

37

Circular
TécnicaSobral, CE
Novembro, 2008

Autores

Mônica Matoso Campanha
Eng. Agrôn., D. Sc.,
Pesquisadora, Embrapa
Caprinos, Estrada Sobral/
Groaíras km 04, Cx.
Postal - 145, CEP 62-
010-970.
monica@cnpq.embrapa.br

Maria Ivanilda de Aguiar
Eng. Agrôn., M. Sc.,
ivanildaaguiar@yahoo.
com.br

Stoécio Malta F. Maia
Eng. Agrôn., D. Sc.;
stoecio@hotmail.com

Teógenes Senna de
Oliveira
Eng. Agrôn., D. Sc.
teo@ufc.br

Eduardo de Sá Mendonça
Eng. Agrôn., D. Sc.
esm@ufv.br

João Ambrósio de A. Filho
Eng. Agrôn., Ph.D.
araujo.filho@uol.com.br



Perdas de Solo, Água e Nutrientes pela Erosão Hídrica em Diferentes Sistemas de Manejo Agroflorestal no Semi-árido Cearense

Introdução

A erosão hídrica é uma das principais causas da degradação das terras, pois a perda de nutrientes, as reduções na capacidade de infiltração, na umidade do solo e na produtividade agrícola contribuem para intensificar o processo de empobrecimento físico-químico do solo. Este tipo de erosão é influenciado pela chuva, tipo de solo, topografia, cobertura e manejo do solo e por práticas conservacionistas de suporte às atividades de campo (HUDSON, 1995 citado por BERTOL et al. 2007).

No semi-árido brasileiro, a atividade agropecuária é uma das causas da degradação do meio ambiente e grande contribuinte para os processos erosivos. Na Caatinga, a agricultura ainda é praticada de forma itinerante na maioria das propriedades familiares, sendo comumente utilizado um sistema tradicional onde predominam o desmatamento e a queima. Em geral, os agricultores colocam fogo na vegetação após o corte raso da mesma, cultivando por dois anos e abandonando em seguida, devido à redução na produtividade nestas áreas. Na pecuária, o superpastejo ocorre na maioria dos sistemas, alterando a estrutura do estrato herbáceo (ALBUQUERQUE, 1977 citado por ARAÚJO NETO, 1990), podendo causar a exaustão de espécies forrageiras (SOUZA, 2006). A degradação dos recursos hídricos locais também tem ocorrido pela destruição da cobertura florestal, em decorrência de desmatamentos e queimadas, inclusive de matas ciliares (SILVA; GUIMARÃES FILHO, 2006). De acordo com Araújo Filho (2006), a agricultura itinerante vem causando aos ecossistemas do semi-árido brasileiro vultosas perdas na biodiversidade, erosão do solo e a sedimentação dos reservatórios e dos rios, com conseqüente declínio da atividade econômica e da qualidade de vida da população, podendo esta ser indicada como um dos mais importantes fatores responsáveis pelo êxodo rural.

Pesquisas mostraram que a utilização de adequados sistemas de manejo do solo, onde se utilizam práticas conservacionistas, auxiliam na redução da erosão hídrica (ARAÚJO FILHO; CARVALHO, 2001; COGO et al., 2003). Neste sentido, sistemas de produção agropecuária que promovam a conservação dos recursos ambientais vêm sendo estudados. Em regiões tropicais, os Sistemas Agroflorestais (SAFs), notadamente os sistemas de produção agrossilvipastoris, que integram a exploração de espécies lenhosas perenes com culturas e pastagem, vêm sendo propostos como alternativas ecologicamente sustentáveis de exploração, em virtude de seus vários benefícios ao sistema produtivo (ARAÚJO FILHO; CARVALHO, 2001; FRANZEL et al., 2001; ARAÚJO FILHO et al., 2006).

Os SAFs, especificamente com relação aos ambientes áridos e semi-áridos, podem contribuir efetivamente para estabelecer modelos de produção mais estáveis, pois condicionam favoravelmente o meio físico, melhorando, por exemplo, a fertilidade dos solos (CARVALHO, 2006) e a eficiência hídrica, reduzindo o impacto da erosão (DANIEL et al., 2000). Perdas de sedimentos, nutrientes e matéria orgânica são reduzidas pela proteção do solo proporcionada pelos sistemas agroflorestais (FRANCO

et al., 2002; MELO FILHO; SILVA, 1993; SEGANFREDO et al. 1997). A cobertura fornecida pelas copas das árvores e a manta orgânica oriunda da deposição do material vegetal na superfície do solo favorecem a infiltração de água, a agregação das partículas e um menor impacto das gotas de chuva no solo (YOUNG, 1999). Na Paraíba, Albuquerque et al. (2001) avaliaram os efeitos do desmatamento da caatinga sobre as perdas de solo e água provocados por erosão, observando que as perdas foram menores nas áreas sob vegetação nativa da caatinga. Ribeiro et al. (2007) verificaram que a implantação de um sistema agrossilvipastoril melhorou o controle da erosão quando comparado a uma pastagem degradada.

Com o objetivo de estudar a conservação do solo promovida por um sistema agrossilvipastoril desenvolvido para o semi-árido, o presente estudo avaliou as perdas de solo, água, nutrientes e carbono orgânico pela erosão hídrica, em sistemas de produção agroflorestal, tradicional e em condições naturais em áreas de Caatinga.

Material e Métodos

Localização e descrição dos tratamentos

Os dados foram coletados nos campos experimentais da Embrapa Caprinos e Ovinos, situada em Sobral, Ceará, em períodos chuvosos nos anos de 2003 e 2004. O município se encontra na região semi-árida, a 3° 41' S e 40° 20' W, com altitude de 69 m. O clima da região é do tipo BShw', segundo a classificação de Köppen, com estação chuvosa de janeiro a junho. A temperatura média anual é de 28°C e a precipitação média de 759 mm.ano⁻¹. O solo dominante é um Luvissole Crômico Ortico. A vegetação é caracterizada como lenhosa do tipo caatinga hiperxerófila.

Os tratamentos foram escolhidos a partir de sistemas de produção para ovinos e caprinos, quais sejam: sistema agrossilvipastoril, sistema tradicional e sistema de cultivo convencional.

No modelo tradicional, uma área de 8,0 hectares foi dividida em dez sub-parcelas de 0,8 hectares. A partir de 1997 uma destas subparcelas foi anualmente submetida às práticas da agricultura itinerante, ou seja, faz-se a derrubada e a queima da vegetação lenhosa, com posterior plantio de milho e feijão por até dois anos, sendo em seguida deixada em pousio. Os 7,2 hectares restantes deste sistema foram utilizados

como área de manutenção de dez matrizes ovinas ao longo do ano, por um período de repouso previsto para cada área cultivada de dez anos, aproximadamente.

No sistema agrossilvipastoril, uma área de 8,0 ha foi dividida em três subáreas de 1,6 ha; 4,8 ha e 1,6 ha, sendo destinadas, respectivamente, à agricultura, pecuária e mata nativa. Um rebanho de 20 matrizes ovinas permaneceu na subárea pecuária durante o ano, com repasses na área de mata nativa, enquanto que, a área cultivada (subárea agrícola) funcionava como banco de proteína no período seco.

No sistema convencional, uma parcela de 1,0 hectare foi submetida ao desmatamento seguido de queima do material em 1997 e plantada com milho por cinco anos consecutivos (1998-2002).

Os tratamentos foram:

Tratamento Agrossilvipastoril (AGP): tratamento oriundo do sistema agrossilvipastoril, que adotou o cultivo em aléias com faixas de 3,0 m de largura, onde foi feito o cultivo de feijão e milho, separados por fileiras de leucena (*Leucaena leucocephala*) implantadas com espaçamento de 0,5 m entre plantas. Para o estabelecimento das culturas, a área (1,6 ha) teve a sua vegetação natural raleada, preservando-se uma cobertura vegetal arbórea nativa de cerca de 20%, equivalente a 200 árvores por hectare. A madeira útil, obtida no raleamento, foi retirada para uso doméstico na fazenda e outra parte foi vendida. O material restante (folhas e ramos) foi enleirado em cordões perpendiculares ao declive do terreno. Durante o período chuvoso, a parte aérea da leucena foi cortada e a massa verde foi incorporada ao solo. No período seco, a parcela foi utilizada como banco de proteína, onde o rebanho de 20 matrizes ovinas permanecia por uma hora diariamente, pela manhã. Todo o esterco recolhido do aprisco foi aplicado nesta área.

Tratamento Silvipoastoril (SIL): este tratamento é também oriundo do sistema agrossilvipastoril e consiste em uma área (4,8 ha) que foi submetida ao processo de raleamento, preservando-se aproximadamente 38% da cobertura vegetal arbórea. A madeira útil, obtida no raleamento, foi retirada para uso doméstico na fazenda e outra parte foi vendida. O material restante (folhas e ramos) foi picotado e deixado sobre o solo. Esta área serviu para manutenção de um rebanho de 20 matrizes ovinas durante o ano.

Tratamento Agrossilvipastoril Tradicional - 1998

(TRD): tratamento proveniente do sistema tradicional. Neste tratamento, em 1997, uma área de 0,8 ha foi submetida ao desmatamento e à queima dos restos lenhosos e folhosos. A parcela foi cultivada com milho em 1998 e 1999, sendo em seguida deixada em pousio. No período seco, a forragem e os resíduos culturais da área cultivada foram usados para a suplementação alimentar de um rebanho de 10 matrizes ovinas.

Cultivo intensivo (CIN): Este tratamento corresponde ao sistema convencional. Uma parcela de 1,0 ha foi desmatada e queimada, em 1997, e cultivada com milho de 1998 a 2002.

Mata nativa -1 (MN1): área de caatinga nativa do sistema agrossilvipastoril, sendo considerada testemunha. Utilizada por poucos meses no período seco como piquete de manutenção dos animais.

Mata nativa -2 (MN2): área de caatinga nativa, sendo considerada testemunha, sobretudo para o tratamento CIN, porém utilizada como fonte madeireira em anos anteriores.

As propriedades físicas e químicas do solo estão apresentadas na Tabela 1.

Pluviometria

Os dados de precipitação foram colhidos diretamente na área do experimento, por meio de pluviômetro, durante os períodos chuvosos de 2003 e 2004.

Perdas de solo, água, carbono orgânico e nutrientes

A determinação das perdas de solo e água por erosão hídrica foi realizada nos períodos chuvosos de 2003 e 2004, utilizando-se coletores de solo e água instalados em cada tratamento, dentro de uma área delimitada de 30 m². Cada coletor consiste em uma estrutura com abertura de 0,20 m de largura, inserido no solo e acoplado a uma calha móvel que sustenta um saco plástico utilizado para o recolhimento dos sedimentos e água (FRANCO, 2000). Foram instalados seis coletores por unidade experimental, obedecendo-se os seguintes pré-requisitos: comprimento de rampa de 10 m, distância entre coletores de 3 m e declividade entre 7 e 12 cm m⁻¹. A declividade acima de cada coletor foi medida por um clinômetro e expressa em porcentagem.

Tabela 1 - Características físicas e químicas do solo, na camada de 0-6 cm de profundidade, nos tratamentos estudados, em Sobral/CE.

| Variáveis | Tratamentos | | | | | |
|--|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | AGP | SIL | TRD | CIN | MN1 | MN2 |
| Areia grossa (g kg ⁻¹) | 273,7 | 490,8 | 336,6 | 371,9 | 414,1 | 473,2 |
| Areia fina (g kg ⁻¹) | 348,2 | 203,5 | 316,2 | 328,5 | 211,1 | 307,5 |
| Silte (g kg ⁻¹) | 287,1 | 216,9 | 220,3 | 212,7 | 245,2 | 160,8 |
| Argila (g kg ⁻¹) | 105,6 | 75,3 | 97,4 | 90,2 | 130,4 | 63,2 |
| pH em água | 7,3 | 6,7 | 6,9 | 6,8 | 7,0 | 6,4 |
| Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³) | 20,8 | 11,3 | 15,4 | 13,5 | 22,0 | 10,9 |
| Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³) | 4,5 | 2,7 | 4,2 | 2,8 | 6,7 | 2,9 |
| K ⁺ (cmol _c dm ⁻³) | 1,6 | 1,1 | 1,4 | 1,0 | 1,5 | 0,6 |
| Na ⁺ (cmol _c dm ⁻³) | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,1 |
| CTC (cmol _c dm ⁻³) | 27,4 | 17,4 | 22,4 | 19,1 | 32,4 | 17,1 |
| V (%) | 98,7 | 86,7 | 94,4 | 91,6 | 93,7 | 84,8 |
| CO (dag dm ⁻³) | 2,2 | 3,5 | 2,4 | 2,2 | 3,6 | 2,7 |
| P disponível (mg dm ⁻³) | 540,9 | 10,1 | 92,2 | 141,4 | 81,3 | 66,4 |
| Densidade do solo (g cm ⁻³) | 1,42 | 1,46 | 1,52 | 1,49 | 1,41 | 1,55 |

Fonte: Maia (2004). AGP: agrossilvipastoril, SIL: silvipastoril, TRD: tradicional de 1998, CIN: cultivo intensivo em pousio, MN1: Mata Nativa 1, MN2: Mata Nativa 2.

A cobertura do solo no estrato herbáceo foi determinada em junho de 2003 e junho de 2004, acima de cada coletor, pelo método de interseções (FAVERO et al., 2001). O método consiste na colocação de uma rede de barbantes espaçados regularmente sobre a área em que se quer determinar a cobertura. A interseção entre dois barbantes perpendiculares define um ponto e representa uma área, de acordo com o espaçamento utilizado. Conta-se, então, o número de interseções que estão sobre a vegetação, sendo que o somatório desses pontos representa, proporcionalmente, a cobertura do solo. Foi lançado por três vezes, em cada parcela, um quadro de madeira de 0,25 m² contendo uma rede de barbantes espaçados de 5 cm, definindo 100 pontos, sendo a leitura da cobertura feita diretamente em porcentagem.

A cobertura arbórea dos tratamentos AGP, SIL, MN1 e MN2 foi avaliada através da contagem e identificação das famílias e espécies arbóreas em áreas delimitadas de 400 m², sendo calculada a densidade (número de indivíduos em uma unidade de espaço) destas por parcela e por ha, em agosto de 2005.

A água e o solo provenientes do escoamento superficial foram coletados e quantificados e convertidos para kg de solo e litro de água por hectare, através da seguinte fórmula:

· Perda de solo (kg/ha) ou água (l/ha) = (A x Q/P) * LS
onde,

* A = fator de conversão, obtido pela divisão da largura da parcela (m) pela largura do aparelho (0,2m).

* Q = quantidade de solo em quilograma ou água em litro perdido para cada coletor.

* P = área da parcela útil de cada coletor (ha), obtida pelo comprimento da parcela (m) x largura (m) / 10000 m².

* LS = fator da equação de previsão de perdas de solo para a combinação entre o grau de declividade e o comprimento de rampa, obtido através da seguinte equação (Bertoni Lombardi Neto, 1990):

* $LS = 0,00984 C^{0,63} D^{1,18}$ onde,

C = comprimento de rampa (m);

D = grau de declividade (%).

Os teores totais de Ca, Mg, P, K, Na, Fe, Mn, Zn e Cu

foram determinados no solo e na água a partir de uma amostra composta para cada coletor. As amostras de solo foram secas em estufa de circulação forçada de ar a 105 °C por 24 horas. Amostras de 0,4 g de solo e 8 mL de água foram mineralizadas através de 5 e 4 mL, respectivamente, de uma mistura nitro-perclórica (4:1), conforme adaptação de Lim e Jackson (1982). No extrato, os teores de Ca, Mg, Fe, Mn, Zn e Cu foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica; o de K e Na por fotometria de emissão de chama; e o de P, colorimetricamente, de acordo com Embrapa (1999). O teor de carbono orgânico total foi determinado pelo método de Walkley – Black de acordo com Yeomans e Bremner (1988). A partir dos teores de solo e água perdidos em quilograma e litro, respectivamente, calculou-se o conteúdo total de nutrientes perdidos.

Análise estatística

Os resultados de perdas de sedimentos, água e nutrientes foram analisados adotando-se o delineamento inteiramente casualizado em parcelas subdivididas no tempo, com seis repetições, sendo realizada análise de variância e comparações entre médias pelo teste de Tukey, com um nível de significância de 5% de probabilidade.

Utilizou-se o programa estatístico SAEG (Sistema de Análise Estatística e Genética), desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa – MG.

Resultados e Discussão

A fig. 1 apresenta os dados de precipitação média do ano de 2003 e 2004.

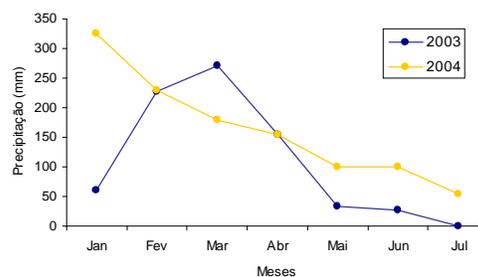


Fig. 1. Médias mensais de precipitação em 2003 e 2004, nos campos experimentais da Embrapa Caprinos e Ovinos, Sobral, CE.

Os valores médios de sedimento, carbono orgânico e nutrientes perdidos do solo devido à erosão hídrica são apresentados na Tabela 2. Dentre as áreas estudadas, a MN1 foi a que apresentou as maiores perdas de

sedimentos para os dois anos (0,55 e 1,37 t.ha⁻¹ para 2003 e 2004, respectivamente), sendo que para o ano de 2003, os resultados não diferiram dos observados

nos demais tratamentos. Em 2004, este tratamento foi significativamente maior em relação aos tratamentos AGP, SIL, CIN e MN2.

Tabela 2. Média das perdas de sedimento, carbono orgânico (CO) e nutrientes, em solos sob erosão hídrica, nos tratamentos, em 2003 e 2004, Sobral/CE.

| Variáveis | Ano | Tratamento | | | | | |
|---------------------------------|------|------------|------------|------------|----------|-----------|------------|
| | | AGP | SIL | TRD | CIN | MN1 | MN2 |
| Sedimento (t ha ⁻¹) | 2003 | 0,30 Aa | 0,15 Aa | 0,37 Aa | 0,11 Aa | 0,56Ab | 0,22Aa |
| | 2004 | 0,44 Ca | 0,18 Ca | 0,70 Bca | 0,15 Ca | 1,37 ABA | 0,47 Ca |
| COT (dag ha ⁻¹) | 2003 | 1407,4 Aa | 607,4 Aa | 1700,1 Aa | 258,0 Aa | 3850,4Ab | 1373,9 Aa |
| | 2004 | 3272,7 CDa | 1378,8 CDa | 5715,1 Ba | 632,0 Da | 8737,3 Ba | 4497,3 CDa |
| P (dag ha ha ⁻¹) | 2003 | 18,2 Aba | 7,0 Ba | 19,9 Aba | 3,0 Ba | 36,9 Aa | 13,7 Aba |
| | 2004 | 11,9 BCa | 3,1 Ca | 16,1 ABCa | 0,8 Cb | 33,0 ABA | 15,4ABCa |
| K (dag ha ha ⁻¹) | 2003 | 148,9 Aa | 33,3 Aa | 263,5 Aa | 13,3 Aa | 279,3 Aa | 71,3 Ab |
| | 2004 | 190,8 BCDA | 58,1 Da | 364,4ABCa | 83,6 CDb | 603,6 Aa | 158,0 BCDA |
| Ca (dag ha ha ⁻¹) | 2003 | 80,3 Aa | 17,4 Aa | 63,2 Ab | 47,3 Aa | 361,4 Ab | 118,4 Aa |
| | 2004 | 311,3 CDa | 103,1 CDa | 437,9 BCa | 24,4 Da | 843,6 Ba | 345,3 CDa |
| Mg (dag ha ha ⁻¹) | 2003 | 115,9 Aa | 37,2 Aa | 180,2 Aa | 9,8 Aa | 227,4 Ab | 46,8 Aa |
| | 2004 | 216,8 BCa | 56,8 Ca | 432,4ABCa | 13,7 Ca | 850,6 Aa | 120,7 Bca |
| Na (dag ha ha ⁻¹) | 2003 | 17,9 Aa | 6,9 Aa | 19,6 Aa | 8,4 Aa | 38,0 Ab | 12,2 Aa |
| | 2004 | 21,3 Ba | 6,7 Ba | 16,7 Bca | 9,5 Ba | 116,8 Aa | 24,7 Ba |
| Fe (dag ha ha ⁻¹) | 2003 | 946,0 Aa | 494,6 Aa | 1327,0 Aa | 134,5 Aa | 2055,5Ab | 375,3 Aa |
| | 2004 | 1399,2 Ca | 625,1 Ca | 2558,0 Bca | 135,9 Ca | 5100,4 Aa | 751,7 Ca |
| Zn (dag ha ha ⁻¹) | 2003 | 38,8 ABA | 13,8 Ba | 42,7 Aba | 8,2 Aa | 78,8 Bb | 37,7 Aba |
| | 2004 | 36,5 Ba | 17,8 Ba | 57,7 Ba | 7,6 Bb | 113,4 Aa | 50,9 Ba |
| Mn (dag ha ha ⁻¹) | 2003 | 13,1 Aa | 5,2 Aa | 21,2 Aa | 3,0 Aa | 32,7 Ab | 8,5 Aa |
| | 2004 | 21,8 Ca | 7,7 Ca | 36,9 Bca | 4,7 Ca | 77,8 ABA | 19,4 Ca |
| Cu* (dag ha ha ⁻¹) | - | 0,6 | 1,9 | 15,1 | 8,4 | 3,9 | 1,2 |

AGP: agrossilvipastoril, SIL: silvipastoril, TRD: tradicional de 1998, CIN: cultivo intensivo em pousio, MN1: Mata nativa 1, MN2: Mata nativa 2. *valores médios dos anos de 2003 e 2004.

Para as perdas de água devido à erosão hídrica, não foram observadas diferenças entre os tratamentos no primeiro ano, sendo os maiores valores encontrados nos tratamentos TRD (0,64 % de água) e CIN (0,51 % de água), no segundo ano (Tabela 3).

O tratamento AGP apresentou, em média, as menores perdas de solo e água. A menor cobertura do solo observada no início das chuvas (janeiro) foi compensada pela presença do estrato arbóreo, pelo plantio entre leiras e pela evolução da cobertura vegetal, fatores

Tabela 3. Média das perdas de água, carbono orgânico (CO) e nutrientes, em águas de erosão hídrica, nos tratamentos, em 2003 e 2004, Sobral/CE.

| Variáveis | Ano | Tratamentos | | | | | |
|-----------------------------|------|-------------|-----------|------------|------------|-----------|-----------|
| | | AGP | SIL | TRD | CIN | MN1 | MN2 |
| Água (% chuva) | 2003 | 0,04 Ab | 0,04 Aa | 0,43 Ab | 0,27 Ab | 0,29Aa | 0,10Aa |
| | 2004 | 0,16 CDa | 0,07 Da | 0,64 Aa | 0,51 Aba | 0,33BCa | 0,13 Cda |
| COT (dag ha ⁻¹) | 2003 | 21,45 Ab | 10,95 Aa | 58,33 Ab | 38,61 Ab | 130,08 Ab | 63,75 Aa |
| | 2004 | 482,55 ABCa | 56,35 Ca | 709,37 Aba | 353,61 BCa | 883,47 Aa | 126,38 Ca |
| Mg (dag ha ⁻¹) | 2003 | 1,60 Ab | 1,70 Aa | 11,90 Ab | 6,20 Aa | 13,60 Ab | 4,80 Aa |
| | 2004 | 42,89 Ba | 11,30 Ba | 107,02 Aa | 37,13 Ba | 110,37 Aa | 14,94 Ba |
| Na (dag ha ⁻¹) | 2003 | 4,40 Ca | 3,80 Ca | 41,10 Aa | 29,2 Aba | 34,10 ABa | 15,8 Bca |
| | 2004 | 25,76 Aa | 9,58 Aa | 78,21 Ab | 47,81 Ab | 34,37 Ab | 11,58 Ab |
| Fe (dag ha ⁻¹) | 2003 | 0,30 Ab | 0,10 Aa | 2,10 Ab | 2,50 Aa | 2,6 Ab | 0,80 Aa |
| | 2004 | 191,59 BCa | 60,23 BCa | 330,90 Ba | 28,00 Ca | 680,20 Aa | 82,05 Bca |
| Cu (dag ha ⁻¹) | 2003 | 0,20 Ba | 0,60 Ba | 7,20 Aa | 4,00 Aba | 1,40 Ba | 0,60 Ba |
| | 2004 | 0,49 Aa | 0,26 Aa | 2,70 Ab | 0,57 Ab | 2,05 Aa | 0,22 Aa |
| Zn (dag ha ⁻¹) | 2003 | 0,20 Bb | 0,20 Ba | 2,10 Ab | 1,20 Abb | 0,70 ABb | 0,60 Ba |
| | 2004 | 5,05 Ba | 2,12 Ba | 11,65 Aa | 10,94 Aa | 12,38 Aa | 3,61 Ba |
| P (dag ha ⁻¹)* | - | 1,55 B | 0,65 B | 5,7 A | 3,03 AB | 3,20 AB | 1,85 B |
| K (dag ha ⁻¹)* | - | 32,95 C | 14,80 C | 110,70 A | 32,00 BC | 92,75 AB | 24,00 C |
| Ca (dag ha ⁻¹)* | - | 57,40 B | 22,40 B | 187,35 A | 136,15 AB | 163,00 A | 47,90 B |
| Mn (dag ha ⁻¹)* | - | 1,55 C | 0,55 C | 2,40 A | 1,70 C | 4,95 AB | 1,05 C |

AGP: agrossilvipastoril, SIL: silvipastoril, TRD: tradicional de 1998, CIN: cultivo intensivo em pousio, MN1: Mata nativa 1, MN2: Mata nativa 2. * valores médios dos anos de 2003 e 2004. Valores seguidos de mesma letra (maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas) não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

que interferiram positivamente na retenção do solo e água nesta área.

No geral, as perdas de solo e água foram baixas em todos os tratamentos estudados, quando comparadas a outros sistemas de exploração agrícola, inclusive ao plantio direto, prática reconhecidamente eficiente no controle da erosão hídrica. Melo Filho e Silva (1993) encontraram em um solo Podzólico Vermelho-Amarelo, no Ceará, sob plantio direto, perdas de solo de 3,1 t.ha⁻¹.ano⁻¹ e 38,6 % da água. Utilizando a mesma metodologia adotada no presente estudo, Franco et al. (2002) avaliaram 11 SAFs na zona da mata de Minas Gerais e observaram perdas de solo que variaram de 6,8 a 578,5 kg.ha⁻¹.ano⁻¹. Percebe-se, portanto, que os SAFs avaliados neste trabalho mostraram-se extremamente eficientes no controle da erosão

Vários fatores podem influenciar a perda de solo e água em processos erosivos. A proteção do solo gerada pela cobertura vegetal do estrato herbáceo e arbóreo estão entre eles.

A Tabela 4 apresenta a densidade das espécies arbóreas observadas nos tratamentos AGP, SIL, MN1 e MN2. As matas nativas apresentam a maior quantidade de árvores, quando comparadas com os demais tratamentos. Esta diferença se deve às operações de raleamento efetuadas nos tratamentos AGP e SIL.

A composição florística dos tratamentos é apresentada na Tabela 5. O pau-branco (*Auxemma oncocalyx*), espécie muito encontrada na região, foi expressivo dentro das áreas avaliadas.

Tabela 4. Densidade das espécies arbóreas observadas nos tratamentos AGP, SILV, MN1 e MN2, em 2005, Sobral/CE.

| Tratam. | Parcela | nº espécie/parcela | | nº indivíduos/parcela | | nº espécie/ha | |
|---------|---------|--------------------|-------|-----------------------|-------|---------------|--------|
| | | Total | Média | Total | Média | Total | Média |
| AGP | 1 | 7,0 | | 9,0 | | 225,0 | |
| | 2 | 5,0 | 5,7 | 6,0 | 6,0 | 150,0 | 150,0 |
| | 3 | 5,0 | | 3,0 | | 75,0 | |
| SIL 1 | 1 | 4,0 | | 8,0 | | 200,0 | |
| | 2 | 3,0 | 3,3 | 7,0 | 6,7 | 175,0 | 166,7 |
| | 3 | 3,0 | | 5,0 | | 125,0 | |
| MN1 | 1 | 5,0 | | 75,0 | | 1850,0 | |
| | 2 | 5,0 | 5,0 | 98,0 | 69,3 | 2450,0 | 1725,0 |
| | 3 | 5,0 | | 35,0 | | 875,0 | |
| MN2 | 1 | 7,0 | | 96,0 | | 2400,0 | |
| | 2 | 6,0 | 6,7 | 132,0 | 132,0 | 3300,0 | 3375,0 |
| | 3 | 7,0 | | 177,0 | | 4425,0 | |

AGP: agrossilvipastoril, SIL: silvipastoril, MN1: Mata nativa 1, MN2: Mata nativa 2.

hídrica. Cogo et al. (2003) verificaram que a semeadura direta e o preparo mínimo do solo para o plantio de soja, quando comparados com o convencional, reduziram as perdas de solo (0,27; 0,41 e 1,71 t.ha⁻¹.ano⁻¹) e água (4,6; 6,0 e 12,0 mm). Resultados semelhantes foram encontrados por Bertol et al. (2007).

Para os resultados encontrados no tratamento MN1, a relação entre o estrato de vegetação arbórea e a cobertura vegetal do estrato herbáceo parece ser uma justificativa ao observado. Esta era uma área de caatinga nativa preservada, com alta densidade de

árvores e também elevada capacidade de rebrotação no início da estação chuvosa. Nesta área foram observadas cerca de 1.725 espécies arbóreas por hectare (Tabela 4), sendo estas distribuídas dentro de cinco famílias botânicas. Dentre as espécies arbóreas encontradas, as mais representativas foram o sabiá (*Mimosa Caesalpiniae folia Bent.*) da família Mimosoidea (47,82%) e o Pau-branco (*Auxemma oncocalyx*) (34,3%) da família Boraginaceae (Tabela 5). No geral, são espécies em avançado estágio de desenvolvimento que no período chuvoso geram uma cobertura que restringe a passagem da radiação solar, o que se reflete no desenvolvimento da vegetação herbácea. Acrescido a isso, a cobertura rasteira do solo, proporcionada pelo estrato herbáceo, nesta situação foi em média de 30,0% e 12,0% no final do período chuvoso, para os dois anos estudados, sendo a menor entre os tratamentos avaliados (Tabela 6).

Segundo Seganfredo et al. (1997), entre as diversas variáveis que interferem no processo de erosão, a cobertura vegetal é o fator isolado que exerce maior influência. Entretanto, a extensão dessa proteção depende do tipo de planta, de folhas e raízes. Para Bertol et al. (2006), a manutenção da superfície do solo coberta constitui uma forma de manejo para redução da taxa de perda de solo por erosão hídrica. Santos et al. (2007), avaliando a perda de solo e carbono orgânico em diferentes formas de manejo do solo, campo nativo e solo descoberto, no bioma caatinga, encontraram menores perdas de solo e carbono nos tratamentos que possuíam maiores porcentagens de cobertura vegetal, no caso, o campo nativo, com 100%. Schaefer et al. (2002), estudando perdas de solo, nutrientes e matéria orgânica em sistemas com diferentes porcentagens de cobertura (0, 20, 40, 80 e 100%), sob chuva simulada, em

Tabela 5. Composição florística dos tratamentos AGP, SILV, MN1 e MN2, em 2005, Sobral/CE.

AGP

| Nome Regional | Nome Específico | Família | n° ind | | | | Média | % |
|------------------------------------|---|------------------|----------|----------|----------|-------------|-------|---|
| | | | P1 | P2 | P3 | | | |
| Camaru | <i>Torresea cearensis Allem.</i> | Papilionoideae | 1 | 0 | 0 | 0,33 | 5,50 | |
| Frei Jorge | <i>Cordia alliodora Cham.</i> | Boraginaceae | 0 | 0 | 1 | 0,33 | 5,50 | |
| Juca | <i>Caesalpinia ferrea Mart</i> | Caesalpinioideae | 2 | 1 | 0 | 1,00 | 17,00 | |
| Mandacaru | <i>Cereus jamacaru P. DC.</i> | Cactaceae | 0 | 1 | 0 | 0,33 | 5,50 | |
| Mororó | <i>Bauhinia forficata Link</i> | Caesalpinioideae | 1 | 0 | 0 | 0,33 | 5,50 | |
| Pau branco | <i>Auxemma oncocalyx (Allem.) Baill</i> | Boraginaceae | 4 | 4 | 1 | 3,00 | 50,00 | |
| Pereiro | <i>Aspidosperma pirifolium</i> | Apocynaceae | 0 | 0 | 1 | 0,33 | 5,50 | |
| Sabiá | <i>Mimosa caesalpiniiifolia Benth</i> | Mimosoideae | 1 | 0 | 0 | 0,33 | 5,50 | |
| N° ind parcela⁻¹ | | | 9 | 6 | 3 | 6,00 | | |

SILV

| Nome Regional | Nome Específico | Família | n° ind | | | | Média | % |
|------------------------------------|------------------------------------|------------------|----------|----------|----------|-------------|-------|---|
| | | | P1 | P2 | P3 | | | |
| Frei Jorge | <i>Caesalpinia bracteosa</i> | Casealpinioideae | 5 | 2 | 2 | 3,00 | 44,98 | |
| Jurema Branca | <i>Pithecellobium sp</i> | Mimosoideae | 1 | 0 | 0 | 0,33 | 4,95 | |
| Pau branco | <i>A. oncocalyx (Allem.) Baill</i> | Boraginaceae | 1 | 3 | 3 | 2,33 | 34,93 | |
| Sabiá | <i>M. caesalpiniiifolia Benth</i> | Mimosoideae | 1 | 2 | 0 | 1,00 | 14,99 | |
| N° ind parcela⁻¹ | | | 8 | 7 | 5 | 6,67 | | |

continua...

Continuação.

MN1

| Nome Regional | Nome Específico | Família | n° ind | | | | Média | % |
|------------------------------------|------------------------------------|------------------|-----------|-----------|-----------|--------------|-------|---|
| | | | P1 | P2 | P3 | | | |
| Catingueira | <i>Caesalpinia bracteosa</i> | Caesalpinioideae | 3 | 1 | 0 | 1,33 | 1,93 | |
| João mole | <i>Cordia insignis</i> Cham | Boraginaceae | 0 | 0 | 1 | 0,33 | 0,48 | |
| Mufunbo | <i>Cobretum leprosum</i> Mart. | Combretaceae | 9 | 6 | 11 | 8,67 | 12,56 | |
| Pau branco | <i>A. oncocalyx</i> (Allem.) Baill | Boraginaceae | 33 | 20 | 18 | 23,67 | 34,30 | |
| Pinhão bravo | <i>Jatropha pohlian</i> Müell Arg. | Euphorbiaceae | 3 | 2 | 1 | 2,00 | 2,90 | |
| Sabiá | <i>M. caesalpiniiifolia</i> Benth | Mimosoideae | 26 | 69 | 4 | 33,00 | 47,82 | |
| N° ind parcela⁻¹ | | | 74 | 98 | 35 | 69,00 | | |

MN2

| Nome Regional | Nome Científico | Família | n° ind | | | | Média | % |
|------------------------------------|---------------------------------------|------------------|-----------|------------|------------|------------|-------|---|
| | | | P1 | P2 | P3 | | | |
| Biratanha | - | - | 0 | 0 | 1 | 0,33 | 0,24 | |
| Catingueira | <i>Caesalpinia bracteosa</i> | Caesalpinioideae | 3 | 10 | 5 | 6,00 | 4,44 | |
| Cumarú | <i>Torresea cearensis</i> Allem. | Papilionoideae | 1 | 0 | 1 | 0,67 | 0,50 | |
| Juca | <i>Caesalpinia ferr a Mart</i> | Caesalpinioideae | 0 | 2 | 0 | 0,67 | 0,50 | |
| Marmeleiro | <i>Croton sonderianus</i> Müell. Arg. | Euphorbiaceae | 10 | 36 | 88 | 44,67 | 33,09 | |
| Mororó | <i>Baunhinia forficata</i> Link | Caesalpinioideae | 1 | 0 | 0 | 0,33 | 0,24 | |
| Mufunbo | <i>Cobretum leprosum</i> Mart. | Combretaceae | 5 | 10 | 21 | 12,00 | 8,89 | |
| Pau branco | <i>A. oncocalyx</i> (Allem.) Baill | Boraginaceae | 73 | 69 | 57 | 66,33 | 49,13 | |
| Sabiá | <i>M. caesalpiniiifolia</i> Benth | Mimosoideae | 3 | 5 | 4 | 4,00 | 2,96 | |
| N° ind parcela⁻¹ | | | 96 | 132 | 177 | 135 | | |

AGP: agrossilvipastoril, SIL: silvipastoril, MN1: Mata nativa 1, MN2: Mata nativa 2; P1, P2 e P3: parcelas 1,2 e 3, respectivamente.

Viçosa (MG), observaram que as perdas totais de solo variaram entre a 11 e 13,2 t ha⁻¹ nos tratamentos com coberturas entre 0 e 40%, enquanto que nos tratamentos com 80% e 100% de cobertura as perdas foram de 5,2 e 0 t ha⁻¹, respectivamente. As áreas com 0% de cobertura tiveram perdas de P, K, Ca, Mg e matéria orgânica em torno de 79,8; 79,8; 77,1; 76,4 e 71,3%, respectivamente, sendo maiores quando comparadas às áreas com 80% de cobertura.

Vários trabalhos evidenciam a eficiência da vegetação herbácea, da serrapilheira e dos restos culturais no controle da erosão (MELO FILHO; SILVA, 1993; SEGANFREDO et al. 1997; YOUNG, 1999; SCHAEFER et al., 2002). Por outro lado, alguns pesquisadores (BRANDT, 1989; BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990; ERSKINE, 1991) ponderam a possibilidade da cobertu-

ra das árvores aumentar a erosão. As gotas de chuva que são retidas pela copa das árvores tendem a se unir, formando outras de maior massa. A queda destas gotas de alturas superiores a 7 metros é suficiente para atingirem uma velocidade terminal semelhante de quando estão em queda livre, sem serem subdivididas pelo atrito do ar, atingindo no máximo cinco ou seis milímetros de diâmetro (HUDSON, 1995). Em alturas inferiores a 7 metros, a velocidade das gotas será proporcional ao seu peso (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990).

É provável que no tratamento MN1, a combinação entre a cobertura proporcionada pela copa das árvores e seus potenciais efeitos sobre as gotas de chuva, e principalmente a reduzida proteção do solo por parte do estrato herbáceo (Tabela 6), tenha sido a principal

causa da maior erosão nesta área. Essa relação existente entre perda de solo e água com a cobertura do solo é evidenciada quando se avaliam os resultados encontrados no tratamento MN2 que, assim como o tratamento MN1, foi uma área de vegetação nativa da caatinga, porém, apresentando maior cobertura herbácea. Para esta área houve menor perda de solo e água, comparado com MN1 (Tabelas 2 e 3). Outro

0,1t.ha⁻¹ de solo e 14,0 mm de água, havendo, porém, perdas anuais de solo da ordem de 0,9 t.ha⁻¹.

A declividade do solo é outro fator que influencia a erosão, uma vez que irá interferir na velocidade da enxurrada. A Tabela 7 mostra as declividades do solo acima de cada coletor de sedimentos e água, nos diferentes tratamentos.

Tabela 6. Cobertura vegetal herbácea (CV) expressa em porcentagem para cada coletor de sedimentos e água, em 2003 e 2004, Sobral/CE.

| Tratamento | Ano | Coletores | | | | | | |
|------------|------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| AGP | 2003 | 92,0 | 95,0 | 97,0 | 96,0 | 95,0 | 95,0 | 95,0 |
| | 2004 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 97,0 | 98,0 | 100,0 | 99,0 |
| SIL | 2003 | 44,0 | 67,0 | 60,0 | 65,0 | 66,0 | 61,0 | 61,0 |
| | 2004 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| TRD | 2003 | 90,0 | 94,0 | 97,0 | 22,0 | 17,0 | 64,0 | 64,0 |
| | 2004 | 65,0 | 40,0 | 15,0 | 74,0 | 13,0 | 90,0 | 50,0 |
| CIN | 2003 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| | 2004 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| MN1 | 2003 | 27,0 | 13,0 | 20,0 | 13,0 | 75,0 | 30,0 | 30,0 |
| | 2004 | 17,0 | 13,0 | 16,0 | 17,0 | 5,0 | 5,0 | 12,0 |
| MN2 | 2003 | 57,0 | 54,0 | 44,0 | 50,0 | 34,0 | 57,0 | 49,0 |
| | 2004 | 89,0 | 33,0 | 18,0 | 10,0 | 30,0 | 17,0 | 33,0 |

AGP: agrossilvipastoril, SILV: silvipastoril, TRD: tradicional de 1998, CIP: cultivo intensivo em pouso, MN1: Mata nativa 1, MN2: Mata nativa 2.

fator que pode ter causado esta diferença entre as áreas de mata nativa é o tipo e/ou estágio de desenvolvimento das árvores existentes em cada área. Apesar da cobertura arbórea da área MN2 ser em média 3.375 árvores por hectare (Tabela 4), distribuídas dentro de sete famílias botânicas (Tabela 5), há o domínio de apenas duas espécies, representando mais de 82% do total observado: Pau-branco (*Auxemma oncocalyx*), com 49,13%, seguida do Marmeleiro (*Crotom sonderianus*), com 33,09%. Estas espécies, na sua maioria, encontram-se em estádios iniciais de desenvolvimento, indicando que esta área passa por um processo de recuperação.

Os resultados do tratamento MN1 são semelhantes aos encontrados por Albuquerque et al. (2001), em um solo Luvisolo também sob vegetação de caatinga nativa no Estado da Paraíba. Estes autores observaram, em oito anos de avaliações, uma perda média de

Tabela 7. Declividade (cm m⁻¹) das áreas sob cada coletor de sedimentos e água, nos diferentes tratamentos, em 2003 e 2004, Sobral/CE.

| Tratamentos | Coletores | | | | | |
|-------------|-----------|------|------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| AGP | 7,0 | 7,0 | 8,0 | 9,0 | 8,0 | 9,0 |
| SIL | 7,0 | 7,0 | 8,0 | 7,0 | 8,0 | 8,0 |
| TRD | 11,0 | 10,0 | 10,0 | 11,0 | 12,0 | 12,0 |
| CIN | 12,0 | 12,0 | 10,0 | 12,0 | 12,0 | 12,0 |
| MN1 | 10,0 | 12,0 | 12,0 | 10,0 | 12,0 | 12,0 |
| MN2 | 12,0 | 12,0 | 10,0 | 12,0 | 9,0 | 10,0 |

*AGP: agrossilvipastoril, SILV: silvipastoril, TRD: tradicional de 1998, CIP: cultivo intensivo em pouso, MN1: Mata nativa 1, MN2: Mata nativa 2.

Considerando a declividade do terreno, a cobertura herbácea do solo e a presença de árvores, nota-se nos tratamentos SIL e CIN, onde no ano de 2004 apresentaram 100% de cobertura herbácea, que houve reduzida perda de solo, confirmando a importância da proteção do solo no controle da erosão. Entretanto, houve maior perda de água para o CIN, mostrando que a presença de árvores poderia estar interferindo positivamente na capacidade de absorção de água do terreno. Embora estando CIN e SIL em declividades diferentes, MN2 situava-se em condições semelhantes de terreno ao CIN, apresentando ainda menor cobertura herbácea que este. Ainda assim, apresentou reduzida perda de água, confirmando essa influência positiva das árvores. Autores relatam a influência das raízes das árvores no solo (NAIR, 1993; BRUNNER; GODBOLD, 2007).

Apesar das menores perdas de solo encontradas no tratamento CIN, cabe ressaltar que no período da coleta dos dados (janeiro a junho de 2003 e 2004), este tratamento estava sob pousio há cerca de cinco e dezessete meses, para os anos 2003 e 2004, respectivamente. Constatou-se, nesta área, uma alta frequência de gramíneas do gênero *Andropogon*, representando uma eficiente cobertura do solo capaz de proporcionar redução das perdas provocadas pela erosão. Portanto, os resultados obtidos não retratam as reais perdas ocorridas durante os cinco anos de cultivo intensivo a que esta área foi submetida, mas um reflexo do manejo adotado. Estando em pousio, o crescimento espontâneo da vegetação promoveu uma cobertura de 100% do solo. Comparado com o cultivo tradicional (TRD), isto provavelmente foi a causa da redução da perda de água e solo, confirmando a importância da cobertura do solo sobre a erosão hídrica.

As perdas de carbono orgânico (CO) e nutrientes mostraram a mesma tendência que as perdas de solo e água (Tabelas 2 e 3), sendo os tratamentos MN1 e TRD os que apresentaram as maiores perdas. Entretanto, ambas foram reduzidas. Estes resultados estão em concordância com outros estudos (GREGORICH et al., 1998; CASSOL et al., 2002; BERTOL et al., 2006; SANTOS et al. 2007). Os valores de Cobre perdidos nos sedimentos, e de P, K, Ca e Mn perdidos na água, não apresentaram interações entre os dois anos estudados.

No solo, o CO foi o constituinte perdido em maior quantidade em todos os tratamentos, concordando com Gregorich et al. (1998) e Schick et al. (2000), devido ao seu alto teor no solo e, ainda, por ser removido mais facilmente pela erosão, tendo em vista sua baixa densidade. Estando a matéria orgânica presente nas camadas mais superficiais, e apresentando baixa densidade, isto denota o caráter seletivo da erosão hídrica que, ao carregar as partículas mais finas, conduz a fração mais fértil do solo (POMIANOSKI, 2005 citado por SANTOS et al., 2007).

As perdas de nutrientes e CO, através da erosão, contribuem para o empobrecimento e degradação do horizonte superficial do solo ao longo dos anos (FRANCO et al., 2002). Desta forma, dentre os sistemas de manejo avaliados, o AGP e o SIL foram os que apresentaram maior potencial como alternativa para minimizar o efeito do processo de degradação do solo, uma vez que nestes sistemas as perdas totais de nutrientes e carbono orgânico foram menores.

Conclusões

Os tratamentos que incluíam árvores, ou seja, os que indicavam sistemas agroflorestais, foram eficientes no controle da erosão hídrica.

A manutenção da cobertura do solo, o plantio entre leiras e a presença de árvores no sistema ajudaram na retenção de solo e água durante o período das chuvas.

Os tratamentos SIL e AGP apresentaram menores perdas totais de nutrientes e carbono orgânico, podendo ser indicados como práticas a serem adotadas na região semi-árida brasileira.

Referências

- 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). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 1, p.121-128, 2001.
- ARAÚJO FILHO, J. A. de. O bioma Caatinga. In: SOBRINHO, J. F.; FALCÃO, C. L. da C. (Org). **Semi-árido: diversidade, fragilidade e potencialidades**. Sobral: Sobral Gráfica, 2006. Cap. 4, p. 49-70.

ARAÚJO FILHO, J. A. de; CARVALHO, F. C. Sistemas de produção agrossilvipastoril para o semiárido nordestino. In: CARVALHO, M. M.; ALVIM, M. J.; CARNEIRO, J. C. (Ed.). **Sistemas agroflorestais pecuários: opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais**. Juiz de Fora, MG: Embrapa Gado de Leite, 2001. p.101-110.

ARAÚJO FILHO, J. A.; HOLANDA JÚNIOR, E. V.; SILVA, N. L. da; SOUSA, F. B. de; FRANÇA, F. M. Sistema agrossilvipastoril Embrapa Caprinos. In: LIMA, G. F. da C.; HOLANDA JÚNIOR, E. V.; MACIEL, F. C.; BARROS, N. N.; AMORIM, M. V.; CONFESSOR JÚNIOR, A. A. (Org.). **Criação familiar de caprinos e ovinos no Rio Grande do Norte: orientações para viabilidade do negócio rural**. Natal: EMATER-RN; EMPARN; Embrapa Caprinos, 2006. Cap.7. p. 193-210.

ARAÚJO NETO, R. B. de. **Efeito do pastejo por ovinos sobre a composição florística da vegetação herbácea de uma caatinga raleada**. 1990. 106 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

BERTOL, I.; COGO, N. P.; SCHICK, J.; GUDAGNIN, J.C.; AMARAL, A. J. Aspectos financeiros relacionados às perdas de nutrientes por erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 1, p. 133-142, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v31n1/14.pdf>> Acesso em: 07/07/2008.

BERTOL, I.; MELLO, E. L.; COGO, N. P.; VÁZQUEZ, E. V.; GONZÁLEZ, A. P. Parâmetros relacionados com a erosão hídrica sob taxa constante da enxurrada, em diferentes métodos de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 4, p. 715-722, 2006. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v30n4/12.pdf>> Acesso em: 07/07/2008.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 3 ed. São Paulo: Ícone, 1990. 355 p.

BRANDT, C. J. The size distribution of throughfall drops under vegetation canopies. **Catena**, v. 16, n. 4/5, p. 507-524, 1989.

BRUNNER, I.; GODBOLD, D. L. Tree roots in a changing world. **Journal of Forest Research**, v. 12, n. 2, p.78-82, 2007.

CARVALHO, F. C. Estado da arte, do conhecimento e da prática dos sistemas agroflorestais pecuários na região semi-árida do nordeste brasileiro. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006, João Pessoa. **Anais dos simpósios**. João Pessoa: Sociedade Brasileira de Zootecnia: UFPB, 2006. p. 424-441.

CASSOL, E. A.; LEVIEN, R.; ANGHINONI, I.; BADELUCCI. Perdas de nutrientes por erosão em diferentes métodos de melhoramento da pastagem nativa no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v 26, n.3, p. 705-712, 2002.

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

DANIEL, O.; COUTO, L.; SILVA, E.; PASSOS, C. A. M.; JUCKSCH, I.; GARCIA, R. Sustentabilidade em sistemas agroflorestais: indicadores socioeconômicos. **Ciência Florestal**, v. 10, n. 1, p.159-175, 2000.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. EMBRAPA Solos, EMBRAPA Informática Agropecuária, Brasília, 1999, 370p.

ERSKINE, J. M. Agroforestry: Its development as a sustainable, productive land-use system for low-resource farmers in southern Africa. **Forest Ecology and Management**, v. 45, n. 1/4, p. 281-291, 1991.

FAVERO, C.; JUCKSCH, I.; ALVARENGA, R. C.; COSTA, L. M. Modificações na população de plantas espontâneas na presença de adubos verdes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n. 11, p. 1355-1362, 2001.

FRANCO, F. S. **Sistemas agroflorestais: uma contribuição para a conservação dos recursos naturais na zona da mata de Minas Gerais**. 2000. 147 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

FRANCO, F. S.; COUTO, L.; CARVALHO, A. F. de; JUCKSCH, I.; FERNANDES FILHO, E. I.; SILVA, E.; MEIRA NETO, J. A. A. Quantificação da erosão em sistemas agroflorestais e convencionais na zona da

mata de Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 26, n. 6, p. 751-760, 2002.

FRANZEL, S., COE, R., COOPER, P., PLACE, F., SCHERR, S.J. Assessing the adoption potential of agroforestry practices in sub-Saharan Africa. **Agricultural Systems**, v. 69, n. 1/2, p. 37-62, 2001.

GREGORICH, E.G.; GREER, K. J.; ANDERSON, D. W.; LIANG, B. C. Carbon distribution and losses: erosion and deposition effects. **Soil and Tillage Research**, v. 47, n. 3/4, p. 291-302, 1998. Disponível em http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleListURL_method=list_ArticleListID=764716714_sort=dview=c_acct=C000012878_version=1_urlVersion=0_userid=4353287md5=07e49804957584d4f4b72863fff5c421. Acesso em: 01/07/2008.

HUDSON, N. The physics of rainfall. In: HUDSON, N. **Soil Conservation**. 3 ed. Ames: Iowa State University Press, 1995. Cap. 3, p. 55-68.

LIM, H. C.; JACKSON, M. L. Dissolution for total elemental analysis. In: PAGE, A. L., MILLER, R. H. KEENEY, D. R (Ed). **Methods of soil analysis: chemical and microbiological properties**. 2. ed. Madison; Soil Science Society of America; American Society of Agronomy, 1982. pt. 2, p. 1-12.

MAIA, S. M. F. **Compartimentos da matéria orgânica e perdas de solo e água em sistemas agroflorestais e convencional no trópico semi-árido cearense**. 2004. 87 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

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. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 17, n. 2, p. 291-297, 1993.

NAIR, P. K. R. **An introduction to agroforestry**. Dordrecht: Kluwer, 1993. 499 p.

RIBEIRO, S. C.; CHAVES, H. M. L.; JACOVINE, L. A. G.; SILVA, M. L.da S. Estimativa do abatimento de erosão aportado pro um sistema agrossilvipastoril e sua contribuição econômica. **Revista Árvore**, v. 31, n. 2, p. 285-293, 2007.

SANTOS, T. E. M.dos; MONTENEGRO, A. A. A.; SILVA, E. F. F.; LIMA NETO, J. de A. Perdas de carbono orgânico, potássio e solo em Neossolo Flúvico sob diferentes sistemas de manejo no semi-árido. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 2, n. 2, p. 143-149, abr./jun., 2007.

SCHAEFER, C. E. R.; SILVA, D. D.; PAIVA, K. W. N.; PRUSKI, R. R.; ALBUQUERQUE FILHO, M. R.; ALBUQUERQUE, M. A. Perdas de solo, nutrientes, matéria orgânica e efeitos microestruturais em Argissolo Vermelho-Amarelo sob chuva simulada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37 n. 5, p. 669-678, 2002.

SCHICK, J.; BERTOL, I.; BALBINOT JÚNIOR, A. A.; BATISTELA, O. Erosão hídrica em cambissolo húmico alumínico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo: II. Perdas de nutrientes e carbono orgânico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 4, p. 437-447, 2000.

SEGANFREDO, M. L.; ELTZ, F. L. F.; BRUM, A. C. R. Perdas de solo, água e nutrientes por erosão em sistemas de culturas em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, n. 3, p. 287-291, 1997.

SILVA, P. C. G. da; GUIMARÃES FILHO, C. Eixo tecnológico da ecorregião Nordeste. In: SOUSA, I. S. F. de (Ed.). **Agricultura familiar na dinâmica da pesquisa agropecuária**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. Cap. 3. p. 109-161.

SOUZA, M. J. N. de. Contexto geoambiental do semi-árido do Ceará: problemas e perspectivas. In: FALCÃO SOBRINHO, J.; FALCÃO, C. L. da C. (Org.). **Semi-árido: diversidade, fragilidades e potencialidades**. Sobral: Sobral Gráfica, 2006. Cap 2. p.14-33.

YEOMANS, J. C. BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 19, p. 1467-1476, 1988.

YOUNG, A. **Agroforestry for soil management**. 2.ed. Oxon, Uk: Cab International, 1999. 320 p.

**Circular
Técnica, 37
On line**

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:

Embrapa Caprinos

Endereço: Estrada Sobral/Groaíras, km 04, Cx

Postal. 145, CEP 62.010-970 - Sobral/Ceará

Fone: (0xx88) 3112-7400

Fax: (0xx88) 3112-7455

Home Page: www.cnpc.embrapa.br

SAC: www.cnpc.embrapa.br/sac.htm

1ª edição (Novembro/2008)



Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento



**Comitê de
publicações**

Presidente: Lúcia Helena Sider

Secretário-Executivo: *Diônes Oliveira Santos*

Membros: *Alexandre César Silva Marinho, Carlos José Mendes Vasconcelos, Fernando Henrique M.A.R.*

Albuquerque, Jorge Luiz de Sales Farias, Leandro Silva Oliveira, Mônica Matoso Campanha, Tânia Maria Chaves, Campelo e Verônica Vasconcelos Freire.

Expediente

Supervisão editorial: *Alexandre César Silva Marinho.*

Revisão de texto: *Carlos José Mendes Vasconcelos.*

Editoreção eletrônica: *Alexandre César Silva Marinho.*

Normalização bibliográfica: *Tânia Maria Chaves Campelo.*