surgiu na época de estiagem (julho a dezembro). Com isso, ficou totalmente predisposta ao efeito de salpicamento. Logo no início das chuvas, em

2006, a intensidade da chuva foi maior do que a capacidade do solo para absorver a água. O escoamento foi então dinamizado, favorecendo o suficiente para que os sedimentos alcançassem a calha. A intensidade das chuvas é um fator relevante, conforme já registrado e discutido anteriormente. Na área 1, no dia 01 de janeiro, temos uma precipitação de 48,4mm em um só dia e no mês de fevereiro, no dia 24, choveu 62,0mm, representando índices superiores a média anual.

Este comportamento pode ser justificado, ainda, pelo fato de a extensão da área da parcela (150m²) interferir em um carreamento mais moderado, de modo mais lento no ano de 2005, impedindo a chegada dos sedimentos até as calhas, pois devemos considerar o espaço de tempo. Pode-se notar que a maior produção de sedimentos também possui ligação com períodos chuvosos do ano, principalmente se forem concentrados nos primeiros meses. A vazão e transporte de materiais tornam-se mais eficientes na medida em que percorrem a encosta, ou seja, a água se reúne em canais, ampliado, assim, sua capacidade de carrear materiais da superfície. Além do mais, devemos considerar que a instabilidade das encostas está diretamente relacionada à litologia do terreno; o solo nessa área é o Argissolo, pouco desenvolvido e suscetível a processos erosivos.

Esse dado elevado de sedimentos carreados nos remete a Tricart (1969), quando analisa os fenômenos de transporte e acumulação resultantes dos mecanismos da erosão agrícola. O autor comenta que pesquisa realizada na Alemanha, camadas de lama que ocupam as planícies inundáveis, cuja espessura alcança às vezes cinco metros, se depositaram durante crises agrícolas sucessivas, primeiramente a partir dos grandes desmontes do Neolítico, e depois da Idade Média. Argumenta ainda que, nos Estados Unidos, o assoreamento acelerado dos estuários da costa este dificulta a navegação; é a consequência direta dos devastadores métodos de cultivo praticados naquela região há mais de 50 anos. Cita outro exemplo, Londres, nos alicerces dos moinhos galotromanos repousavam sobre uma débil camada de material de

transbordamentos e estavam soterrados por baixo de mais dois metros de depósitos posteriores.

Seguindo por este caminho, observamos que nas parcelas com o solo com cobertura vegetal A₂/3m e B₂/1,5m no ano de 2006 ocorreu aumento elevado de sedimentos em comparação ao ano anterior, quando houve um aumento acentuado de 65% na produção de sedimentos, correspondendo a um percentual de 84% e 58%, respectivamente. Verificou-se, mesmo com o solo com cobertura vegetal, como bloqueio, que sempre há um processo erosivo e uma conseqüente produção de sedimentos, principalmente numa área com solos pouco desenvolvidos. Este resultado, contudo, comparado à parcela F₂, não foi tão relevante, podendo-se assim dizer que, mantendo o solo coberto apenas com vegetação, este atua como barreira à produção de sedimentos.

No conjunto das parcelas com vegetação, a precipitação teve de atravessar a cobertura vegetal para atingir o solo, sendo pouco provável a participação efetiva de salpicamento no deslocamento de partículas de solo. Os eventos de maior magnitude (precipitações acima de $\geq 30\text{mm}$), porém, nas parcelas com ou sem cobertura, foram importantes na geração de escoamento e, por sua vez, na mobilização de material, juntamente com os movimentos gravitacionais espontâneos ocorridos em todas as parcelas. Portanto, devemos considerar que, mesmo sem precipitação, ocorreu significativa produção de sedimento.

Segundo Bertoni (1999), se uma chuva intensa cai quando o solo não está protegido pela cobertura vegetal ou pela cobertura morta, sua camada superficial fica comprimida pelo impacto das gotas de chuva, e a infiltração é reduzida; porém, se essa chuva cai quando há boa cobertura vegetal, o solo permanece com boa permeabilidade e terá maior velocidade de infiltração. Portanto, a cobertura vegetal que está no solo durante a chuva é o fator mais importante na velocidade de infiltração. O grande valor das práticas de melhoramento do solo no controle da erosão vem da habilidade de produzir uma eficiente cobertura vegetal.

A erosão é explicada pelo carreamento dos grãos pela água da chuva. A deposição pode ser explicada em parte pela areia trazida pelo vento de áreas próximas sem cobertura vegetal ou, e principalmente, pela ação da própria água da chuva que carrega o solo das partes mais altas e o distribui pela encosta, formando uma camada coluvial. Reinicia o processo de rastejo, que é lento, e escorregamento, que é rápido, se dá sob forma não homogênea, o que ajuda a explicar as irregularidades. O principal modo de mobilização dos grãos de areia é por rolamento e não por suspensão, conseqüentemente, pode-se conceber que uma massa de areia vá descendo lentamente a encosta, tendendo a uniformizar a superfície, chuva após chuva. Portanto, um determinado ponto na encosta pode perder ou receber material. O material depositado constitui-se no colúvio. E é justamente a vegetação que obstrui, em muito, o deslocamento dos sedimentos.

Há de se considerar, ainda, que grande parte desse comportamento pode ser explicada ainda pelos efeitos gravitacionais espontâneos, ocorridos em uma seqüência de fatos, podendo iniciar através das práticas agrícolas exercidas na área realizadas com técnicas inadequadas, prejudicando os recursos pedológicos deste ambiente, incluindo o desmatamento total, a queimada da madeira e cultivos sucessivos com pousio apenas no período de estiagem; em segundo momento, com a seqüência de dias sem chuva, ocorrendo a perda da umidade superficial, provocando a contração do topo do solo, juntamente com o contato solo-rocha abrupto, descontinuidades litológicas e pedológicas, encostas íngremes, podendo acelerar o processo; um terceiro momento, é com a chegada da chuva e sua concentração, associada aos fortes declives, aos espessos mantos de intemperismo e ao desmatamento, podendo criar áreas potenciais de erosão e movimentos de massa, fornecedores de sedimentos para os leitos fluviais, por efeito do escoamento superficial, condicionando o solapamento da base formado por materiais grosseiro.

Portanto, o fato que mais deve ser levado em consideração é que a cobertura vegetal, em conjunto com outras práticas conservacionistas, compõe o

manejo adequado da bacia, garantindo a quantidade e qualidade dos recursos hídricos.

6.2.3 Parâmetros físicos e químicos do solo

A geração de conhecimentos fundamentada na formação de uma base de dados sobre as mudanças impostas pela erosão nas características físicas e químicas desse solo, em comparação com as que ocorrem no perfil original em bom estado de conservação, é fundamental para o monitoramento do grau de recuperação passível de obtenção de práticas de uso, manejo e conservação.

As propriedades químicas dos solos podem fornecer indicações quanto à disponibilidade de elementos nutritivos, ou seja, quanto à fertilidade química, quanto à influência da mineralogia por meio da atividade das argilas presentes nos perfis, quanto às influências do nível de base e da precipitação, servindo também como subsídio para a sua classificação.

É sabido que o efeito da erosão na degradação da fertilidade do solo está diretamente associado à remoção de nutrientes, como o fósforo e o potássio, adsorvidos às partículas minerais (argilas) e orgânicas (húmus), ou em solução, como o nitrogênio, carregado na própria enxurrada que transporta aqueles colóides (SILVA, 2000).

Buscando-se uma comparação entre certas características químicas da cobertura pedológica em solo antes do experimento e depois do experimento, a fim de se ter uma avaliação mais precisa dos efeitos do desmatamento e as alterações promovidas pelo uso do solo sobre essas características, foram estudados dois perfis na parte superior de uma vertente dentro da área delimitada, ocupada por vegetação secundária.

Na análise granulométrica do solo, antes da montagem do experimento, atribuímos este solo a classificação textural franco-arenoso em todo

o perfil nas duas áreas, correspondente ao material arenoso, criando, assim, condições favoráveis que facilitam às elevadas taxas de erosão; com exceção da camada de solo 25-30cm, com uma maior quantidade de argila se enquadrando na classe de textura franco argiloso-arenoso (Tabela 19).

Tabela 19: Características físicas da camada arável (0-20cm) dos dois solos determinada antes da instalação do experimento.

Profundidade	Areia grossa	Areia	Silte	argila	Ds	PT
	-----g/kg-----				g cm ⁻³	%
Área 1 – Argissolos eutróficos						
	32,9	27,2	25,8	14,1	1,27	49
5 - 10 cm	35,4	24,9	25,7	14,0	1,33	51
10 - 15cm	34,2	25,1	25,4	15,3	1,48	48
15 -20 cm	36,4	24,2	24,5	14,9	1,31	48
20 25 cm	31,0	25,7	26,2	17,7	1,37	49
25- 30 cm	26,2	24,2	26,0	23,6	1,36	47
Área 2 - Luvisolos crônicos						
0 – 5 cm	41,2	29,3	21,3	8,2	1,40	46
5 – 10 cm	42,2	31,4	17,2	9,3	1,45	45
10 – 15 cm	43,4	30,2	17,3	9,1	1,46	43
15 – 20 cm	41,7	34,2	14,2	9,9	1,48	44
20 – 25 cm	42,3	35,2	11,3	11,2	1,48	43
25 – 30 cm	42,3	38,2	8,4	11,1	1,49	42

Dados coletados e organizados COSTA FALCÃO, C. L (2007).

A densidade do solo (Ds) se mantém acima de 1,40 g cm⁻³ e a porosidade abaixo de 46% para o Luvisolo, o que caracteriza uma grave compactação, favorecendo a desagregação das partículas e contribuindo para a translocação de partículas mais finas para os horizontes inferiores, causando entupimento dos poros. Este fato possibilita maior arraste de partículas no sentido da declividade pelo efeito do escoamento superficial de maior volume de água, o que de certa forma favorece os processos erosivos. Enquanto, para o Argissolo, a densidade se encontra um pouco mais baixa e a porosidade próxima a 50%, o que caracteriza um solo com maior capacidade de drenagem, no Luvisolo, verifica-se uma diminuição da fração argila em relação ao Argissolo, o que pode comprovar um processo de erosão mais intenso nesse solo, visto que a fração argila por ser de menor tamanho e peso mais facilmente carregado pelas enxurradas.

A caracterização química dos dois solos estudados encontra-se na tabela 20. Foi verificado que o Argissolo apresentou ao longo do perfil boas características químicas com saturação de bases superiores a 60%, o que lhe confere um caráter eutrófico, pH próximo à neutralidade e teores elevados de matéria orgânica, conforme Alvarez et al. (1999). Com relação ao fósforo (P), este apresentou baixo teor para o Luvisolo e muito alto para o Argissolo, principalmente nas duas primeiras camadas, provavelmente pelos altos teores de matéria orgânica na camada superficial, diminuindo nas demais camadas.

Nos dois solos em estudo, o teor de matéria orgânica (MO) diminuiu, à medida que aumentava a profundidade. O aumento de (MO), na profundidade de 5cm, foi de 50% no Argissolo (22,4 g/kg) em relação ao Luvisolo (11,2 g/kg), enquanto que na profundidade de 20cm esse aumento foi de 43%. Nas profundidades seguintes a diferença dos teores de matéria orgânica tornou-se mais pronunciada.

Conhecendo os benefícios que a matéria orgânica representa para todo o sistema produtivo, pode-se afirmar que este teor elevado de matéria orgânica presente no Argissolo propicia a manutenção e a melhoria da fertilidade, com reflexos benéficos nas demais características do solo, como o potássio, cálcio e magnésio. Os incrementos nos teores elevados podem ser atribuídos à presença significativa de tais elementos na constituição da matéria orgânica, melhorando a aeração do solo e a drenagem interna e reduzindo a densidade global do solo.

Tabela 20: Características químicas dos dois solos em estudo, em função da profundidade, antes da instalação do experimento.

Profundidade	pH	Mo	P	K	Ca	Mg	H+AL	SB	V
	dag kg ⁻¹		mg dm ⁻³			mmol _c dm ⁻¹			%
Área 1 – Argissolo Eutrófico									
0 – 5cm	7,0	22,4	151	9,5	101	19	29	102	78
5 – 10cm	6,9	19,3	131	6,6	102	21	28	104	79
10 – 15cm	6,9	16,5	95	6,4	87	23	30	110	79
15 – 20cm	6,8	13,2	89	3,2	84	32	32	121	80
20 – 25cm	6,4	12,3	42	3,0	92	34	31	119	79
25 – 30cm	6,1	11,4	32	2,5	99	30	33	128	80
Área 2 – Luvisolos Crônicos									
0 – 5cm	6,7	11,2	4	2,11	29	9	10,5	38,1	78
5 – 10cm	5,4	8,3	1	2,00	31	4	25,4	43,3	63
10 – 15cm	5,5	6,7	2	1,70	32	11	29,2	47,2	61
15 – 20cm	5,2	5,4	2	1,60	40	7	31,1	44,3	58
20 – 25cm	5,1	5,2	1	1,20	45	5	32,4	51,0	61
25 – 30cm	5,5	4,0	0	1,05	48	9	32,5	44,3	58

Dados coletados e organizados COSTA FALCÃO, C. L (2007).

Com o deslocamento das partículas do solo pela ação do escoamento pluvial, ocorre a percolação, que é o movimento ascendente da água livre que libera a superfície do solo e camadas superiores da umidade supérflua. Este ocasionará geralmente a lixiviação do solo, ou seja, a perda dos sais livres; conseqüentemente, a percolação pode exaurir os solos de certos nutrientes. Em função dessas alterações podem ser inferidos os impactos negativos que a perda do horizonte superficial provoca particularmente no teor de matéria orgânica, na textura e na densidade do solo (SILVA, 2000). Neste contexto, torna-se importante analisar estes teores.

Na propriedade física dos materiais erodidos, foram mostradas quantidades de partículas parecidas com a camada superficial determinada antes da instalação do experimento (Tabela 19), com exceção dos teores de silte e argila nos dois solos estudados, mostrando uma concentração maior no material erodido, o que pode ter contribuído para maior perda de nutrientes conforme

pode se observar na tabela 20.

Esta perda de nutrientes ainda foi constatada em campo nas duas áreas, pela observação da cor pardacenta das águas de escoamento superficial, que indica a existência de certa quantidade de argila e húmus em suspensão. Essas partículas, pela ação dos pincos de chuva, vão destruindo os agregados e colocam em suspensão certa quantidade das frações finas do solo. Este movimento é intermitente e contínuo no tempo, em que as partículas tenderão a ser arrastadas ao longo das encostas.

A área 1 do presente estudo apresentou em alguns pontos a exposição do horizonte B textural, característico do Argissolo. A exposição desse horizonte de sub-superfície foi observada visualmente nos perfis em campo, representando uma clara evidência do estágio de erosão severa, podendo-se observar ainda alteração da cor. Segundo Silva (2000), as modificações na morfologia do solo influenciadas pela erosão podem ser detectadas também nas mudanças de cores dos horizontes dos solos conservados e erodidos. Silva (2000) comenta um exemplo de um Argissolos eutrófico de Quixadá (CE), em bom estágio de conservação, a cor úmida do horizonte Ap do solo, Luvisolos (10 YR 4/4), estava associada a maior teor de matéria orgânica (1,8%), menor teor de argila (14,3%) e menor densidade do solo ($1,46 \text{ Mg.m}^{-3}$). Nesse mesmo solo, degradado por forte erosão e compactado por mecanização irracional em seu preparo, com o afloramento do B textural, a cor úmida mudava para vermelho-marelado (5YR) associando-se à redução no teor de matéria orgânica (0,6%), maior teor de argila (27,4%) e aumento da densidade do solo ($1,72 \text{ Mg.m}^{-3}$).

Tabela 21: Características físicas dos sedimentos erodidos durante o monitoramento de um Argissolo e Luvisolo nas diferentes parcelas sob diferente cobertura vegetal: Parcela A₁ e D₁ com 3m de largura; Parcela B₁ e E₁ com 1,5m de largura e C₁ e F₁ sem cobertura vegetal.

Características físicas	Área 1 Maciço Argissolo			Área 2 Depressão Luvisolo Crônicos		
	2005					
	janeiro/fevereiro/março					
	A ₁	B ₁	C ₁	D ₁	E ₁	F ₁
Areia grossa g/kg	27,2	30,4	31,0	38,7	40,3	37,4
Areia fina g/kg	24,3	24,9	26,7	24,7	25,9	32,8
Silte g/kg	29,3	27,3	26,5	24,2	22,3	29,3
Argila (g/kg)	19,2	17,4	15,8	12,4	11,5	10,5
Ds (g cm ⁻³)	1,31	1,31	1,32	1,52	1,50	1,47
PT (%)	50	51	51	43	48	45
	abril/maio/junho					
Areia grossa g/kg	29,5	30,4	32,6	39,5	39,9	39,2
Areia fina g/kg	23,2	25,3	25,4	26,0	27,3	30,7
Silte g/kg	28,4	28,4	25,8	21,3	20,2	20,4
Argila (g/kg)	18,9	15,9	16,2	13,2	11,6	9,7
Ds (g cm ⁻³)	1,30	1,30	1,40	1,50	1,49	1,46
PT (%)	51	51	50	46	46	44
	2006					
	Janeiro/Fevereiro/Março					
Areia grossa g/kg	22,3	27,7	34,6	43,26	39,0	40,2
Areia fina g/kg	26,2	26,2	23,4	24,2	26,9	33,4
Silte g/kg	31,2	26,9	24,9	21,2	23,2	17,2
Argila (g/kg)	20,3	19,2	17,1	11,34	10,9	9,2
Ds (g cm ⁻³)	1,29	1,28	1,34	1,51	1,51	1,45
PT (%)	52	50	51	49	50	46
	Abril/Maio/Junho					
Areia grossa g/kg	21,3	25,0	30,8	38,0	39,9	38,1
Areia fina g/kg	27,1	25,7	27,8	28,7	27,4	35,3
Silte g/kg	30,4	29,0	23,2	20,9	22,3	17,7
Argila (g/kg)	21,2	20,3	18,2	12,4	11,1	8,9
Ds (g cm ⁻³)	1,31	1,31	1,36	1,48	1,49	1,48
PT (%)	51	50	51	48	50	48

Dados coletados e organizados COSTA FALCÃO, C. L (2007).

Com o aumento do volume das águas nos meses mais chuvosos, as partículas adquirem mais velocidade ao descer as encostas. Esta velocidade ascensional do turbilhonamento em cada filete de água atinge valores elevados, possibilitando o arrastamento de partículas cada vez mais grosseiras, indo originar os sulcos, que, favorecidos pelas características do ambiente, evoluem para ravinas até transformarem-se em voçorocas. Este processo ocorre em várias escalas de observação nas duas áreas estudadas.

Estas formas erosivas foram encontradas nas duas áreas: correspondem à erosão laminar e linear em formas de sulco, ravina e voçoroca. Estas evidenciam a ação indireta do homem sobre os processos geomorfológicos aparecem indicadas pelos sulcos de erosão, em meio ao plantio de milho e mandioca, conforme podemos visualizar na figura 33, corresponde a área 1 do maciço da serra das Matas, com o seu comprimento de aproximadamente 200m. É possível verificar ainda nesta foto em primeiro plano plantio de banana, indicação do desmatamento em toda a área. Podemos observar a formação de sulco e ravinas em meio ao plantio de mandioca e banana.

Figura 33. Plantio de banana em primeiro plano e sulcos de erosão em meio ao plantio de milho em vertente acentuada.
Fonte: Falcão Sobrinho (2006).

A erosão laminar foi identificada principalmente na área 2 Depressão/Luvissolos em áreas de relevo menos dissecado; sendo a erosão linear encontrada nas duas áreas de estudo. Em termos globais, a erosão laminar, é a mais disseminada na área do semi-árido; é de difícil percepção. Por essa razão, os agricultores a ignoram até o ponto de dizerem “o que está acontecendo é que as pedras estão crescendo”. De acordo com Brady (1984), eles estão atualmente cultivando o sub-solo sob seus pés, despercebidos de que seu rico e mais produtivo solo superficial foi roubado pela erosão.

A figura 34 também indica sulcos de erosão localizados no entorno da área de pesquisa da área 2. Por meio destas fotos procuramos mostrar, em detalhe, os sulcos em meio ao plantio de mandioca. Podemos observar um processo de erosão acelerada, por escoamento superficial particularmente nos período de grandes chuvas, onde além do solo, a água de escoamento tem capacidade de movimentar seixos e cascalhos.

Os solos Argissolos são muito susceptíveis à ação do escoamento pluvial, por isso ocorrem ravinas, por ocasião da estação chuvosa, as valetas se ampliam principalmente nos pontos terminais de águas pluviais canalizadas.

Além destas evidências de morfogênese antrópica, o que nos chamou atenção, no transcorrer da pesquisa, a ocorrência de voçorocas nas duas áreas. É oportuno destacar que esses problemas geomorfológicos não são específicos do semi-árido cearense. Nestas áreas, especificamente, são agravados por fatores naturais locais, como a declividade das vertentes e as chuvas torrenciais, e por fatores sociais, como a forma de uso do solo.

Figuras 34. Esta sequência de fotos apresenta nitidamente o processo de formação de sulcos, com seixos e cascalhos rolados, em meio ao plantio de mandioca, ocasionando a descida da cultura dentro do sulco.
Foto: COSTA FALCÃO/2007

Na figura 35 podemos observar o fenômeno da voçoroca localizada na área 1 serra das Matas. Em seu entorno podemos visualizar o plantio de mandioca, capim. A altura das paredes dessa voçoroca, no seu trecho mais profundo, chega a atingir 2m, possibilitando a verificação do afloramento de rochas em alguns trechos do seu percurso. Nossas observações ao longo da pesquisa com visitas ao local e entrevistas com moradores próximos mostrou-nos que a evolução foi rápida.

Interessante apresentar, a formação de voçoroca em área menos declivosas, como é o caso da área 2 Depressão pode visualizar na figura 36. Esta voçoroca situa-se nas cabeceiras do córrego Mandigueira, sendo um outro exemplo de mau uso do solo, em área favoráveis ao desenvolvimento do processo erosivo. Chamam a atenção, nestas fotografias, os canais de escoamento pluviais que se iniciam e chegam às bordas de um dos ramos da voçoroca. Isso acontece a cada época de chuva e cheia do córrego, o que leva a crer ser originada por concentração das águas superficiais bem como por manejo agrícola inadequado.

No caso da área 2 Depressão/Luvissolo, o ritmo climático associado a outros problemas como cheias e erosão as margens dos rio, assim como o índice de desmatamento, queimadas, juntamente com as análises dos solos serviram para evidenciar a sua alta erodibilidade. Os elevados teores de areia e baixos de argila, bem como os baixos teores de matéria orgânica, estão contribuindo para a alta erodibilidade de algumas partes da bacia.

Cabe ressaltar, no entanto, o que vem determinando a ocorrência e o maior ou menor tempo para o desenvolvimento desse processo é o tipo de solo, relevo e, principalmente, o uso da terra. Portanto, o processo de voçorocamento não pode ser explicado somente pela retirada da cobertura vegetal para as atividades agrícolas, deixando o solo exposto à ação dos processos erosivos, caso contrário, ele seria comum às áreas desmatadas. Portanto, se não é só a ausência da cobertura vegetal, temos que buscar nas características pedológicas, geológicas, geomorfológicas e outras para a sua ocorrência.

Figura 35. Áreas afetadas por voçorocas, em meio ao plantio de mandioca e capim: a) extensão linear do processo erosivo. A voçoroca inicia alguns metros antes da árvore, observe nas setas indicadas ela dividi-se em duas; b) ela se aprofunda chegando à exposição de afloramento da rocha; c) adiante ela chega a atingir 2 metros de profundidade.
Foto: COSTA FALCÃO/2007

Figura 36. Seqüência de fotos apresentando área afetada por voçoroca nas margens do riacho Mandigueira, observem a carnaúba foi atingida.
Foto: COSTA FALCÃO/2007

Desta forma, os resultados das análises granulométricas confirmam as observações, tornando-se prováveis que a declividade das baixadas em direção as cabeceiras dos córregos permita o escoamento contínuo das águas carregadas de silte e argila. Foram observados, ainda, nas parcelas com faixas de vegetação, pequenos depósitos de areia, indicando que os filetes d'água, ao mudarem a direção de seu curso, perdem a velocidade e abandonam a parte mais grosseira da carga. Somente com outro evento, e dependendo da capacidade de carga, esse material poderá ser arrastado, ultrapassando toda a faixa de vegetação, seguindo em direção às parcelas.

A perda continua da camada superficial, a mais fértil, seguramente leva a menor capacidade de produção, principalmente nos solos rasos do semi-árido. Daí a importância das análises desses sedimentos transportados que iremos apresentar.

Com relação às propriedades químicas, verificamos que o solo erodido do Luvisolo apresentou um teor de nutrientes similar ao solo original na camada superficial e foi uniforme nas três parcelas estudadas, nos dois anos de pesquisa (Tabela 22). Por sua vez, a análise dos sedimentos do Argissolo durante os anos de 2005 e 2006 apresentou menor riqueza química que o solo original (Tabela 20). Essa diferença pode ser atribuída ao elevado teor de matéria orgânica no solo original, visto que esta tem a capacidade de absorver maior quantidade de água e, conseqüentemente, diminuir o escoamento superficial e a perda de solo por erosão, concordando com os resultados encontrados por Albuquerque *et al.* (2001).

A matéria orgânica foi perdida em grandes quantidades em todos os anos, sendo superiores ao conteúdo disponível, originalmente presente na camada superficial, uma vez que a matéria orgânica é o primeiro constituinte a ser removido pela erosão, haja vista sua baixa densidade, concordando com o trabalho de Costa Falcão *et al.* (2002).

Tabela 22. Características químicas dos sedimentos erodidos durante o monitoramento de um Argissolo e Luvisolo nas diferentes parcelas.

Características Físicas	Área 1 - Maciço Argissolos				Área 2 - Depressão Luvissolos Crômicos	
	2005					
	Janeiro/Fevereiro/Março					
	A ₂	B ₂	C ₂	D ₂	E ₂	F ₂
Ph	7,1	7,0	7,0	6,8	6,5	6,9
Matéria orgânica	52,4	37,2	14,4	41,4	47,2	14,4
Fósforo, mg/Kg	93	99	12,2	5	4	2
Potássio, cmol/Kg	6,8	6,2	7,4	6,1	6,3	7,2
Cálcio, emol/Kg	0,4	9,3	6,2	25	27	38
Magnésio, cmol/Kg	27	23	19	11	10	10
Saturação de bases	98	95	85	34,2	31,2	33,2
V(%)	81	79	85	82	79	79
	Abril/Maio/Junho					
Ph	7,2	7,0	7,1	6,7	6,2	7,0
Matéria orgânica	48,7	38,0	8,5	48,7	41,0	18,5
Fósforo, mg/Kg	99	101	132	7	3	1
Potássio, cmol/Kg	6,6	6,0	7,3	7,2	4,2	6,4
Cálcio, emol/Kg	8,5	9,1	8,2	26	31	31
Magnésio, cmol/Kg	29	27	18	17	11	9
Saturação de bases	110	90	95	39,2	32,3	31,4
V(%)	80	86	90	80	78	73
	2006					
	Janeiro/fevereiro/março					
Ph	7,0	7,1	7,0	7,1	6,6	7,0
Matéria orgânica	48,2	38,7	140,3	23,4	35,4	13,2
Fósforo, mg/Kg	104	95	11,5	7	2	2
Potássio, cmol/Kg	7,5	6,9	7,1	7,0	4,4	6,5
Cálcio, emol/Kg	13,2	10,1	6,0	32	26	25
Magnésio, cmol/Kg	33	25	30	11	9	7
Saturação de bases	100	92	86	38,1	29,5	28,1
V(%)	80	75	80	73	72	71
	Abril/Maio/Junho					
Ph	7,1	7,0	7,0	7,2	6,7	6,8
Matéria orgânica	50,1	40,2	143,9	22,5	36,2	14,2
Fósforo, mg/Kg	101	100	10,5	6	3	2
Potássio, cmol/Kg	7,7	6,5	7,0	5,4	5,5	6,6
Cálcio, emol/Kg	12,1	9,8	6,1	38	25	19
Magnésio, cmol/Kg	34	29	29	9	8	6
Saturação de bases	98	90	90	37,6	28,4	27,2
V(%)	89	82	82	81	72	70

Dados coletados e organizados COSTA FALCÃO, C. L (2007).

Normalmente, a perda de matéria orgânica por erosão tem grande importância para os processos de eutrofização de mananciais, na medida em que a biodegradação de compostos orgânicos em rios e lagos eleva as demandas bioquímicas de oxigênio, colocando em risco a vida aquática.

Entre as bases trocáveis, o magnésio apresentou taxa de enriquecimento maior no sedimento erodido durante o ano de 2005, nos dois tipos de solos estudados, sendo, por isso, o nutriente mais problemático em termos de contaminação ambiental, pelo efeito de eutrofização da água.

Especialmente nas nossas condições de clima, a matéria orgânica, cuja importância foi devidamente ressaltada, é um produto bastante instável. A ação direta dos raios solares, a ação do fogo, os trabalhos de preparo do solo e cultivo e, conseqüentemente, aumento da aeração constituem as principais causas da destruição da matéria orgânica do solo.

Com a utilização dos solos para a agricultura e pecuária é rompido o equilíbrio natural, chegando à destruição da matéria orgânica e outros nutrientes pelo uso de práticas de desmatamento e queimadas. Dessas práticas, a mais condenável é a queimada ainda muito comum entre nossos agricultores. Daí a importância de avaliar os teores médios dos macronutrientes do solo na fase final do experimento em comparação com os valores obtidos na fase inicial.

Na tabela 23, temos os valores de Matéria Orgânica, Potássio, Cálcio e Magnésio registrados na análise do solo inicial e final, ou seja, os resultados obtidos antes e após a realização dos experimentos. Pode-se observar que, em ambos o solo, ocorrerá diminuição dos nutrientes ao final do experimento.

Tabela 23. Teores de Matéria Orgânica, Potássio, Fósforo, Cálcio e Magnésio, em solo Argissolo área 1 e Luvisolo área 2, antes da instalação do experimento e na fase final do experimento.

Área 1 - Maciço Argissolo						Área 2 - Depressão Luvisolos				
Profundidade	MO	P	K	Ca	Mg	MO	P	K	Ca	Mg
	dag kg ⁻¹	Mg dm ⁻³	- ----mmolc	dm ⁻¹ -----		dag kg ⁻¹	Mg dm ⁻³	- ----mmolc	dm ⁻¹ -----	
Antes do experimento						Antes do experimento				
0 - 5cm	22,4	151	9,5	101	19	11,8	4	2,11	29	9
5 - 10cm	19,3	131	6,6	102	21	8,3	1	2,00	31	4
10 - 15cm	16,5	95	6,4	87	23	6,7	2	1,70	32	11
15 - 20cm	13,2	89	3,2	84	32	5,4	2	1,60	40	7
20 - 25 cm	12,3	42	3,0	92	34	5,2	1	1,20	45	5
25 - 30 cm	11,4	32	2,5	99	30	4,0	0	1,05	48	9
Final do experimento						Final do experimento				
0 - 5cm	17,4	125	7,5	97	17	8,4	3	2,05	25	6
5 - 10cm	15,8	128	5,4	98	18	6,5	2	1,95	27	3
10 -15cm	17,3	89	4,3	85	22	5,4	2	1,65	27	9
15 - 20 cm	12,4	79	3,2	86	29	5,0	1	1,40	35	8
20 - 25 cm	10,4	35	2,8	89	30	4,2	0	1,32	44	5
25 - 30 cm	10,3	37	2,8	90	31	4,0	0	1,00	47	8

Dados coletados e organizados por COSTA FALCÃO, C.L. (2007)

Com relação à matéria orgânica, detectamos expressiva diminuição de seus teores após o experimento, em comparação aos teores no solo antes do experimento, principalmente para o Argissolo área 1. Já para o P, K e Ca, observou-se esse mesmo comportamento para os dois solos, porém em menor escala. Já o potássio, no Luvisolo área 1, não apresentou diferença significativa entre os resultados antes e depois.

Com a análise dos dados, podemos perceber que ocorreu uma grande variação nos valores das concentrações de todos os parâmetros. Evidenciou-se, portanto, a importância da cobertura vegetal, contribuindo para a melhoria, tanto da fertilidade, via reciclagem de nutrientes, quanto para as condições físicas do solo em função da diminuição significativa nos teores desses nutrientes observados no final do experimento.

Vimos, portanto, que os mecanismos desencadeados pelos processos erosivos na redução da cobertura vegetal são muito complexos. Esforçamo-nos para avaliar por meio de seus parâmetros morfológicos, físicos, químicos do solo, portanto, acreditamos que os aspectos econômicos e sociais apresentam relevância acentuada para o entendimento no contexto analisado.

6.3 As condições socioeconômicas e culturais

Buting já afirmava em 1965 que o solo resulta de várias forças atuantes - o mineral, o clima, os organismos, o relevo, a vegetação e o tempo; no entanto, a qualidade e o tempo de vida do solo são ordenados pelas atividades do homem, mediante através de abusivos plantios, práticas de queimadas, aplicação de agrotóxicos etc.

Os danos provocados por uma acentuação antrópica se deixam sentir tanto pela perda da fertilidade do solo como nas perdas de produção, indo refletir diretamente no bolso do pequeno produtor. Os dois aspectos estão intrinsecamente vinculados por grandes perdas. Portanto, o problema da degradação que se manifesta em relação aos recursos naturais traz implicações sociais seriíssimas. É fundamental entender toda a dinâmica, a maneira como funciona e principalmente levar em conta que, em função dos processos desordenados de ocupação, as ações erosivas vão se manifestando de maneira cada vez mais acentuada.

Quando em uma atividade agrícola ocorre o deslocamento de sedimentos provocado pela erosão, fruto de um manejo inadequado do solo, torna a área menos produtiva em alimentos e com isso produz efeitos na economia, ocasionando reflexos de micro ou macro-escala.

A forma de explorar o recurso natural, além de causar modificações na paisagem natural, desencadeia uma seqüência de situações que refletem no conjunto da

paisagem, seja nos aspectos naturais como na própria organização da sociedade. (FALCÃO SOBRINHO, COSTA FALCÃO, 2008).

O solo é um dos recursos naturais essenciais à sobrevivência da humanidade. Do seu desempenho produtivo depende a estabilidade da sociedade como um todo. A sua conservação é parte do conceito social de conservação da terra, o qual implica em determinar e pôr em prática como o homem pode satisfazer suas necessidades físicas, econômicas e ecológicas a partir do solo, sem danificar sua capacidade de continuar a satisfazer-lhe as necessidades do futuro.

Os benefícios do manejo adequado dos solos não se restringem, apenas, no sentido de não degradar, não erodir, mas, imprescindivelmente, por uma questão econômica, pois refletirá diretamente no bolso do pequeno agricultor. Observa-se que os aspectos sócio-econômicos da população não prevêem um entendimento da necessidade de manejo. Daí a necessidade de visão holística, em que conhecer a sociedade, seu espaço e história, padrões culturais e dinâmicas sócio-econômicas se faz necessário, utilizando-se de uma abordagem sistêmica que valoriza a interdisciplinaridade. É fato atestado pelos agricultores que a produção diminuiu consideravelmente no decorrer de sucessivos plantios em uma mesma área. Como é fato, também, que suas práticas agrícolas iniciam-se com o desmatamento, a queima, o plantio em fileiras e o abandono de terra após a colheita.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processo de degradação a que a área de estudo está sendo submetida iniciou-se com as atividades econômicas ligadas à agricultura e à pecuária, responsáveis pelo desmatamento das encostas e à redução da cobertura vegetal. Estas atividades antrópicas atuam como agentes de desequilíbrio em um sistema caracterizado pela existência de solos com média a alta suscetibilidade à erosão, encostas com declives acentuados e um regime pluviométrico com chuvas concentradas nos meses de janeiro a maio. A conjunção dos condicionantes naturais com o padrão de uso do solo nas áreas de planícies fluviais tem ocasionado em diversos pontos das áreas de estudo um processo de erosão acelerada nas encostas, o que contribui para o assoreamento dos rios.

As análises de avaliação da produção de sedimentos ocasionadas pelo processo de erosão hídrica, realizadas no presente trabalho, tiveram como premissa a iteração de dados referentes às características dos solos, do relevo, das encostas e da cobertura vegetal de uso do solo. Para a atribuição das análises de avaliação foram realizadas consultas a literatura, apoiadas no conhecimento empírico, em trabalhos de campo e análises de laboratório.

Buscou-se monitorar a estimativa da produção de sedimentos em duas sub-bacias, de acordo com o uso e ocupação do solo. Para tanto, foram construídas parcelas experimentais em duas propriedades, onde se pratica agricultura de subsistência. Foram coletados e analisadas amostras do escoamento superficial de diversos eventos de precipitação nas parcelas. Não foi possível efetuar de forma satisfatória a estimativa da produção de sedimentos, devido à impossibilidade do monitoramento da intensidade de precipitação. Entretanto, deve-se destacar que o experimento realizado em tais circunstâncias retrata condições reais.

O resultado dos parâmetros analisados permitiu a espacialização e a visualização de onde e quando a produção de sedimentos ocorreu e que medidas

de conservação podem ser tomadas para controlar mais efetivamente a perda de sedimentos nas sub-bacias.

As alterações no uso e ocupação das terras foi parâmetro fundamental para diferenciar a produção de sedimentos entre as sub-bacias. Essa característica aliada a outros fatores como a precipitação, relevo, e tipos de solo, só vem reafirmar o quanto o manejo adequado do solo é importante para a sua preservação.

O estabelecimento dos cenários de uso e ocupação das terras foi interessante e serve como modelo para a prática de manejos alternativos, visando reduzir o impacto da influência antrópica em microbacias.

Com relação às técnicas empregadas, o experimento mostrou-se bastante eficiente para o diagnóstico da produção de sedimentos. No Argissolo o efeito benéfico da conservação do solo foi evidenciado em todas as propriedades físicas e químicas, particularmente no teor de matéria orgânica. No Luvisolo os efeitos prejudiciais da erosão e benefícios da cobertura vegetal do solo foram evidenciados em todas as propriedades físicas e químicas, particularmente no teor de matéria orgânica;

As parcelas A e D, no qual foi mantido 3m de cobertura vegetal no terraço fluvial, a produção de sedimentos foi menor, o que vem a ressaltar mais uma vez a importância da preservação destas áreas para o controle da erosão. A diminuição dos sedimentos transportados foi melhorada à medida que foram aumentadas as faixas de cobertura vegetal, como era esperado, está inversamente relacionado com o transporte de partículas do solo, o que pôde ser observado nas parcelas A, B, D e E. A vegetação proporcionou uma diminuição do escoamento superficial, pois diminui a velocidade do fluxo pela rugosidade superficial, resultando na diminuição da capacidade de transporte de sedimentos, impedindo que estes cheguem à rede de drenagem por meio da deposição antecipada de sedimentos.

Portanto, infere-se que a vegetação atua como uma barreira de proteção aos sedimentos, principalmente no sentido de reduzir a velocidade de escoamento e, conseqüentemente, agir como um filtro, retendo parte dos sedimentos.

Os testes de avaliação do comportamento das variáveis pluviosidade, sedimentos carregados nos deram a certeza de que nas parcelas sem vegetação (sv) houve mais transporte de material, conseqüentemente, provocado pela falta de cobertura vegetal, tanto para o ano de 2005 como para o ano de 2006. Nos meses de chuva foi comprovada a existência de uma correlação entre a pluviosidade e os sedimentos carregados. Isto nos levou a supor que o manejo do uso da terra desmatamento e queimadas ocasiona mudança nas condições de solo, associado ao contínuo movimento lento dos materiais após os eventos pluviométricos ocasionando desagregação das partículas do solo induzindo a um transporte mais efetivo e, portanto, a uma acentuação dos processos erosivos.

Tal resultado nos evidencia a fundamental importância da cobertura vegetal do solo para a diminuição dos sedimentos carregados. As parcelas com faixas de vegetação comprovam mais ainda este resultado, ao evidenciarmos a diminuição dos sedimentos carregados tanto para as parcelas com faixas de vegetação 3m como para 1,5.

Os dados relacionados às análises das propriedades dos solos, forneceram importantes informações para uma avaliação preliminar dos nutrientes carregados, tornou-se importante principalmente para estabelecer uma comparação entre as áreas consideradas.

Nas condições de solos do semi-árido esses estudos estão apenas iniciando. É fundamental a continuidade em várias linhas de pesquisa deve ser desenvolvida para identificar e quantificar os processos erosivos a fim de possibilitar o conhecimento da faixa de vegetação do solo, suas contribuições

para a qualidade da água, é essencial para a sustentabilidade de um ecossistema ou agroecossistema.

Nesse contexto, estudos comparativos entre ecossistemas naturais e manejados (agrossistema) são importantes porque, entendendo-se os processos que regulam a atividade biológica no solo em ecossistemas naturais, poder-se-á trabalhar opções para manter, em níveis aceitáveis, a fertilidade do solo em agroecossistemas.

A importância da cobertura do solo em estudo, está claramente evidenciada ao observar-se uma redução de 83% para a parcela com 3m e 92% para a parcela com 1,5m de mata em relação a parcela s/v. Pôde-se observar que o aumento da cobertura do solo diminui drasticamente o transporte de sedimentos carregados.

Portanto, devemos levar em consideração que a cobertura vegetal, em conjunto com outras práticas conservacionistas e não somente práticas de proteção dispensada aos cursos d'água por meio da mata ciliar, compõe o manejo adequado da bacia, garantindo a quantidade e qualidade dos recursos hídricos.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SABER, A. N. Depressões Periféricas e Depressões Semi-Áridas no Nordeste do Brasil. **Bol. Paulista de Geografia**. n.º. 22. São Paulo. 1956.

ADAMS, P.W.; BESCHTA, R.L.; FROEHLICH, H.A. Mountain logging near streams: opportunities and challenges. **Proc. International Mountain Logging and Pacific Skyline Symposium**. Oregon State University, Corvallis: 153-162. 1988

ALBUQUERQUE, A.W; LOMBARDI NETO, F.;SRINIVASAN, V.S. Efeito do desmatamento da caatinga sobre as perdas de solo e água de um Luvisolo em Sumé (PB). **R. bras. Ci. Solo**, 25: 121-128, 2001.

ALLISON, F.E. **Soil organic matter and its role in crop production**. Amsterdam, elsevier. 1973.

ALVAREZ V. V.; NOVAES, R.F.; BARROS, N.F. et al. Interpretação dos resultados das análises de solos. In RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G. & ALVAREZ V., V.H. (Ed.) **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (CFSEMG) , 1999, p. 25-32.

AYRES, Q.C. Soil erosion and its control. New York, N.Y., McGraw-Hill, 1936, 365p.

ANDRÉASSIAN, V. Waters and forest: from historical controversy to scientific debate. **Journal of Hidrology**, vol. 291, n.1-2, 2004.

ANDRADE, G.O. Alguns aspectos do quadro natural do nordeste. Recife, **SUDENE**, 1977.76P.

ARAÚJO FILHO, J. A; BARBOSA, T. M. L. Manejo agroflorestal da caatinga: uma proposta de sistema de produção. In: OLIVEIRA, T. S. de; ASSIS JR, R. N.; ROMERO, R. E.; SILVA, J. R. C. eds. **Agricultura, sustentabilidade e o semi-árido**. Fortaleza: UFC, Viçosa: SBSCS, 2000. p.47- 57.

ARAÚJO FILHO, J.A.; CARVALHO, F. C. de. Desenvolvimento sustentado da caatinga. In: ALVAREZ V., V. H.; FONTES, L.E.F.; FONTE, M.P.F., eds. **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e desenvolvimento sustentado**. Viçosa, SBSCS/UFV-DPS, 1996. p.125-233.

ARAÚJO FILHO, J.A. O Bioma Caatinga. In: FALCÃO SOBRINHO; COSTA FALCÃO (Orgs). **Semi-Árido: Diversidades, Fragilidades e Potencialidades**. Sobral: Sobral Gráfica, 2006.

AUBERTIN, G.M.; PATRIC, J.H. Water quality after clearcutting a small watershed in West Virginia. **Journal of Environmental Quality**, v.3, p. 243-249, 1974.

AYANABA, A. The value of meuches in the management of organic matter in tropical soils. In: **Colóquio Regional sobre Matéria Orgânica do Solo**. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de quieroz, 1983,p. 97-103.

BACCARO, C. A. D. O Processo Erosivo no Ambiente do Cerrado. In: GUERRA, A. J. T. (ORG.). **Erosão e Conservação do Solo**. Ed. Bertrand. Rio de Janeiro. 1999.

BAKER, S. E. **The development current use, and effectiveness of streamside offer zones in precluding sediment delivery to forest streams**. North Caroline State University M.S.Thesis. 1984.

BERTONI, J.; LOMBARDI NEO, F; BENEDITO JÚNIOR, R. Equações de Perdas de Solos. **Boletim Técnico**. Campinas, v. 12, 25p. 1975.(1975b)

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. São Paulo. Ícone Editora, 1999.

BERTONI, J. Sistemas coletores para determinação de perdas por erosão. **Bragantia**, Campinas, 9:147-155,1949

BERTOL, I.; ROGO, N.P.; LEVIEN, R. Cobertura morta e métodos de preparo do solo na erosão hídrica em solo com crosta superficial. **Rev. bras. de Ciência do solo**, Campinas, v.13, n.3, p.373-9, 1989.

BEUTLER, J.F.; BERTOL, I.; VEIGA, M.; WILDNER, L.P. Perdas de solo e água num Latossolo aluminoférrico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo sob chuva natural. **Rev. bras. de Ciência do Solo**., 27:509-517. 2003.

BLAIKIE, P. **The Political Economy of Soil Erosion in Developing Countries**. Longman Group Limited. New York, 1985. 188p.

BORG, H.; HORDACRE, A.; BATINI, F. Effects of logging in Western. **Australian Forestry**. 51 (2): 98-105. Australia, 1988.stream and river buffers on watercourses and water quality in the southern forest of

BRADFIELD, R. Soil conservation from the viewpoint of soil physics. **J. Am. Soc. Agron**. Madison, 29(2):85-92, 1973.

BRADY, N. C. **The nature and properties of soils**. 9 ed. New York, MacMillan Publishing Company, 1984. 750p.

BRASIL, **Levantamento Exploratório** – Reconhecimento de Solos do Estado do Ceará. Recife, Ministério da Agricultura. Divisão de Pesquisa Pedológica. Convênios MA/DNPEA – SUDENE/DRN, MA/CONTAP/ USAID/ETA, 1973. Volume 1 e 2, 502p. (Boletim Técnico, 28).

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Anuário Estatístico do Brasil**. Rio de Janeiro, 1990. v.50, 784p.

BRASIL, **Lei n. 4.771**, 15 set. 1965. Institui o novo Código Florestal. Disponível em <http://www.planalto.gov.br>. Acesso: 25 set. 2005.

BLEVINS, R.L.; THOMAS, G.W.; CORNELIUS, P.L. Influenc of no-tillage and nitrogen fertilization on certain soil properties after 5 years of continuous corn. **Agr. J.** 69:383-386, 1978.

BOARDMAN, J. **Soil erosion and sediment loading of watercourses**. SEESOIL. Oxford, 1992

CAMPOS, J. A. **Programa de conservação e recuperação ambiental da serra da Meruoca**. - Proposta Indicativa. SDU- SEMACE – 1981, p.65

CARPENEDO, V.; MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de Latossolos roxo, submetido a diferentes sistemas de manejo. **Rev. bras. Ci. Solo**, Campinas, 14(!): 99-105, 1990.

CARVALHO, F. L. C.; COGO, N. P.; LEVIEN, R. Eficácia relativa de doses e formas do manejo do resíduo cultural de trigo na redução da erosão hídrica do solo. **Rev. bras. Ci. Solo**, Campinas, 14(2):227-234, 1990.

CHAUDHARY, M. A.; PRIHAR, S.S. Root development and growth response of com following mulching, cultivation, or interrow compaction. **Agron. J.**, Madison, 66(3): 350-355, 1974.

CHRISTOFOLLETI, A. **Análise de sistemas em Geografia**. São Paulo, Edgard Blucher. 1979.

CHRISTOFOLLETI, A. **Introdução a geomorfologia**. 2ª ed. Edgar Blucher, São Paulo, 1980.

CHRISTOFOLLETI, A. **Modelagem dos sistemas ambientais**. São Paulo, Edgard Blucher. (BG). 1999.

CHRISTOFOLLETI, A. L. H. Sistemas Dinâmicos: as abordagens da Teoria do Caos e da Geometria Factal em Geografia. In: VITTE, A.C; GUERRA, A.J.T. (org) **Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil**. Bertrand. Rio de Janeiro, 2004.

CHORLEY, R. J. A Geomorfologia e a Teoria dos Sistemas. **Notícia Geomorfológica**. Campinas, v.11, nº 21, 1971.

CPRM. **Mapa Geológico do Estado do Ceará**. Escala: 1:500.000. Fortaleza, Ceará. 2003.

COLANGELO, A. C. Metodologia em Geografia Física: ciência, tecnologia e geomorfologia experimetnal. **Revista do Departamento de Geografia-USP**. São Paulo, 1997.

COELHO, M. A.; SILVA, J. R. C. Regime hídrico do solo sob condições de chuva simulada. **Ci. Agron.**, Fortaleza, 14(1):47-53, 1983.

COEWLHO NETO, A.L. Hidrologia de encostas na interface com a geomorfologia. In: **Geomorfologia – uma atualização de bases e conceitos**. GUERRA, A. J. T; CUNHA, S.B. Ed. Bertyrand. São Paulo, 1995.

CONTI, J. B. **A geografia física e as relações sociedade/natureza no mundo tropical**. São Paulo, Humanitas Publicações - FFLCH/USP, 1997. 30p.

COSTA FALCÃO, C. L. **Avaliação preliminar dos efeitos da erosão e de sistemas de manejo na produtividade de um Argissolo na serra da Meruoca**. Dissertação de Mestrado. UFC, 2002. Fortaleza-Ceará..

COSTA FALCÃO, C. L.; SILVA, J.R.C. Avaliação dos efeitos da erosão na produtividade. **XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**. São Paulo. 2002.

COSTA FALCÃO; FALCÃO SOBRINHO. J. Agricultura no semi-árido Cearense e Técnicas de Monitoramento do Processo erosivo. In: COSTA FALCÃO; FALCÃO SOBRINHO (org) **Semi-Árido - diversidades, fragilidades e potencialidades**. Sobral: Sobral Gráfica, 2006.

COSTA, A. M. G.; SILVA, J. R. C. Status da matéria orgânica na Região da Ibiapaba. In: **Encontro Universitário de Iniciação à Pesquisa**, 16., Fortaleza, 1997. Fortaleza, UFC, 1997. (Resumo 936).

CRUZ, O. A Geografia Física. O Geossistema e os estudos dos processos Geomórficos. In: **Seminário sobre Geografia Física Aplicada**. Rio Claro, 1985.

DÉCAMPS, H. Towards a landscape ecology of river valleys. In: **Trends Ecological Research**. COOLEY, GOLLEY (Eds.). Plenum Press, New York: 163-178. 1984.

DEDECK, R. A. Efeitos das perdas e deposições de camadas de solo na produtividade de um Latossolo Vermelho - Escuro dos Cerrados. **R. bras. Ci. Solo**, Campinas 11(3): 323-328, 1987.

DEL AMO, R.S.; RAMOS, P.J. **Use and management of secondary vegetation in a humid tropical area**. Agroforestry sistema. 1993.

DENICH, M. A vegetação da Amazônia Oriental com ênfase na vegetação antrópica. Pesquisa sobre utilização e conservação do solo da Amazônia Oriental: **relatório final do convênio**. Belém, EMBRAPA-CPATU/GTZ, 1986. p.43-69.

DERPSCH, R. **Histórico, importância e outras considerações sobre plantio direto no Brasil**. Campinas, Fundação Cargill, 1984. p.1-12.

DE PLOY, J.; GABRIELS, D. Measuring Soil Loss and Experimental Studies. In: **Soil Erosion**. Londres: John Wiley, Sons. 1978.

DORST, J.G. **Antes que a natureza morra: por uma ecologia política**: tradução: Rita BUONGERIMINO. São Paulo, Edgard Blücher, 1973. 394p.

DNPM. Projeto Jaibaras. **Divisão de Geologia e Mineral**. Ceará, 1973.

DURIGAN, G.; SILVEIRA, E.R. Recomposição da mata ciliar em domínio de cerrado. **Scientia Florestalis**. N.56. p. 135-144, dez. São Paulo, 1999.

ELMORE, W. BESCHTA, R.L. Riparian áreas: perceptions. In: **management. Rangelands**, 9 (6): 260-265. 1987.

ELTZ, F. L. F.; CASSOL, E. A.; ABRAÃO, P. U. R. Perdas de solo e água por erosão em diferentes sistemas de manejo e coberturas vegetais em solo São Pedro (Podzólico Vermelho-Amarelo) sob chuva natural. **R. bras. Ci. Solo**, Campinas, 8(2):245-249, 1984.

ELTZ, F.L.F.; PEIXOTO, R.T.G.; JASTER, F. Efeitos de sistemas de preparo do solo nas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Bruno Álico. **R. Bra. Ci. Solo**, Campinas, 13:259-267, 1989.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Ed. 2. Versão Atualizada. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 1^o edição. Brasília. Embrapa Produção de Informação. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2000. 412p.

FAIL, JR.; HAINES, B.L.; TODD, R.L. Riparian forest communities and their role in nutrient conservation in the agricultural watershed. **American Journal of alternative Agriculture**. (3): 114-121. 1987.

FALCÃO SOBRINHO, J.; COSTA FALCÃO C. L. Práticas agrícolas inadequadas acentuam processo erosivo na Serra da Meruoca. **R. Ci. e Téc.**, Fortaleza, ano 3, n. 3, p. 25-26, dez./2001.

FALCÃO SOBRINHO, J.; COSTA FALCÃO, C.L. Práticas agrícolas na serra da Meruoca. **Revista Essentia**. Sobral, 2002. p. 66-81.

FALCÃO SOBRINHO, J.; COSTA FALCÃO, C.L. (2004). **Técnicas de monitoramento de processos erosivos**. (mimeografado). Sobral, Ceará. 10p.

FALCÃO SOBRINHO, J.; COSTA FALCÃO, C.L. O processo erosivo e a mata ciliar do rio Acaraú na serra das Matas (Ce). **Revista Mercator/UFC**, n^o 7. 2005.

FALCÃO SOBRINHO, J. **O Relevo – elemento e âncora na paisagem do vale verde e cinza do rio Acaraú (Ce.)**. Tese de doutorado. USP. São Paulo, 2006.

FALCÃO SOBRINHO, J; ROSS, J.L.S. O processo erosivo em ambiente de superfície sertaneja, Varjota/CE. **Geousp**. 21. São Paulo, 2007.

FERREIRA, M.I.M.M. **Análise temporal do uso da terra em área do município de Viçoca do Ceará.-CE.** Fortaleza. UFC. 1997. 51p. (Dissertação de Mestrado).

FUCHS, R.B.H. **Zoneamento ambiental da bacia do Arroio Arenal, RS.** Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual paulista, Campus Rio Claro. São Paulo, 2002.

FUNCEME. **Dados de precipitação do Estado do Ceará (1984 a 2005).** Fortaleza, 2006.

FUNCEME. **Mapa das áreas susceptíveis ao processo de desertificação no Estado do Ceará,** escala 1:800.000. Fortaleza, 1993.

GASSEN, D.N.; GASSEN, F.R. **Plantio direto - o caminho do futuro.** 2º edição. Passo Fundo: Aldeia Sul Editora, 1996. 207p.

GIRÃO, R. **Pequena História do Ceará.** Ed. Instituto do Ceará. Fortaleza, 1962.

GIRÃO, R.; MARTINS FILHO, M. **O Ceará.** Ed. Instituto do Ceará. Fortaleza, 1966.

GREGORY, K.J. **A natureza da Geografia Física.** Bertand. São Paulo, 1992.

GREGORY, S.V.; SWANSON, F.J.; McKEE, W.A.; CUMINS, K.W. An ecosystem perspective of riparian zones. **BioScience**, 41 (8):540-551. 1992.

GREGORY, K.J.; WALLOING, D.E. **Drainage bassin form and process: a geomorphopogical approach.** John Wiley, 1973.

GUERRA, A.J.T. **Soil characteristics and erosion, with particurar reference to organic matter content.** Tese de doutorado. Departament of Geography King's College. London, 1991.

GUERRA, A. J. T. Processos erosivos nas encostas. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. eds. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos.** Capítulo 4. Rio de Janeiro, Ed.Bertrand Brasil, 2ª edição, 149- 209, 1995.

GUERRA, A. J. T. Processos erosivos nas encostas. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. **Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações.** Capítulo 4. Rio de Janeiro, Ed. Bertrand Brasil, 139- 155, 1996.

HAINES YOUNG, R.H.; PETECH, J.R. **Physical Geography: its nature and methods .** Butter & Tanner Ltd. London, 1986.

HELFERICH, GERARD. **O Cosmo de Humboldt: Alexandre Von Humboldt e a viagem à América Latina que mudou a forma como vemos o mundo.** Tradução de Adalgisa Campos da Silva. Rio de Janeiro: Objetiva, 2005 p.390

HEWLETT, J.D. **Principles of florest hydrology.** The University of Georgia Press, 1982.

HOCH-HANN, R.A.A.; SELLES, F. **O solo e o sistema de manejo**

conservacionista. EMBRAPA-CNPT. Passo Fundo. 1991.

KARR, J.R.; SCHLOSSER, I.J. Water resources and the land-water interface. **Science**, 201:229-234. 1978.

KEGEL, E. **Estudos Geológicos do Norte do Ceará**. DNPM. Rio de Janeiro, 1958.

KUHNLE, R.A.; BINGER, R.L.; FOSTER, G.R. & GRISSINGER, E.H. Effect of land use changes on sediment transport. *Water Res.*, 32:3189-3196, 1996

KIRCHNER, J.W. A double paradox in catchment hydrology and geochemistry. **Hydrological Processes**, v. 17, p. 871-874, 2003.

ICE, G.G.; BESCHTA, R.L.; CRAIG, R.S.; SEDELL, J.R. Riparian protection rules for Oregon forests. **USDA Forest Service**, Gen Tech. Report PSW-110: 533-536. 1989.

INSTITUTO DE POTASSA & FOSFATO. **Manual Internacional de Fertilidade do Solo**. Tradução e adaptação de Alfredo Scheid Lopes. 2ª ed., rev. e ampl. Piracicaba: POTAFOS, 1998. 177p.

IBGE. **Anuário estatístico do Brasil**. Rio de Janeiro. IBGE, 1995.

IGUE, K.; PAVAN, M.A. Uso eficiente de adubos orgânicos. In: **Simposio sobre Ferrilzantes na Agricultura Brasileira**. Brasília, 1984. Anais. Brasília, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1984. p.419-449.

IPECE. **Anuário Estatístico do Estado do Ceará. (1984 a 2005)**. Fortaleza, 2005.

IPLANCE. **Atlas do Ceará**. Fundação Instituto de Planejamento do Ceará. Edições IPLANCE. Fortaleza, 1997.

LACERDA, N. B. **Efeitos da erosão e de técnicas de manejo sobre a produção do algodoeiro em dois solos do Ceará**. Fortaleza, 2000, 66p. Universidade Federal do Ceará. (Dissertação de Mestrado).

LAL, R. No-tillage farming in the tropics. In: Phillips, R. E.; Thomas, G. W.; Blevins, R. L. Ed. No-tillage Research: **Research Reports and Reviews**. Lexington, 1981. p. 103-50.

LANGDALE, G.W.; SHRADER, W.D. Soil erosion effects on soil productivity of cultivated cropland In: **American Society of Agronomy**. Determinants of soil loss tolerance. Madison, ASA, 1982. p. 41-51.

LEAL FILHO, W. Ação antrópica como fator de mudanças climáticas no Nordeste do Brasil, oeste e leste da África; a necessidade de iniciativas que despertem a conscientização. Hamburg, Alemanha, (s.d.). 14p. **Trabalho apresentado na ICID**, 1992, Fortaleza, CE.

LEÃO, R. M. **A floresta e o homem**. São Paulo; Editora da Universidade de São Paulo; Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 2000.

LESPCH, I.F. **Solos**: formação e conservação. Melhoramentos. São Paulo, 1993.

LIBAULT A. Os quatro níveis da pesquisa geográfica. **Métodos em Questão**. Universidade de São Paulo. Instituto de Geografia. São Paulo. 1971.

LIKENS, G.E. Na experimental approach for the study of ecosystems. **Journal of Ecology**. V. 73, p. 381-396, 1985.

LIMA, W. P. Forestry Education for a Changing Society. In: **FAO Advisory Committee on Forestry Education** - Eighteenth Session, 1996,

LIMA, W.P. Função hidrológica da mata ciliar. In: **Simpósio sobre mata ciliar**. Fundação Cargill, 1989.

LIMA, W.P.A. Microbacia e o desenvolvimento sustentável. **Ação Ambiental**, ano 1, n.3. p. 20-22, 1999.

LIMA, W. P. ; WALDHOFF, P. ; VIANA, V. M. . Impactos da colheita de madeira de caixeta (*Tabebuia cassinoides*) na qualidade da água. **Scientia Florestalis**, Piracicaba-SP, v. 59, p. 41-50, 2001.

LIMA, W. P. Manutenção dos Recursos Hídricos. In: Aristeu Mendes Peixoto. (Org.). **Enciclopédia Agrícola Brasileira**. 1 ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2002, v. 4, p. 417-419.

LIMA, W.P.A.; M.J.B. ZAKIA. Hidrologia de Matas Ciliares. In: RODRIGUES R.R.; LEITÃO FILHO, H.E. (Eds). **Matas Ciliares**: conservação e recuperação. Edusp. São Paulo, 2000.

LIMA, W. P.; M.J.B.ZÁKIA. Saúde ambiental da microbacia. In: W.P.Lima; M.J.B.Zakia. (Org.). **As Florestas Plantadas e a Água: Implementando o conceito da microbacia hidrográfica com o unidade de planejamento**. 1ª ed. São Carlos - SP: Rima Editora, 2006.

LOMBARDI NETO, F.; DE MARIA, I. C.; CASTRO, O. M.; DECHEN, S. C. F.; VIEIRA, S. R. Efeito da quantidade de resíduos culturais de milho nas perdas de solo e água. **R. bras. Ci. Solo**, Campinas, 12 (1): 71-75, 1988.

JOHNSTON, R.J. **Geografia e Geógrafos**. A geografia humana angloamericana desde 1945. DIFEL. São Paulo, 1986.

JUCÁ, G.N.M. À Guisa de Introdução. O Espaço Nordestino e o Papel da Pecuária e do Algodão. In. SOUZA, S. **História do Ceará**. 1989. p.13-22.

KEGELL, E. **Estudos Geológicos do Norte do Ceará**. DNPM. Rio de Janeiro, 1958.

KOCH-HANN, R. A.; SELLES, F. O solo e o sistema de manejo conservacionista. In: FERNANDES, J. M.; FERNANDEZ, M. R.; KOCHHANN, R. A.; SELLES, F.;

ZENTNER, R. P. **Manual de manejo conservacionista do solo para os Estados do Rio Grande do Sul**, Santa Catarina e Paraná. Passo Fundo, EMBRAPA-CNPT, 1991. p.43-52. (Documento,1).

KUHNLE, R.A.; BINGER, R.L.; FOSTER, G.R.; GRISSINGER, E.H. **Effect of land use changes on sediment transport**. Water Res., 32:3189-3196,1996.

MACHADO, N. F. Ensaio comparativo entre sistemas de plantio direto, convencional, preparo mínimo e direto na palha. In: **Curso intensivo sobre plantio direto na palha**. Resumos. Fundação ABC. Paraná. 1996.

MAGETTE, W.L.; BRINSFIELD, R.E.; PALMER, R.E. WOD, J.D. Nutrient and sediment removal by vegetated filter strips. **Transactions of the ASAE**, 32(2). 663-667. 1989.

MALINI, H.B.. BHASKAR, C.U. Impact os deflorestation on rainfall petterns in the Eastern Chatt Region, India. Echnical Program Abstracts. Washington. UGL. 27. **International Geographical Congress**, 1992: 254-255.

MARTINS, S.V. **Recuperação de matas ciliares**. Aprenda Fácil. Viçosa, 2001.

MASSEE, T.W.; WAGGONER, H. H.O. **Productivity losses for soil erosion os dry cropland in the intermountain area**. ASAE Publication. 1985.

MATTOS, L. C. Formulação de hipóteses na busca da sustentabilidade dos sistemas agrícolas. In: OLIVEIRA, T. S.; ASSIS JR, R. N.; ROMERO, R. E.; SILVA, J. R. C. eds. **Agricultura, sustentabilidade e o semi-árido**. Fortaleza: UFC, Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. p.58 - 69.

MAcNEIL, R.J. Evoluution of tropical land for wildlife conservation potential. In: USHER, M.B. (ed). **Wildlife conservation evalution**. London. Chapman and Hall. 1986.

McCORMACK, D.E.; YOUNG, K.K.; KIMBERLIN, L.W. Curent criteria for determining soil loss tolerance. In: **American Society of Agronomy**. Determinants of soil loss tolerance. Madison. ASA, 1982.

MELO FILHO, J. F.; SILVA, J. R. C. Erosão, teor de água no solo e produtividade do milho em plantio direto e preparo convencional de um Podzólico Vermelho - Amarelo no Ceará. **R. bras. Ci. Solo**, Campinas, 17:291-297, 1993.

MELO NETO, A. V.; ANDRADE, J. E. P.; SILVA, A. B. Sistemas de preparo do solo e as perdas por erosão em solo Litólico Eutrófico do campo experimental de Caruaru, PE. In: **Encontro Nacional e Pesquisa sobre Conservação do Solo**, 3., Recife, 1981. p.375-376.

MENDONÇA, F. **Geografia Física**. Ciência Humana. São Paulo: Contexto. 1991.

MENDES, B.V. Desertificação do Semi-Árido. In: **Seminário sobre desertificação no Nordeste/SEMA**, Brasília, 1986.

MILLER JR., G.T. **Living in the environment: an introduction to environmental science**. 4. ed., Belmont, Wadsworth Publishing Company, 1985. 604p.

MORING, J.R.; GARMAN, G.C.; MULLEN, D.M. The value of riparian zones for protecting aquatic systems: general concerns and recent studies. In: **Maine Riparian Ecosystem and their management**. USDA Forest Service. Gen Tech. Report RM-120: 315-319.

MONTGOMERY, D.R.; GRANT, G.E.; SULLIVAN, K. Watershed analysis as a framework for implementing ecosystem management. **Water Resources Bulletin**, v.31, p. 369-386, 1995.

MORGAN, R. P. C. **Soil erosion and conservation**. Logman Scientific & Technical. Essex, 1986. 298p.

MUZILLI, O. Influência do sistema de plantio direto comparado ao convencional, sobre fertilidade da camada arável do solo. **R. bras. Ci. Solo**, Campinas, 7: 95-102, 1983.

NAIMAN, R.J. et. al. Fundamental elements of ecologically healthy watersheds in the Pacific Northwest Coastal Ecoregion. In: NAIMAN, R.J. (Ed). **Watershed management: balancing sustainability and environmental change**. Springer-Verlag, p. 127-188. 1992.

NATIONAL SOIL EROSION – SOIL PRODUCTIVITY RESEARCH PLANNING COMMITTEE. Soil erosion effects on soil productivity. A research perspective. **J. Soil Wat.** Cons. Ankeny, 36:82-90, 1981.

NUNES FILHO, J.; SOUZA, A.R.; MAFRA R.C.; JAQUES, F.O. Efeito do preparo do solo sobre as perdas por erosão e produção do milho num Podzólico Vermelho-Amarelo Eutrófico de Serra Talhada (Pe). **R. bras. Ci. Solo**, campinas, 11(2):183-186, 1987.

ODUM, E.P. **Fundamentals of ecology**. 3. Ed. Philadelphia. Saunders, 1971.

OLIVEIRA, J.B.; SILVA, J.R.C. Efeito do manejo do solo na erosão do Podzólico Vermelho-Amarelo equivalente Eutrófico e Planossolo Solódico da microrregião homogênea. **R. bras. C. Solo**. 1982.

OUTRAN, D. **Georges Cuvier**: Vocation, science and authority in the post revolutionary France. Manchester university Press. 1984.

PARDINI, G.; GISERT, M.; DUNJÓ, G. Runoff erosion and nutrient depletion in five Mediterranean soils of Ne Spain under different land use. **The science of the Total Environment**, 309:213-224., 2003.

PEREIRA, J.C.; MOLINARI, AA. Experiência com microbacias em Santa Catarina. Resumo da mesa redonda. 5º Simpósio Nacional de Controle de Erosão. **Anais**. Boletim de Campo. P. 85-88. São Paulo, 1995.

PETRAGLIA, I.C. **Edgar Morin**. A educação e a complexidade do ser e do saber. Editora Vozes. Petrópolis, 1995.

PHILLIPS, S.H. **No-tillage past and present**. Ed. No-tillage Research. 1981.

PIERCE, F. J. Erosion productivity impact prediction. In: Lal,R; Pierce, F.J. **Soil management for sustainability**. Ankeny. 1991.

PLATTS, W.S. et. al. **Methods for evaluating riparian habitats with applications to management**. USDA Forest Service. Gen tech. Report. INT-221. 1987.

PRADO Jr. C. **Formação do Brasil Contemporâneo**. Ed. Brasiliense. São Paulo, 1994.

RAIJ, B. van. Seleção de métodos de laboratório para avaliar a disponibilidade de fósforo em solos. **R. bras. de Ciência do Solo**,v.2, p. 1-9, 1978.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Agronômica Ceres, Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1991. 343p.

RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H. **Matas ciliares**: conservação e recuperação. FAPESP. São Paulo, 2000.

RODRIGUES, R.R. Florestas ciliares? Uma discussão nomenclatural das formações ciliares. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H. **Matas ciliares**: conservação e recuperação. FAPESP. São Paulo, 2000.

RODRIGUES, R; GANOLFI, S. Conceitos, tendências e ações para a recuperação de mata ciliares. IN: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. **Mata ciliares**: conservação e recuperação. São Paulo: Editora da USP/Fapesp.

RODRIGUES, R.R.; SHERPHERD, G.J. Fatores condicionantes da vegetação ciliar. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H. **Matas ciliares**: conservação e recuperação. FAPESP. São Paulo, 2000.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia, ambiente e planejamento**. Contexto. São Paulo, (1991)

ROSS, J.L.S.; DEL PRETTE,, M.E. Recursos hídricos e as bacias hidrográficas: âncoras do planejamento e gestão ambiental. **Revista do Departamento de Geografia da USP**, n. 12. São Paulo, 1998.

SÁ I. B. de Degradação Ambiental e a Reabilitação natural no Trópico semi-árido Brasileiro. In: **Conferência Nacional e Seminário Latino Americano da Desertificação**. Fortaleza. 1994.

SANTOS, H. P., TOMM, G. O.; LHAMBY, J.C.R. Plantio direto versus convencional: efeito na fertilidade do solo e no rendimento de grãos de culturas em rotação com cevada. **R. bras. C. do Solo**. Campinas, 19: 449-454, 1995.

SALTON, J. C. Opções de safrinha para agregação de renda nos cerrados. In: plantio direto na integração lavoura pecuária. **IV Encontro Regional de Plantio Direto no Cerrado**. Uberlândia, Univ. Federal de Uberlândia, 1998.

SCHLOSSER, I.J.; KARR, J.R. Water quality in agricultural watersheds: impact of riparian vegetation during base flow. **Water Resources Bulletin**, 17 (2):233-240. 1981.

SARTURNINO, H. M.; LANDERS, J. N. **O meio ambiente e o plantio direto**. Goiânia: APDC, 1997. 116p.

SEIXAS, B.L.S. **Fundamentos de manejo e da conservação do solo**. Bahia. UFBA. 1985.

SEPLAN. **Projeto Áridas**. SRH. Ceará. 1994.

SCHERTZ, D. L. The basis for soil loss tolerance. **J. Soil Wat. Cons.**, Ankeny, 38: 10-14, 1983.

SHEAR, G. M.; MOSCHLER, W.W. Continuous corn by the no-tillage and conventional tilled methods. **Agr. J.** 61:524-526, 1969.

SIDIRAS, N.; PAVAN, M. A. Influência do sistema de manejo do solo no seu nível de fertilidade. **R. bras. Ci. Solo**, Campinas, 9:249-254, 1985.

SIDIRAS, N.; HENKLAIN, J. C.; DERPSCH, R. Vergleich von drei Bodenbearbeitungsverfahren in bezug auf einige physikalische Eigenschaften, Boden-und Wasserkonservierung und Extrage von Soja und Weizen auf einem Oxisol. **Z. Acker-und Pflanzenbau**, Berlin, 151:137-148, 1982.

SILVA, J. R. C.; COELHO, M. A; MOREIRA, E. G. S.; OLIVEIRA NETO, P. R. Efeitos da erosão na produtividade de dois solos da classe Latossolo Vermelho-Amarelo. **Ci. Agron.**, 16: 55-63, 1985.

SILVA, J. R. C.; PAIVA, J. B. Retenção de sedimentos por cordões de pedra em contorno em uma encosta Latossolo. **R. bras. Ci. Solo**, 9: 77-80, 1985.

SILVA, I. F. de.; ANDRADE, A. P. de.; CAMPOS FILHO, O. R. Erodibilidade de seis solos do semi-árido paraibano obtida com chuvas simulada e método nomográfico. **R. bras. Ci. Solo**, Campinas, 10: 283-287, 1986.

SILVA, J. R. C.; DEGLORIA, S. D.; PHILIPSON, W. R.; McNeil, R. J. Estudo da mudança de uso da terra através de um sistema de análise georreferenciada. **R. bras. Ci. Solo**, 17: 451- 457, 1993.

SILVA, J. R. C. **Erodibilidade dos solos do Ceará: distribuição espacial e avaliação de métodos para sua determinação (1ª Aproximação)**. Fortaleza, Universidade Federal do Ceará/Departamento de Ciências do Solo, 1994. 60p. (Tese de professor titular).

SILVA, J. R. C. Erosão e produtividade do solo no semi-árido. In: OLIVEIRA, T. S. de; ASSIS JR. R. N.; ROMERO, R. E. eds. **Agricultura, sustentabilidade e o semi-árido**. Fortaleza; UFC, Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 169-213, 2000.

SOUZA, M.J.N. Os recursos hídricos e a gestão ambiental. In: **6º Seminário Internacional de Gestão das Águas**. Fortaleza, 2000.

SOUZA, M.J.N. (org.) **Redimensionamento da Região Semi-Árida do Nordeste Brasileiro**. FUNCEME. Fortaleza, 1994. 26p.

SOUZA, M. J. N. Contribuição ao Estudo das Unidades Morfo-estruturais do Estado do Ceará. In: **Revista de Geologia/UFC**. Fortaleza, 1988.

SOUZA, M.J.N.; LIMA, F.A.M; PAIVA, J.B. Compartimentação Topográfica do Estado do Ceará. **Revista Agrônômica**. Fortaleza, 1979. p. 6-11.

SPAROVEK, G.; TERAMOTO, E. R.; TORETA, D. M.; ROCHELE, T. C. P.; SHAYER, E. P. M. Erosão simulada e a produtividade da cultura do milho. **R. bras. Ci. Solo**, 15: 363-368, 1991.

SPAROVEK, G.; JONG VAN LIER, Q.; ALOISI, R. R.; VIDAL-TORRADO, Previsão do rendimento de uma cultura em solos de Piracicaba em função da erosão. **R. bras. Ci. Solo**, Campinas, 17: 465-470, 1993.

STEIN, D.P. Dianóstico de erosão. 5º Simpósio Nacional de Controle a Erosão. **Anais**. P. 55-57. São Paulo, 1995.

STEINBLUMS, I.J.; FROEHLICH, H.A. LYONS, J.K. Designing stable buffer strips for stream protection. **Jornal of Forestry**, 2(1): 49-52. 1984.

STOCKING, M. A.; ELWELL, H.A. Rainfall erosivity over Rhodesia. Trans. **Ins. Br. Geografia** 1:231-245. 1976.

STRAHLER, A.N. Equilibrium Theory of Erosional Slopes Approached by Frequency Distribution Analysis. **Amer. Journ. Sci.** New Haven. 1950.

SUDENE, **Boletim de Recursos Naturais**. Recife, 1966.

TOY, T.J.; FOSTER, G.R.; RENARD, K.G. **Soil erosion**. Process, prediction, measurement and control. John Wiley al Sana. USA, 338p. 2001.

THORNES, J.B.; BRUNSDEN, D. **Geomorphology & Time**. Methuen & Co Ltd. Great Britain, 1977

TRICART J. **A geomorfologia, a edafologia e o ordenamento do espaço rural**. Capítulo 3 de La Tierraa, Editorial Labor, Nueva Colección Labor. Barcelona, 1969

TRICART, J. **Principes et Methodes de la Geomorphologie**. Masson et Cie. Paris. Editeurs. 1965.

TRICART, J. A **Geomorfología, a edafología e o ordenamento do espaço rural**. La Epidermis de la Tierra, Editorial Labor, Nueva Colección Labor, Barcelona. 1969

TRICART, J. Paisagem e Ecologia. In: **Interfaces**. N. 76. IBILCE-UNESP. São Paulo. 1977. 56p.

TRIPLETT JR. G.B.; DOREN JR. D. M.. van. Nitrogen, phosphorus and potassium fertilization of nontilled maize. **Agron. J.** 61:637-639, 1969.

TUCCI, C.E. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Ed. Universidade federal do Rio Grande do Sul. ABRH. Porto alegre, 2001.

VIEIRA, M. J.; COGO, N. P.; CASSOL, E. A. Perdas por erosão em diversos métodos de preparo do solo para soja com o uso de chuvas simuladas. **R. bras. Ci. Solo**, Campinas, 2:209-214, 1978.

VITTE, ANTONIO C. **A construção dos conceitos de natureza e paisagem na geografia: uma discussão genética**. UNICAMP, Campinas (SP), Brasil. 2004.

ZAKIA, M.J.B. **Identificação da zona ripária em uma microbacia experimental: implicações no manejo de bacias hidrográficas e na recomposição de florestas**. Tese Doutorado. escola de engenharia de São Carlos, USP. São Carlos, 1998.

ZAFFARONI, E.; BARROS, H. H. A.; NOBREGA, J. A. M.; LACERDA, J. T.; SOUZA, V.E. Efeito de métodos de preparo do solo na produtividade e outras características agrônômicas de milho e feijão no Nordeste do Brasil. **R. bras. Ci. Solo**, Campinas, 15(1):99-104, 1991.

ZAVOIANU, I. **Morphometry of drainage basins**. Developments in water science, 20. Amsterdam, 1985.

WISCHMEIER, W.H.& SMITH, D.D. **Predicting rainfall erosion losses from cropland Esast of the Rocky Mountains**, Washington, USDA, 1965, 217 p. (Handbook, 282).

WUNSCH, W.; DENARDIN, J.E. Perdas de solo e escorimento de água sob chuva natural em Latossolo Vermelho Escuro nas culturas de trigo e soja. In: **Encontro Nacional de Pesquisa sobre Conservação do Solo**. EMBRAPA-CNPT, Passo Fundo. 1978.