

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS – CAV
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
MESTRADO EM CIÊNCIA DO SOLO

EDERSON GOBBI

EROSÃO HÍDRICA EM POMAR DE MAÇÃ SOB DIVERSAS FORMAS
DE MANEJO DO SOLO COMPARADAS AO CAMPO NATURAL

Dissertação apresentada à Coordenação de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo.

Orientador: Ildegardis Bertol

LAGES – SC

2009

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS
MESTRADO EM CIÊNCIA DO SOLO

**EROSÃO HÍDRICA EM POMAR DE MAÇÃ SOB DIVERSAS FORMAS DE
MANEJO DO SOLO COMPARADAS AO CAMPO NATURAL**

EDERSON GOBBI
Engenheiro Agrônomo

Aprovado em:
Pela banca examinadora:

Homologado em:
Por:

Dr. Ildegardis Bertol
Orientador – UDESC/Lages – SC

Dr. Paulo Cezar Cassol
Coordenador Técnico do Curso de
Mestrado em Manejo do Solo e
Coordenador do Programa de Pós-
Graduação em Ciências Agrárias –
UDESC/Lages – SC

Dr. Álvaro Luiz Mafra
Professor da UDESC/ Lages – SC

Dr. Adil Knackfuss Vaz
Diretor Geral do Centro de Ciências
Agroveterinárias – UDESC/Lages - SC

Dr. Tássio Drech Rech
Pesquisador EPAGRI/Lages - SC

LAGES
Santa Catarina - Brasil
2009

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela saúde, oportunidades concedidas e conforto nos momentos difíceis.

Aos meus pais, Admar e Lurdes, exemplos de honestidade, fé, humildade e força de vida, além da confiança depositada em mim.

Aos meus irmãos Everton e Cleyton, pela confiança, incentivo, amizade e exemplos de dedicação.

À Bruna, meu grande amor, à qual admiro e respeito muito.

Ao professor Ildegardis Bertol, excelente profissional e pessoa, pela orientação e amizade.

Ao Rodrigo Predebon e Joni Erhart (Alemão), grandes amigos de república.

Aos bolsistas de iniciação científica e doutorandos, antes de tudo amigos, Evandro Luiz Fabian, Eduardo Zavaschi, Bruno Mezzomo Barroso, Júlio César Ramos, Romeu de Souza Werner, Fabrício Tondello Barbosa e Rodrigo Vieira Luciano.

Aos demais professores do Departamento de Solos, pela amizade e pelos ensinamentos passados.

Aos amigos em Lages e demais colegas do mestrado.

À Embrapa Uva e Vinho e seus funcionários, pela disponibilidade da área e ajuda na realização do estudo, em especial ao pesquisador Luciano Gebler.

À PROMOP, pela concessão da bolsa de estudos.

À UDESC, pela formação profissional, na graduação e no mestrado.

RESUMO

O manejo do solo em culturas perenes, tais como fruteiras, apresenta grande influência na cobertura e na rugosidade superficial, constituindo-se no principal fator responsável pela erosão hídrica. O presente estudo avaliou, sob condições de chuva simulada, as perdas de solo e água, em um Latossolo Bruno Distrófico típico, com $0,09 \text{ m m}^{-1}$ de declividade, entre os meses de agosto de 2007 e abril de 2008, localizado na Estação Experimental de Fruticultura Temperada da Embrapa Uva e Vinho, em Vacaria (RS). O trabalho foi conduzido em parcelas experimentais de $3,5 \text{ m} \times 11 \text{ m}$, sob chuvas com uma hora de duração e intensidade constante variando de 70 a 88 mm h^{-1} . Os sistemas de manejo estudados foram: 1) capina manual nas linhas e cobertura vegetal espontânea nas entre linhas (ST); 2) aveia preta, em que as sementes foram incorporadas ao solo em toda área da parcela por meio de capina com enxada dois meses antes do início dos testes de chuva (AE); 3) aveia preta, em que as sementes foram incorporadas ao solo em toda área da parcela por meio de enxada rotativa dois meses antes do início dos testes de chuva e dessecada quimicamente sete dias antes do início dos testes (AD); 4) solo sem cobertura, em que a vegetação espontânea presente foi dessecada e removida da superfície do solo por meio de capina com enxada um dia antes do início dos testes de chuva (SC), a qual serviu como testemunha; e 5) solo sem cultivo, com vegetação de campo natural, fora da área do pomar (CN). Nos sistemas de manejo em que foi mantida a cobertura da vegetação tanto com aveia, quanto com o sistema tradicional, obteve-se maior eficiência de proteção do solo quando comparado ao sistema onde houve exposição do solo (solo descoberto). No sistema de campo natural, houve menor intensidade de erosão, devido seu alto percentual de cobertura. Todos os sistemas de manejo estudados se mostraram conservacionistas quanto à proteção do solo em relação à erosão hídrica, com exceção do tratamento com o solo descoberto.

Palavras-chave: Chuva simulada. Cultura perene. Perdas de água. Perdas de solo.

ABSTRACT

Soil management in perennial crops such as fruits, has great influence in cover and surface roughness, and it is the main factor responsible for water erosion. This study evaluated, under conditions of simulated rain, the losses of soil and water in a Oxisol with 0.09 m m^{-1} slope, between the months of August 2007 and April 2008 at Experimental Station of Embrapa Temperate Fruits of Grape and Wine in Vacaria (RS). The study was carried out in experimental plots of $3.5 \text{ m} \times 11 \text{ m}$, in rain with a time of constant duration and intensity varying from 70 to 88 mm h^{-1} . The management systems were studied: 1) manual weeding in the rows and plant cover of grasses and legumes in row (ST), 2) oat, where the seeds were incorporated into the soil throughout the plot area by weeding with hoe two months before the tests of rain (EA), 3) oat, where the seeds were incorporated into the soil throughout area of the plot by means of rotary hoe two months before the tests of rain and chemically desiccated seven days before the test (AD), 4) without soil cover, where the vegetation was removed and dried the surface of the soil by weeding hoe with one day before the tests of rain (SC), which served as a witness; and 5) grassland used as control (CN). In management a system which was held the plant cover both with oats, as with the traditional system, obtained a higher efficiency of soil protection when compared to the system where the soil was exposed (bare soil). In the system of natural area, low intensity of erosion occurred, because it's high percentage of cover. All management systems studied were conservationists concerning protection of the soil in relation to water erosion, with the exception of treatment with bare soil.

Keywords: Simulated rain. Perennial crop. Water loss. Soil loss.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Caracterização granulométrica do Latossolo Bruno Distrófico típico, na Estação Experimental da Embrapa Uva e Vinho de Vacaria, RS.....	22
Tabela 2 - Intensidade (mm h^{-1}) e quantidade (mm) das chuvas simuladas aplicadas sobre as parcelas experimentais, Vacaria, RS, 2007.....	26
Tabela 3 - Erosividade (EI_{30}) das chuvas simuladas aplicadas no Latossolo Bruno Distrófico típico de Vacaria, RS, 2007.....	26
Tabela 4 - Cobertura do solo pela copa das plantas de maçã, antes dos testes de chuva simulada no Latossolo Bruno Distrófico típico localizado na EMBRAPA Uva e Vinho de Vacaria, RS.....	27
Tabela 5 - Cobertura do solo pela aveia, vegetação espontânea e campo natural, antes dos testes de chuva simulada no Latossolo Bruno Distrófico típico localizado na EMBRAPA Uva e Vinho de Vacaria, RS.....	28
Tabela 6 - Teor de água no solo antecedente a cada teste de chuva simulada, em duas profundidades (m), em um Latossolo Bruno Distrófico típico, em Vacaria, RS.....	29
Tabela 7 - Tempo necessário para o início do escoamento, em diversos sistemas de manejo de um Latossolo Bruno em pomar de maçã, comparadas ao campo natural, sob chuva simulada, Vacaria, RS, 2007.....	34
Tabela 8 - Tempo necessário para o escoamento atingir a taxa máxima, em diversos sistemas de manejo de um Latossolo Bruno em pomar de maçã, comparadas ao campo natural, sob chuva simulada, Vacaria, RS, 2007.....	34
Tabela 9 - Escoamento superficial em diversos sistemas de manejo de um Latossolo Bruno em pomar de maçã, comparadas ao campo natural, sob chuva simulada, Vacaria, RS, 2007.....	35
Tabela 10 - Infiltração total de água no solo, em função dos diversos sistemas de manejo de um Latossolo Bruno em pomar de maçã, comparadas ao campo natural, sob chuva simulada, Vacaria, RS, 2007.....	38

Tabela 11 -Razão de perda de água em diversos sistemas de manejo de um Latossolo Bruno em pomar de maçã, comparadas ao campo natural, sob chuva simulada, em Vacaria, RS, 2007.....	39
Tabela 12 -Coeficiente de escoamento em diversos sistemas de manejo de um Latossolo Bruno em pomar de maçã, comparadas ao campo natural, sob chuva simulada, em Vacaria, RS, 2007.....	41
Tabela 13 -Concentração média de sedimentos na enxurrada em função dos diversos sistemas de manejo de um Latossolo Bruno em pomar de maçã, comparadas ao campo natural, sob chuva simulada, em Vacaria, RS, 2007.....	42
Tabela 14 - Perda total de solo ajustada para intensidade da chuva de 70 mm h^{-1} e declividade média de $0,091 \text{ m m}^{-1}$, em função dos diferentes tratamentos e das chuvas simuladas aplicadas, em pomar de maçã, comparadas ao campo natural, em Vacaria, RS, 2007.....	44
Tabela 15-Razão de perda de solo em função dos diferentes tratamentos e das chuvas simuladas aplicadas, em pomar de maçã, comparadas ao campo natural, em Vacaria, RS, 2007.....	46

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Vista do tratamento sem cobertura do solo sob as plantas de maçã em um Latossolo Bruno em Vacaria, RS, 2007.....	23
Figura 2 - Vista do simulador de chuvas em operação no tratamento aveia incorporada na enxada (AE), sob as plantas de maçã, em Vacaria, RS, 2007.....	24
Figura 3 - Hidrograma de enxurrada para os diversos tratamentos em pomar de maçã, submetidos à chuva simulada sobre um Latossolo Bruno, em Vacaria, RS, 2007 (média de três testes de chuva simulada e de duas repetições).....	37
Figura 4 - Relação da concentração de sedimentos na enxurrada com a altura de chuva acumulada, para os diversos tratamentos em pomar de maçã, submetidos à chuva simulada sobre um Latossolo Bruno (média de três testes de chuva simulada e de duas repetições).....	43
Figura 5 - Relação da perda de solo acumulada com a erosividade da chuva acumulada (EI_{30}) do teste 1 ao teste 3 em um Latossolo Bruno, em pomar de maçã, em Vacaria, RS, 2007 (média das repetições).....	47
Figura 6 - Relação da perda de solo (PS), com a perda de água (PA), no tratamento solo sem cobertura (SC) de um Latossolo Bruno em pomar de maçã, em Vacaria, RS, 2007.....	48
Figura 7 - Relação da perda de solo (PS), com a perda de água (PA), no tratamento aveia dessecada (AD) de um Latossolo Bruno em pomar de maçã, em Vacaria, RS, 2007.....	48
Figura 8 - Relação da perda de solo (PS), com a perda de água (PA), no tratamento aveia (AE) de um Latossolo Bruno em pomar de maçã, em Vacaria, RS, 2007.....	49
Figura 9 - Relação da perda de solo (PS), com a perda de água (PA), no tratamento sistema tradicional (ST) de um Latossolo Bruno em pomar de maçã, em Vacaria, RS, 2007.....	49
Figura 10 - Relação da perda de solo (PS), com a perda de água (PA), no tratamento campo natural (CN) de um Latossolo Bruno, em Vacaria, RS, 2007.....	51

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1 EROSÃO HÍDRICA PLUVIAL DO SOLO	13
2.1.1 Aspectos gerais	13
2.1.2 Fatores que influenciam a erosão hídrica pluvial do solo	14
2.2 PERDAS DE SOLO E ÁGUA POR EROSÃO HÍDRICA PLUVIAL	16
2.2.1 Influência da chuva	16
2.2.2 Influência do tipo de cultura	17
2.2.3 Influência da cobertura e manejo do solo.....	18
2.2.3.1 Influência da cobertura do solo por resíduos vegetais	18
2.2.3.2 Influência da cobertura do solo pela copa das plantas	20
3 MATERIAIS E MÉTODOS	21
3.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL E CARACTERÍSTICAS DA REGIÃO..	
.....	21
3.2 SOLO E HISTÓRICO DA ÁREA EXPERIMENTAL	21
3.3 UNIDADE EXPERIMENTAL.....	23
3.4 APARELHO SIMULADOR DE CHUVAS	23
3.5 TRATAMENTOS.....	24
3.6 TESTES DE CHUVA SIMULADA	25
3.7 PROCEDIMENTOS EFETUADOS NO CAMPO, ANTES DA APLICAÇÃO DAS	
CHUVAS	27
3.7.1 Coleta de amostras de solo para determinação de umidade	27
3.7.2 Determinação da cobertura do solo pela copa das plantas de maçã.....	27
3.7.3 Determinação da cobertura do solo pela aveia e campo natural.....	27

3.8 PROCEDIMENTOS EFETUADOS NO CAMPO, DURANTE A APLICAÇÃO DOS TESTES DE CHUVA	28
3.8.1 Tempos de início e término da enxurrada	28
3.8.2 Amostragem da enxurrada.....	28
3.8.3 Verificação da intensidade das chuvas aplicadas.....	29
3.9 PROCEDIMENTOS E CÁLCULOS REALIZADOS EM LABORATÓRIO E ESCRITÓRIO.....	29
3.9.1 Teor de água no solo antes do início das chuvas	29
3.9.2 Volume total das chuvas aplicadas	30
3.9.3 Taxa instantânea e volume total de enxurrada.....	30
3.9.4 Taxa constante e volume total de infiltração de água no solo	30
3.9.5 Concentração de sedimentos na enxurrada.....	30
3.9.6 Taxa instantânea e quantidade de perda de solo	31
3.10 AJUSTE DE DADOS	31
3.11 CÁLCULO DA RAZÃO DE PERDAS DE SOLO	31
3.12 CÁLCULO DA RAZÃO DE PERDAS DE ÁGUA.....	32
3.13 COEFICIENTE DE ESCOAMENTO.....	32
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
4.1 TEMPO DE INÍCIO E PICO DA ENXURRADA.....	33
4.2 PERDA DE ÁGUA POR ESCOAMENTO SUPERFICIAL.....	34
4.3 INFILTRAÇÃO DE ÁGUA NO SOLO	38
4.4 RAZÃO PERDA DE ÁGUA.....	39
4.5 COEFICIENTE DE ESCOAMENTO	40
4.6 CONCENTRAÇÃO DE SEDIMENTOS NA ENXURRADA.....	41
4.7 PERDA DE SOLO.....	44
4.7.1 Perda total de solo	44
4.7.2 Razão de perda de solo	45
4.7.3 Relação da perda de solo com a erosividade da chuva.....	46
4.7.4 Relação da perda de solo com a perda de água.....	47
5 CONCLUSÕES	52
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53
ANEXOS	59

1 INTRODUÇÃO

A produção brasileira de maçãs se expandiu significativamente nas últimas décadas. Aliado ao fato de o país possuir mais de trinta anos de tradição no cultivo comercial da fruta, fatores como a produção de variedades modernas, disponibilidade de terras, regiões com condições climáticas favoráveis e as recentes preocupações com produtividade e conservação transformaram o Brasil em um grande produtor.

A cadeia produtiva da maçã possui inserção destacada no cenário da fruticultura brasileira, o que lhe confere inquestionável importância na economia nacional. A produção brasileira está concentrada em quatro estados: Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Paraná e São Paulo. Os dois primeiros estados são os maiores produtores brasileiros, representando mais de 90% da produção total, sendo que apenas Santa Catarina responde por 50% da produção nacional.

A área agrícola cultivada com maçã totaliza aproximadamente 16.800 ha no Estado de Santa Catarina (Amap, 2008) e 14.000 ha no Estado do Rio Grande do Sul (Agapomi, 2009). Em geral, o manejo do solo adotado nesses pomares é intenso. Na implantação dos pomares, são feitas diversas operações mecânicas, com o objetivo de preparar o terreno e incorporar corretivo e fertilizante ao solo até a profundidade de 0,4 m. Além disso, tais operações de preparo do solo são feitas independentemente de orientação em relação ao declive do terreno, na maioria das vezes morro abaixo. Subsequentemente, o manejo do solo é conduzido mantendo-se a zona da entre linha das plantas coberta com vegetação e utilizando-se a tração mecânica nessa zona visando às operações de aplicação de adubos e defensivos agrícolas, colheita e transporte das maçãs. Assim, durante o preparo do solo e imediatamente após a implantação do pomar, expressiva quantidade de solo é perdida por erosão hídrica dessas áreas; ao longo do tempo, a partir dessa fase de implantação dos pomares, o solo tende a tornar-se excessivamente compactado na zona da entre linha das plantas; com isso, diminui expressivamente a taxa de infiltração de água e a perda de água por escoamento superficial aumenta consideravelmente.

A erosão hídrica pluvial é o principal fenômeno responsável pelas perdas de água e solo ocasionadas por meio de enxurrada, principalmente em áreas cultivadas; por isso, essa forma de erosão constitui-se em um dos principais fatores de empobrecimento do solo no local de origem da erosão e de contaminação do ambiente fora desse local. A contaminação das águas superficiais, principalmente os mananciais de água doce, é um dos principais reflexos da erosão hídrica pluvial, no que se refere à contaminação do ambiente.

Embora a erosão hídrica seja um problema amplamente reconhecido no mundo, existem grandes dificuldades para estimar sua magnitude e modelá-la, sobretudo quando ela ocorre em sistemas de manejo de solo envolvendo cultivos perenes. Na literatura brasileira, praticamente não existem dados sobre perdas de água e solo por erosão hídrica em cultivos perenes como os pomares de maçã, embora tais dados sejam imprescindíveis ao planejamento de manejo do solo visando sua conservação e em estudos de modelagem de erosão em tais cultivos. O manejo de pomares de maçã vem sendo modificado nos últimos anos. No passado, o manejo do solo e os tratos culturais eram direcionados à maximização da produção; atualmente, objetiva-se também a melhoria da qualidade do produto final (maçã) e a integração entre a atividade de fruticultura e os reflexos de tal atividade no meio ambiente (Marangoni et al., 1995). Assim, reveste-se de importância a quantificação de erosão hídrica pluvial do solo em áreas de pomares de maçã.

O objetivo deste trabalho foi quantificar as perdas de água e solo por erosão hídrica pluvial, em pomar de maçã submetido a diversos sistemas de manejo do solo, comparando tais perdas com as ocorridas em condição de campo natural, sob a aplicação de chuvas simuladas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 EROÇÃO HÍDRICA PLUVIAL DO SOLO

2.1.1 Aspectos gerais

A erosão hídrica pluvial do solo é o resultado de um trabalho mecânico que requer energia, a qual é fornecida em sua maioria pelas gotas de chuva e, menos expressivamente, pelo escoamento superficial da água (WISCHMEIER & SMITH, 1958). Este processo se dá em três fases distintas e concomitantes: desagregação, transporte e deposição de partículas do solo (ELLISON, 1947).

A desagregação do solo consiste no desprendimento ou ruptura das partículas (argila, silte, areia ou agregados) da massa do solo, causada não só pela energia cinética do impacto das gotas de chuva, mas também pela energia cinética do escoamento superficial; isto ocorre principalmente quando a água está concentrada nos sulcos direcionados no sentido da pendente do terreno. Esta é a fase mais importante do processo erosivo, pois, se não houver desagregação, poderá não ocorrer transporte e, conseqüentemente, deposição. O transporte consiste na condução das partículas desagregadas para fora do lugar de origem, pelo salpicamento das partículas devido ao impacto das gotas de chuva e principalmente, pela energia da enxurrada. A deposição representa o fim do processo erosivo e ocorre toda vez que a carga de sedimentos no fluxo excede sua capacidade de transporte. A deposição é seletiva, de tal modo que as partículas de tamanho e/ou densidade maiores são depositadas primeiro e, as demais, de menor tamanho e/ou densidade, continuam sendo transportadas ao longo do declive, com posterior deposição (ELLISON, 1947; FOSTER & MEYER, 1972; FOSTER, 1982). O impacto das gotas de chuva é o principal agente causador de desagregação, enquanto a enxurrada é o principal agente transportador de partículas.

Conforme as condições de superfície do solo e a forma de atuação do agente erosivo, a erosão poderá ocorrer tanto na forma entre sulcos quanto em sulcos (ELLISON, 1947; MEYER et al., 1975). Na erosão entre sulcos, a desagregação das partículas de solo é

ocasionada pelo impacto das gotas de chuva, sendo que o transporte, o qual poderá ser para dentro dos sulcos, se deve principalmente ao salpicamento provocado pelo impacto das gotas combinado ao fluxo laminar turbulento do escoamento superficial. Na erosão em sulcos, o escoamento superficial concentrado dentro dos sulcos é o responsável tanto pela desagregação, causada por cisalhamento, quanto pelo transporte. Esta forma de erosão é originada em pequenos sulcos que se formam em decorrência do escoamento superficial, em decorrência de marcas de operações de preparo do solo ou de depressões naturais do terreno. O impacto provocado pelas gotas de chuva sobre o solo descoberto, apesar de não atingir diretamente a superfície do solo quando estiver coberto por uma fina lâmina de água oriunda do escoamento, produz turbulência no fluxo; isto aumenta a capacidade de desagregação e transporte do mesmo, por suspender e manter suspensas as partículas de solo (MEYER et al., 1975; ALBERTS et al., 1980; FOSTER, 1982).

A erosão em entre sulcos ocorre independente da erosão em sulcos; a erosão em sulcos, no entanto é diretamente dependente dos sedimentos produzidos e transportados pela erosão em entre sulcos (MEYER et al., 1975; ALBERT et al., 1980; FOSTER, 1982).

2.1.2 Fatores que influenciam a erosão hídrica pluvial do solo

A erosão hídrica pluvial do solo é influenciada pela combinação de fatores físicos e de manejo, os quais se manifestam com intensidades variáveis. Os fatores envolvidos neste tipo de erosão são: chuva, solo, relevo, cobertura e manejo do solo e práticas conservacionistas de suporte (WISCHMEIER, 1959; WISCHMEIER & SMITH, 1978).

A chuva é o agente climático de maior importância na erosão do solo, em termos mundiais. O volume depende da intensidade e duração da chuva que influem também, no tamanho e energia das gotas e nas características da enxurrada. A erosividade representa o potencial do impacto das gotas de chuva e do escoamento superficial a ela associada para causar erosão e, assim, definem sua erosividade (fator R da Equação Universal de Perdas de Solo – EUPS) (WISCHMEIER & SMITH, 1978; RENARD et al., 1997).

O solo é o agente passivo no processo erosivo e sua susceptibilidade a este fenômeno é representada pelo índice erodibilidade do solo (fator K da EUPS), a qual expressa a taxa de perda de solo por unidade de índice de erosividade (WISCHMEIER & SMITH, 1978). A erosão não é a mesma em todos os solos. O fator K é altamente dependente da natureza do solo, ou seja, de suas propriedades físicas e de suas características químicas e biológicas que

exercem diferentes influências na erosão (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2005). A interação dessas propriedades é complexa, de modo que algumas delas influenciam a capacidade de infiltração de água do solo e, outras, a capacidade do solo resistir à desagregação e ao transporte pelos agentes erosivos (WISCHMEIER & MANNERING, 1969). Portanto, alguns solos são mais suscetíveis à erosão que outros.

O relevo (adotado por convenção topografia do terreno) é representado principalmente pelo grau do declive e pelo comprimento da rampa, exercendo acentuada influência sobre a erosão do solo. Estes componentes da descrição do terreno são avaliados separadamente, mas ocorrem juntos no campo, sendo agrupados em um único fator topográfico (fator LS da EUPS) para estudos de erosão hídrica (WISCHMEIER & SMITH, 1978). As perdas de solo aumentam com o aumento do comprimento da rampa, decorrente do acréscimo do volume da enxurrada que eleva a capacidade de desagregação e transporte. No entanto, as perdas de solo se elevam mais acentuadamente com o aumento do grau do declive do que com o aumento do comprimento da rampa, uma vez que a influência do grau do declive na velocidade e volume do escoamento superficial é maior (WISCHMEIER & SMITH, 1978). De tal modo, que a erosão hídrica do solo é proporcional à inclinação do declive elevada à potência média de 1,5 e ao comprimento da rampa na potência média de 0,5 (HUDSON, 1981).

A cobertura e manejo do solo constituem o fator mais importante na erosão hídrica (fator C da EUPS); este fator é representado pela cobertura do solo ocasionado pela copa das plantas e resíduos vegetais e pelas características de superfície do solo relacionadas à rugosidade e porosidade (FOSTER, 1982). A cobertura e manejo do solo é um fator que expressa a relação entre a perda de solo de uma área sob determinado sistema de manejo e cobertura e a perda de solo de uma área mantida continuamente descoberta, sem vegetação e preparada no sentido do declive (WISCHMEIER & SMITH, 1978). Este fator sofre o efeito da variação do período vegetativo da cultura, cobertura do solo pela copa das plantas e por resíduos culturais, manejo dos resíduos culturais, tipo de preparo do solo, rotação de culturas e efeito residual de cultivos anteriores, além da variação da erosividade e erodibilidade (WISCHMEIER & SMITH, 1978). A cobertura do solo inclui aquela ocasionada pelos resíduos vegetais na superfície e pela copa das plantas (FOSTER, 1982). A cobertura do solo pela copa das plantas não tem efeito no volume e velocidade da enxurrada, entretanto, dissipa a energia cinética da chuva, por interceptar a queda das gotas (WISCHMEIER & SMITH, 1978). A cobertura do solo por resíduos vegetais é mais eficaz na redução da erosão do que a cobertura pela copa das plantas, pois a maior parte das gotas interceptadas pela parte aérea das plantas pode readquirir velocidade e atingir a superfície do solo. Em contrapartida, a energia

cinética da gota de chuva pode ser dissipada totalmente ao atingir o resíduo sobre a superfície, o qual reduz ainda a velocidade do escoamento e, assim, sua capacidade de desagregação e transporte de sedimentos e ainda aumenta a infiltração de água no solo (MANNERING & MEYER, 1962; WISCHMEIER & SMITH, 1978; FOSTER, 1982). Isto induz, também, a deposição dos sedimentos transportados pelo fluxo devido à diminuição da velocidade do escoamento superficial (GILLEY et al., 1987, BERTOL et al., 1997b).

As práticas conservacionistas de suporte (fator P da EUPS) estabelecem, por definição, a relação entre as perdas de solo de uma dada área com determinada prática conservacionista de suporte, e as perdas de solo de uma área sem nenhuma dessas práticas (WISCHMEIER & SMITH, 1978). Controlam a erosão porque reduzem a velocidade e conseqüente capacidade de transporte do escoamento (FOSTER, 1982). As práticas conservacionistas de suporte são basicamente de caráter mecânico, e compreendem o preparo e cultivo em contorno, o cultivo em faixas com rotação de culturas e o terraceamento (WISCHMEIER & SMITH, 1978), podendo a alternância de capinas também ser considerada (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2005). Estas práticas têm por objetivo principal reduzir a ação erosiva do escoamento superficial, sendo complementares às práticas conservacionistas básicas, dadas pela cobertura e manejo do solo.

2.2 PERDAS DE SOLO E ÁGUA POR EROSÃO HÍDRICA PLUVIAL

As perdas de solo e água provocadas pela erosão hídrica pluvial constituem-se numa das principais formas de degradação dos solos nos locais de origem da erosão e de contaminação do ambiente fora desses locais. A erosão hídrica pluvial é um processo complexo que se manifesta com intensidade variável. Os fatores que a influenciam são muitos, como recém enumerados. No entanto, aqui será feita uma abordagem apenas daqueles fatores que variaram e, portanto, influenciaram a erosão neste trabalho.

2.2.1 Influência da chuva

O volume e a velocidade da enxurrada dependem da intensidade, duração e frequência das chuvas. A intensidade é a característica da chuva mais importante na erosão hídrica do solo, pois, duplicando seu valor, a erosão aumenta em aproximadamente quatro vezes (WISCHMEIER & SMITH, 1978). A duração da chuva, combinada com a intensidade,

determina o volume total de chuva (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1999). O aumento do volume ou da duração da chuva, isoladamente, considerando chuvas individuais, resulta em aumento da erosão hídrica. A frequência das chuvas também influi nas perdas de solo e água, devido ao teor de água do solo que antecede a chuva. Deste modo, o solo submetido às chuvas frequentes apresenta maior umidade, o que resulta em maior volume de escoamento (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2005). No entanto, chuvas sucessivas, de mesma duração, intensidade e volume, resultam em perdas de solo cada vez menor, devido à maior fragilidade do solo à erosão nas chuvas iniciais em relação às finais (LEITE et al., 2004; ENGEL, 2005).

A chuva altera as condições físicas da superfície do solo, especialmente quando este está descoberto, devido aos efeitos de desagregação e transporte das partículas de solo, cujas mudanças são mais evidentes, provocando o selamento superficial (COGO, 1981). Com a destruição dos agregados, as partículas menores em suspensão penetram e obstruem os poros, diminuindo a permeabilidade e formando o selamento superficial, influenciando a infiltração de água no solo (DULEY, 1939). O selamento superficial predominantemente ocorre no início da chuva (ELLISON & SLATER, 1945), enquanto a redução da rugosidade superficial e da porosidade da camada preparada do solo ocorre principalmente durante o período que antecede o início da enxurrada (BURWELL et al., 1966) ou em um período mais longo, normalmente além do início da enxurrada (COGO, 1981; BERTOL, 1995). A degradação física do solo pela chuva é influenciada ainda pelo tipo de solo, cobertura por resíduos culturais, orientação das operações de preparo, inclinação do declive e comprimento da rampa (BURWELL et al., 1966; COGO, 1981), concorrendo para aumentar as perdas de solo e água.

2.2.2 Influência do tipo de cultura

As características morfológicas das plantas, tais como, o tipo de sistema radicular, o tipo de folhas, o ângulo de disposição dos ramos em relação ao tronco, a espessura do tronco e o hábito de crescimento das plantas influenciam diretamente a erosão hídrica especialmente em solos sem resíduos vegetais na superfície. A formação desejável da planta vista sob seu aspecto externo deve ser de tal forma que sua condução proporcione boa disposição dos ramos, deixando-os com espaçamentos e angulações semelhantes; Deste modo, a planta emite brotações laterais e utiliza melhor os espaços disponíveis, possibilitando que os raios solares atinjam a planta em todos os locais para se ter um bom desenvolvimento. Outro benefício da

disposição dos ramos é a proteção da superfície do solo pela dissipação da energia cinética das gotas de chuva, evitando o impacto direto das gotas na superfície do solo, diminuindo assim, a degradação das partículas da camada superficial do solo.

2.2.3 Influência da cobertura e manejo do solo

Entre as diversas variáveis que interferem no processo de erosão, a cobertura vegetal é reconhecidamente o fator isolado que exerce maior influência, podendo ser ocasionada pelos resíduos vegetais ao nível do solo e/ou pela copa das plantas acima dele (FOSTER, 1982).

2.2.3.1 Influência da cobertura do solo por resíduos vegetais

A cobertura do solo por resíduos vegetais é muito eficiente em manter as condições de superfície pouco alteradas e, assim, prevenir a formação de selamento superficial; Isto mantém elevada infiltração de água e, com isso, reduz as perdas de água e solo por escoamento superficial, independente do tipo de resíduo e do método de preparo do solo (COGO, 1981; AMADO, 1985). Segundo Almeida (1991), a cobertura vegetal melhora as características físicas, químicas e biológicas do solo.

A cobertura do solo proporcionada pelos resíduos culturais deixados na superfície tem ação direta e efetiva na redução da erosão hídrica, em virtude da dissipação da energia cinética das gotas de chuva; Isto diminui sua capacidade de desagregação e de transporte pelo salpicamento e reduz, também, a velocidade de escoamento, com conseqüente redução da capacidade erosiva da enxurrada (SLONEKER & MOLDENHAUER, 1977; COGO, 1981). Além disso, forma uma rede na superfície que filtra os sedimentos e permite a sua deposição sobre o solo (COGO et al., 1984; BERTOL et al., 1997b). Assim, a cobertura do solo por resíduos vegetais influencia o tamanho dos sedimentos transportados pela enxurrada, ou seja, aumentando-se a porcentagem de cobertura, verifica-se um decréscimo na concentração de sedimentos grosseiros na enxurrada e um acréscimo proporcional na concentração de sedimentos de menor tamanho (COGO, 1981; LOPES, 1984). A porcentagem de cobertura do solo proporcionada pelas restevas das culturas é fator fundamental na redução das perdas de solo por erosão hídrica (SLONEKER & MOLDENHAUER, 1977), obtendo-se boa eficácia já com 30 % de cobertura (COGO, 1981; LOPES et al., 1987). Outros trabalhos mostram

também que as perdas de água são menos afetadas do que as perdas de solo pelo sistema de manejo utilizado (BERTOL, 1986; BERTOL et al., 1997^a; SCHICK et al., 2000^a).

A cobertura do solo por resíduos culturais afeta tanto a erosão em entre sulcos quanto a erosão em sulcos. A erosão em entre sulcos é reduzida pela dissipação da energia de impacto das gotas de chuva, ocasionando assim grande redução na desagregação das partículas de solo. Além disso, na ausência do impacto das gotas de chuva, o escoamento laminar tem baixa capacidade de desagregação e transporte de sedimentos (AMADO, 1985). Já a erosão em sulcos é reduzida pela diminuição da velocidade e turbulência da enxurrada e, conseqüentemente, pelo decréscimo de sua capacidade de desagregação e transporte, visto que a redução da velocidade da enxurrada diminui a possibilidade de sulcamento do solo (FOSTER & MEYER, 1972).

Porto et al. (1995) observaram que a permanência de restos culturais em superfície favorece não só o controle da erosão, mas também o armazenamento de água em superfície no perfil do solo e ainda exerce efeito favorável sobre a temperatura do solo. Estudos recentes, como os de Gomes (2003) e Rufato (2004), têm indicado a cobertura vegetal de aveia preta (*Avena stringosa*) como alternativa positiva à aração do solo em pomares. Segundo Taylor & Aschcroft (1972) e Ghuman & Lal (1985), a cobertura do solo por meio de plantas em desenvolvimento, como a aveia preta, é tão efetiva quanto à cobertura morta, pois protege o solo da mesma forma. O sombreamento ocasionado pela aveia reduz a incidência de radiação e absorção de energia para evaporação devido à formação de um colchão de ar, que, por possuir menor condutividade térmica, retarda o aquecimento do solo. Esse retardamento é estimulado pela presença de cobertura morta que reduz a evaporação, mantendo o solo mais úmido. A eficiência dos resíduos vegetais no controle da erosão hídrica do solo depende de vários fatores, como: porcentagem de cobertura do solo e tipo, quantidade, forma de manejo e estágio de decomposição dos resíduos (COGO, 1981).

A cobertura vegetal se propõe como alternativa ecológica e econômica de manejar o solo e sua adoção propicia redução progressiva no consumo energético (RUFATO, 2004). Bragagnolo e Mielniczuk (1990) afirmam que, além da quantidade de material vegetal sobre o solo, seu manejo deve ser considerado. Além disso, Streck et al. (1994) afirmam que a conformação e o arranjo da cobertura sobre o solo, bem como o efeito direto do implemento, afetam características como o recobrimento do solo, o regime de temperatura e a conservação da água no solo. Para Pitelli (1985) e Buhler (1995), as comunidades de plantas infestantes também podem ser afetadas pelo manejo da cobertura vegetal, favorecendo ou desfavorecendo espécies.

2.2.3.2 Influência da cobertura do solo pela copa das plantas

A proteção do solo proporcionada pela copa das plantas no controle da erosão hídrica fundamenta-se na arquitetura e altura das copas, determinada pela diversidade e manejo das plantas vivas. Em relação às plantas vivas, a extensão dessa proteção depende do tipo de planta, da densidade e tipo das folhas e das raízes. Segundo Eltz (1977), plantas de hábito prostrado protegem melhor o solo do que plantas eretas, do mesmo modo que as dicotiledôneas protegem melhor do que as monocotiledôneas. A quantidade de folhas é também um fator importante a ser considerado.

O efeito da cobertura pela copa das plantas no controle da erosão hídrica não é tão efetivo quanto o efeito causado pelos resíduos vegetais, em superfícies descobertas. No caso da copa das plantas, há o efeito do “gotejamento de copa”, ou seja, as gotas de chuva, ao caírem sobre as copas das plantas, sofrem interceptação; Porém, ao se reagruparem em novas gotas, de maior volume, podem readquirir energia cinética suficiente para causar desagregação do solo ao caírem das copas sobre o solo desnudo.

Acredita-se que o formato da copa tenha grande influência na interceptação das gotas e na penetração dos raios solares, reduzindo a velocidade dos ventos e o poder desagregador das gotas de chuva sobre o solo.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL E CARACTERÍSTICAS DA REGIÃO

A pesquisa foi conduzida entre os meses de agosto e novembro de 2007, a campo, na área da Estação Experimental de Fruticultura Temperada (EEFT) da Embrapa Uva e Vinho, na unidade de Vacaria, Rio Grande do Sul, e entre dezembro de 2007 e abril de 2008, em laboratório, no Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV). A área localiza-se a 28° 30' 49" de latitude Sul e 50° 52' 58" de longitude, a Oeste do Meridiano de Greenwich, na região Nordeste do Estado do Rio grande do Sul, na microrregião dos Campos de Cima da Serra, onde o clima é do tipo *Cfb* (subtropical úmido e de altitude, KÖPPEN-GEIGER, 1936), com altitude de 986 m. A região onde se localiza a área do experimento caracteriza-se por apresentar relevo suave ondulado, com diversas áreas ocupadas por pomares de maçã e pêssago, além de pequenas áreas com mata secundária.

3.2 SOLO E HISTÓRICO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O solo descrito na área do experimento é um Latossolo Bruno Distrófico típico (EMBRAPA, 1999), de acordo com os resultados analíticos constantes na tabela 1, ou seja, um Oxisol (SOIL SURVEY STAFF, 1999), profundo e muito argiloso. O pomar de maçãs atualmente com 15 anos de idade, foi instalado em 1992. Antes de sua instalação, a área no local do experimento se encontrava com uma cobertura vegetal característica da região, ou seja, campo natural em que predominavam gramíneas do gênero *Paspalum* e *Andropogon*. Essa vegetação natural foi retirada para a implantação das macieiras. Para isso, o solo foi preparado com a aplicação da metade da dose total de calcário e subsolado até a profundidade que variou de 40 a 60 cm. Posterior a isso, foi realizada a limpeza do terreno, retirando raízes, tocos e pedras que se encontravam na área e, após essa etapa, realizou-se a primeira aração, na mesma profundidade da subsolagem. Aplicou-se então o restante do calcário e os adubos de

pré-plantio com subsequente aração, também na mesma profundidade da primeira. Aí então, procedeu-se a gradagem próxima ao plantio. A correção do solo foi feita com aplicação de calcário dolomítico em quantidades suficientes para elevação do pH a 6,5. As macieiras da cultivar Fugui com porta-enxerto Maruba foram implantadas em linhas, distanciadas cinco metros, com as plantas distanciadas 2,5 m uma das outras e após a instalação do pomar, estabeleceu-se uma cobertura nas entrelinhas, composta predominantemente de gramíneas do gênero *Paspalum*. O manejo do solo na área experimental deu-se do seguinte modo, anualmente é realizada uma poda de inverno, uma de verão e a eliminação das plantas daninhas embaixo da copa das macieiras e algumas roçadas nas entrelinhas da cultura, seguindo o manejo convencional adotado na região. A adubação de manutenção se dá uma vez ao ano, com base na análise foliar e de frutas, análise do solo, idade das plantas, crescimento vegetativo, adubações anteriores, produtividade esperada, tratos culturais e presença de sintomas de deficiências nutricionais. Quanto ao tráfego de máquinas e pessoas, acredita-se que, por ser uma área experimental, o trânsito de pessoas seja 20% maior que o de máquinas, devido às operações nas conduções dos experimentos. Já o tráfego de máquinas é realizado da mesma forma que em outras propriedades, em roçadas, tratamentos fitossanitários entre outros.

Tabela 1 - Caracterização granulométrica do Latossolo Bruno Distrófico típico, na Estação Experimental da Embrapa Uva e Vinho de Vacaria, RS

Horizonte		Composição granulométrica da terra fina (dispersão com NaOH/calgon) (g/kg)				Argila dispersa em água (g/kg)	Grau de floculação (g/kg)
Símbolo	Prof. Cm	Areia grossa 2-0,2 Mm	Areia fina 0,2-0,05 mm	Silte 0,05-0,002 mm	Argila <0,002 mm		
A1	0-26	25	35	274	666	229	66
A2	-44	31	21	241	707	478	32
AB	-65	21	19	169	791	583	26
BA	-80	17	12	159	812	520	36
Bw1	-100	21	14	155	810	0	100
Bw2	-130	21	19	148	812	0	100
Bw3	-177	25	21	142	812	0	100
Bw4	-220	21	21	147	811	0	100

Fonte: CURCIO, G. R. et al., 1999

3.3 UNIDADE EXPERIMENTAL

A unidade experimental, ou parcela, possuía área útil de $38,5 \text{ m}^2$, com dimensões de 3,5 m de largura no sentido transversal ao declive e 11,0 m de comprimento no sentido da pendente principal, espaçadas entre si 3,5 m (Figura 1). Cada parcela foi delimitada na extremidade superior e nas laterais por chapas galvanizadas com 0,2 m de altura, cravadas 0,1 m no solo. Na extremidade inferior de cada parcela foi instalado um sistema de calha coletora do escoamento, sendo conectada a um tubo de PVC que conduzia a enxurrada até a trincheira, localizada seis metros abaixo da parcela, onde as amostras da enxurrada foram coletadas. Utilizaram-se dez parcelas, compreendendo cinco tratamentos com duas repetições cada, as quais apresentavam declividade média de $0,091 \text{ m m}^{-1}$, com amplitude de variação de $0,071$ a $0,110 \text{ m m}^{-1}$.



Figura 1 – Vista do tratamento sem cobertura do solo sob as plantas de maçã em um Latossolo Bruno em Vacaria – RS.

Fonte: Bertol, I. 2007.

3.4 APARELHO SIMULADOR DE CHUVAS

A pesquisa foi conduzida sob condições de chuva simulada, utilizando um aparelho simulador de chuva com braços rotativos (Figura 2), o qual cobre simultaneamente duas unidades experimentais, espaçadas entre si 3,5 m (SWANSON, 1975; EMBRAPA, 1975). O simulador é composto por dez barras com comprimento aproximado de 7,5 m cada uma,

distribuídas radialmente em torno de uma torre central; nas quais estão inseridos 30 aspersores (tipo VEEJET 80100) e dispostos de forma helicoidal, formando uma espiral concêntrica. Na condução do experimento, o simulador de chuva operou com apenas 15 aspersores abertos, com a intenção de produzir chuvas com intensidade planejada e controlada de 70 mm h^{-1} . A intensidade das chuvas, durante os testes, foi controlada por intermédio de dois manômetros, um localizado na tubulação de recalque, próximo do simulador, operando com pressão constante de $12,6 \text{ kg cm}^{-2}$ e, o outro, em uma das barras do aparelho, com a pressão de $6,5 \text{ kg cm}^{-2}$.



Figura 2 – Vista do simulador de chuvas em operação no tratamento aveia incorporada na enxada (AE), sob as plantas de maçã, em Vacaria – RS.

Fonte: Erhart, J. 2007.

3.5 TRATAMENTOS

Os tratamentos estudados consistiram de quatro sistemas de manejo do solo no pomar de macieiras e um no campo natural, com duas repetições e distribuídos ao acaso, assim descritos:

Tratamento 1 – Sistema de manejo tradicional do solo no pomar, com capina manual por meio de enxada na área das linhas das plantas sob a copa das macieiras, totalizando duas faixas de solo descoberto de 9 m^2 cada e, cobertura vegetal de gramíneas do gênero *Paspalum* na área das entrelinhas (ST);

Tratamento 2 – Solo coberto com aveia preta em que as sementes foram incorporadas manualmente ao solo, em toda área da parcela, por meio de capina com enxada a 0,03 m de profundidade, dois meses antes do início dos testes de chuva e manejada até o final dos testes (AE);

Tratamento 3 – Solo coberto com resíduo vegetal de aveia preta em que as sementes foram incorporadas mecanicamente ao solo, em toda área da parcela, por meio de enxada rotativa, de 0,06 a 0,08 m de profundidade, dois meses antes do início dos testes de chuva; a parte aérea da aveia foi dessecada quimicamente sete dias antes do início do primeiro teste de chuva simulada (AD);

Tratamento 4 – Solo sem cobertura, em que a cobertura vegetal rasteira presente foi dessecada quimicamente e, após, removida da superfície do solo com auxílio de enxada um dia antes do início dos testes de chuva simulada; após este teste, a superfície do solo foi mantida descoberta sob as macieiras por meio de controle manual da vegetação (SC), a qual serviu como testemunha;

Tratamento 5 – Solo sem cultivo, com vegetação de campo natural, fora da área do pomar (CN).

Nos tratamentos 1, 2, 3 e 4 a superfície do solo estava parcialmente coberta também pelo dossel das plantas de maçã, as quais estavam instaladas em duas fileiras por parcela, em contorno no declive, enquanto, no tratamento 5, a cobertura apresentava exclusivamente vegetação de campo natural.

3.6 TESTES DE CHUVA SIMULADA

Nos tratamentos descritos anteriormente, foram realizados três testes de chuva simulada com duração das chuvas de 60 minutos e intensidade variável de 70 a 88 mm h⁻¹ (Tabela 2). O primeiro teste foi realizado em 27 de outubro de 2007, 60 dias após a semeadura da aveia preta; neste momento em estágio fenológico de transição entre o final da floração e início da queda das pétalas. O segundo teste foi aplicado nos dias 12 e 13 de novembro, no período de frutificação efetiva e, o terceiro, nos dias 26 e 27 de novembro do mesmo ano, já na presença de pequenos frutos verdes. Cada teste foi composto por cinco chuvas, uma sobre cada tratamento, totalizando 15 chuvas. O simulador de chuva cobria simultaneamente duas unidades experimentais, as quais foram repetições dos tratamentos.

Tabela 2 – Intensidade (mm h^{-1}) e quantidade (mm) das chuvas simuladas aplicadas sobre as parcelas experimentais, Vacaria –RS, 2007

Tratamento	Teste 1	Teste 2	Teste 3	Média
	----- mm h ⁻¹ e mm -----			
ST	70	83	78	77
AE	74	77	77	76
AD	80	74	76	77
SC	88	84	76	83
CN	72	72	76	73

ST: sistema tradicional; AE: aveia preta + enxada; AD: aveia preta + enxada rotativa + dessecada; SC: solo sem cobertura; CN: campo natural.

A erosividade das chuvas simuladas (EI) aplicadas no experimento foi calculada conforme a metodologia descrita em Meyer (1958), em que o EI é calculado por:

$$EI = 0,2083 Q I (\text{MJ mm os}^{-1} \text{ h}^{-1}) \quad (1)$$

Onde:

Q = quantidade de chuva aplicada, em mm.

I = intensidade da chuva aplicada, em mm h^{-1} .

As chuvas apresentaram variação de erosividade entre 1.010 e 1.610 $\text{MJ mm os}^{-1} \text{ h}^{-1}$ durante a realização do experimento (Tabela 3).

Tabela 3 – Erosividade (EI_{30}) das chuvas simuladas aplicadas no Latossolo Bruno Distrófico típico de Vacaria, RS, 2007

Tratamento	Teste 1	Teste 2	Teste 3	Total
	-----MJ mm os ⁻¹ h ⁻¹ -----			
ST	1.010	1.420	1.283	3.713
AE	1.148	1.233	1.222	3.603
AD	1.330	1.148	1.201	3.679
SC	1.610	1.479	1.216	4.305
CN	1.070	1.079	1.198	3.347

ST: sistema tradicional; AE: aveia preta + enxada; AD: aveia preta + enxada rotativa + dessecada; SC: solo sem cobertura; CN: campo natural.

3.7 PROCEDIMENTOS EFETUADOS NO CAMPO, ANTES DA APLICAÇÃO DAS CHUVAS

3.7.1 Coleta de amostras de solo para determinação de umidade

Imediatamente antes da aplicação das chuvas, foram coletadas amostras de solo, com trado holandês, nas profundidades de 0 – 0,1 m e 0,1 – 0,2 m, em um ponto em cada parcela, para posterior determinação da umidade gravimétrica do solo. As amostras foram colocadas em latas de alumínio, vedadas, identificadas e encaminhadas para secagem em estufa por 48 horas, à temperatura de 105 °C, conforme Forsythe (1975). A umidade gravimétrica foi calculada dividindo-se a massa de água pela massa de partículas.

3.7.2 Determinação da cobertura do solo pela copa das plantas de maçã

A cobertura do solo proporcionada pela copa das plantas de maçã foi determinada por meio do método do “metro sombreado”, descrito por ADAMS & ARKIN (1977), antecedendo cada teste de chuva simulada. Uma régua de um metro de comprimento foi estendida ao lado da linha e sob a copa das plantas, em cada planta da parcela (duas repetições) e, a cada 0,1 m, mediu-se sobre este metro a extensão transversal da projeção das copas. A média dessas medidas, em metro, foi dividida pelo espaçamento entre linhas das culturas, em metro, resultando na cobertura do solo, cujos dados encontram-se na tabela 4.

Tabela 4 – Cobertura do solo pela copa das plantas de maçã, antes dos testes de chuva simulada no Latossolo Bruno Distrófico típico localizado na EMBRAPA Uva e Vinho de Vacaria, RS, 2007

Tratamento	Teste 1	Teste 2	Teste 3	Média
	-----%-----			
ST	14	14	15	14
AE	14	13	14	14
AD	12	11	12	12
SC	10	12	12	11
CN	0	0	0	0

ST: sistema tradicional; AE: aveia preta + enxada; AD: aveia preta + enxada rotativa + dessecada; SC: solo sem cobertura; CN: campo natural.

3.7.3 Determinação da cobertura do solo pela aveia e campo natural

A cobertura do solo ocasionada pela aveia foi avaliada por meio do “método da linha de transeção” ou “corda marcada” (SLONEKER E MOLDENHAUER, 1977), determinada imediatamente antes de cada teste de chuva simulada. Uma corda de cinco metros de comprimento, marcada a cada cinco centímetros, num total de 100 pontos, foi esticada diagonalmente sobre a parcela, com duas repetições, formando a figura de um “X”). A cobertura do solo foi computada por meio do número de pontos marcados na corda que coincidiam com alguma porção de colmo ou folha de aveia sob ou sobre a corda. A cobertura do solo ocasionada pelo campo natural, no tratamento CN foi estimada visualmente. Os dados encontram-se na tabela 5.

Tabela 5 – Cobertura do solo pela aveia, vegetação espontânea e campo natural, antes dos testes de chuva simulada no Latossolo Bruno Distrófico típico localizado na EMBRAPA Uva e Vinho de Vacaria, RS, 2007

Tratamento	Teste 1	Teste 2	Teste 3	Média
	-----%-----			
ST	56	55	55	55
AE	76	89	98	88
AD	71	52	30	51
SC	0	0	0	0
CN	100	100	100	100

ST: sistema tradicional; AE: aveia preta + enxada; AD: aveia preta + enxada rotativa + dessecada; SC: solo sem cobertura; CN: campo natural.

3.8 PROCEDIMENTOS EFETUADOS NO CAMPO, DURANTE A APLICAÇÃO DOS TESTES DE CHUVA

3.8.1 Tempos de início e término da enxurrada

Utilizando-se um cronômetro, foram registrados os tempos, em minutos, correspondentes ao início e término do escoamento, a partir do início das chuvas.

3.8.2 Amostragem da enxurrada

Assim que iniciou a enxurrada, foram feitas medições da taxa instantânea, em intervalos de três minutos, até o término do escoamento. Para tal, utilizou-se uma proveta

graduada de 1.000 mL ou 2.000 mL, conforme a necessidade, a qual foi utilizada na captação do fluxo, na extremidade oposta do tubo conectado à calha coletora donde saía a enxurrada. A duração das coletas variou de 20 segundos a dois segundos, conforme a taxa do fluxo, registrando-se em planilhas o volume de enxurrada coletada e o tempo de coleta. Posterior a isso, e no mesmo local de coleta, fez-se também a captação do fluxo com um pote plástico com capacidade de 1000 mL, completando todo seu volume, objetivando a determinação da concentração de sedimentos na enxurrada.

3.8.3 Verificação da intensidade das chuvas aplicadas

A verificação da intensidade das chuvas simuladas aplicadas foi realizada com a utilização de 20 pluviômetros, distribuídos na superfície do terreno sob a área de aplicação da chuva (Anexo 2). A intensidade média da chuva foi calculada dividindo-se o volume médio coletado nos 20 pluviômetros (mL), pela área de captação dos pluviômetros (52,81 cm²). O resultado dessa divisão foi multiplicado pelo valor obtido da divisão de 60 minutos pelo tempo total de duração da chuva (60 minutos), o que neste caso resultou na unidade; este valor (um) foi então, multiplicado por 10.

3.9 PROCEDIMENTOS E CÁLCULOS REALIZADOS EM LABORATÓRIO E ESCRITÓRIO

3.9.1 Teor de água no solo antes do início das chuvas

Tabela 6 – Teor de água no solo antecedente a cada teste de chuva simulada, em duas profundidades (m), em um Latossolo Bruno Distrófico típico, em Vacaria – RS, 2007

Tratamento	Teste 1		Teste 2		Teste 3		Média
	0 – 0,1	0,1 – 0,2	0 – 0,1	0,1 – 0,2	0 – 0,1	0,1 – 0,2	
	-----g g ⁻¹ -----						
ST	0,36	0,38	0,33	0,35	0,39	0,37	0,36
AE	0,33	0,36	0,31	0,32	0,36	0,37	0,34
AD	0,37	0,38	0,41	0,43	0,36	0,40	0,39
SC	0,46	0,42	0,37	0,41	0,41	0,43	0,42
CN	0,46	0,46	0,47	0,44	0,47	0,45	0,46

ST: sistema tradicional; AE: aveia preta + enxada; AD: aveia preta + enxada rotativa + dessecada; SC: solo sem cobertura; CN: campo natural.

3.9.2 Volume total das chuvas aplicadas

O volume total das chuvas aplicadas foi calculado dividindo-se a intensidade média da chuva (mm h^{-1}), por 60 minutos e multiplicando-se o resultado pela sua duração (minuto).

3.9.3 Taxa instantânea e volume total de enxurrada

A taxa instantânea de enxurrada, inicialmente calculada a cada três minutos, foi obtida por meio de interpolação linear para cada minuto do período do escoamento; o volume de enxurrada de cada chuva simulada aplicada foi obtido pela integração das taxas instantâneas de enxurrada.

3.9.4 Taxa constante e volume total de infiltração de água no solo

A taxa constante de infiltração de água no solo foi calculada pela diferença entre a intensidade da chuva simulada aplicada e a taxa constante de enxurrada observada. O volume total de infiltração de água no solo foi calculado pela diferença entre o volume total de chuva simulada aplicada e o volume total de enxurrada observado.

3.9.5 Concentração de sedimentos na enxurrada

No laboratório, os potes plásticos de 1000 mL contendo as amostras da enxurrada coletadas a cada três minutos, foram pesados. O material permaneceu em repouso por sete dias para decantação dos sedimentos em suspensão após a adição de cinco gotas da solução de ácido clorídrico 2,5 N, em cada pote. Passado esse período, o líquido sobrenadante foi retirado com o uso de um sistema de sifão, deixando uma lâmina de água de aproximadamente 0,02 m sobre os sedimentos. Os potes foram levados à estufa, com circulação forçada de ar, à temperatura de 60 °C, onde permaneceram por 96 horas e, depois de secos, uma nova pesagem foi realizada. O cálculo da concentração instantânea de sedimentos na enxurrada foi feito dividindo-se a massa dos sedimentos secos pela massa dos sedimentos + água, para cada tempo de coleta. A concentração média de sedimentos durante o

tempo de duração da enxurrada foi obtida por meio da média aritmética dos valores de concentração instantânea de sedimentos na enxurrada.

3.9.6 Taxa instantânea e quantidade de perda de solo

A taxa instantânea de perda de solo foi calculada multiplicando-se a taxa instantânea de enxurrada, ou seja, a vazão, pela concentração instantânea de sedimentos. A quantidade total de perda de solo foi obtida pela integração das taxas instantâneas de perda de solo. Os resultados obtidos na área da parcela experimental (38,5 m²), foram extrapolados para a área de um hectare.

3.10 AJUSTE DE DADOS

O ajuste dos dados para perda total de solo foi realizado em função da variação verificada na intensidade das chuvas simuladas aplicadas (Tabela 1) e na declividade das parcelas experimentais (Anexo 1). Assim, o ajuste para a intensidade de chuva planejada de 70 mm h⁻¹ foi feito dividindo-se o valor de 70 mm h⁻¹ pela intensidade da chuva observada, elevando-se o resultado ao quadrado e multiplicando-se este novo resultado pela perda de solo observada. Após este ajuste, a perda total de solo ainda foi ajustada para a declividade média das parcelas experimentais que foi de 0,091 m m⁻¹; isto foi feito multiplicando-se a perda de solo ajustada para a intensidade por um índice resultante da divisão do fator S do declive médio de 0,091 m m⁻¹ pelo fator S do declive de cada parcela, conforme a metodologia de WISCHMEIER & SMITH (1978), em que o fator S é calculado por:

$$S = 0,065 + 4,56 \cos \theta + 65,41 (\cos \theta)^2 \quad (2)$$

Onde: θ é o ângulo do declive.

3.11 CÁLCULO DA RAZÃO DE PERDAS DE SOLO

A razão de perdas de solo foi calculada dividindo-se o valor da perda total de solo de cada um dos tratamentos, ST, AE, AD e CN, pelo valor da perda de solo do tratamento sem

cobertura (SC – perda máxima, com índice = 1,00). A razão de perdas de solo dos diversos tratamentos estudados foi correlacionada com a perda total de solo dos referidos tratamentos.

3.12 CÁLCULO DA RAZÃO DE PERDAS DE ÁGUA

A razão de perdas de água foi calculada pela divisão entre o valor médio da taxa constante de enxurrada de cada tratamento, ST, AE, AD e CN, pelo valor médio da taxa constante de enxurrada da parcela testemunha, ou seja, o tratamento SC.

3.13 COEFICIENTE DE ESCOAMENTO

O coeficiente de escoamento foi calculado dividindo-se a taxa máxima de enxurrada de cada tratamento pela taxa de chuva aplicada no referido tratamento.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 TEMPO DE INÍCIO E PICO DA ENXURRADA

O maior espaço de tempo entre o início da chuva e o início do escoamento ocorreu no CN (17 minutos), o qual foi 1,7 vezes maior do que a média dos demais tratamentos com a presença de plantas de maçã, na média dos testes de chuva (Tabela 7). Isto pode ser explicado pela alta cobertura vegetal do solo no CN (Tabela 5), a qual protegeu melhor a superfície do solo do impacto direto das gotas de chuva, aumentando a capacidade de retenção e detenção superficial da água e a sua infiltração no solo. Além disso, as boas propriedades físicas do solo, especialmente a macroporosidade, do CN (ARAUJO et al., 2004), influenciaram para retardar o início da enxurrada neste tratamento em relação ao solo cultivado com maçã nos demais tratamentos. Mello (2002) e Leite (2003) também encontraram maior tempo para início da enxurrada no campo natural do que em tratamentos de solo cultivados.

Comparando entre si os tratamentos do solo cultivado com maçã, a diferença no tempo de início da enxurrada foi de 1,5 vezes maior no tratamento ST do que a média dos demais, na média dos testes de chuva simulada. O curto intervalo de tempo para o início do escoamento, especialmente no AE e SC (Tabela 7), se justifica pela baixa (AE) ou ausente (SC) cobertura do solo por vegetação no nível da superfície; isto permitiu que as gotas de chuva atingissem, direta ou indiretamente, a superfície do solo, provocando o selamento superficial e, conseqüentemente, reduzindo a taxa de infiltração de água no solo; em função da baixa ou ausente cobertura superficial, a enxurrada escoou mais livremente, antecipando seu início, conforme constatado também por Mello (2002).

Tabela 7 – Tempo necessário para o início do escoamento, em diversos sistemas de manejo de um Latossolo Bruno em pomar de maçã, comparadas ao campo natural, sob chuva simulada, Vacaria, RS, 2007

Tratamento	Teste 1	Teste 2	Teste 3	Média
	-----minutos-----			
ST	20	10	8	13
AE	14	4	9	9
AD	14	10	6	10
SC	12	8	5	8
CN	19	21	12	17

ST: sistema tradicional; AE: aveia preta + enxada; AD: aveia preta + enxada rotativa + dessecada; SC: solo sem cobertura; CN: campo natural.

Em relação aos dados de tempo para o escoamento atingir a taxa máxima, houve menor variação (Tabela 8) do que aquela ocorrida nos dados de tempo de início da enxurrada. O maior tempo ocorreu no CN (55 minutos), o qual foi muito semelhante aos demais tratamentos, independente do uso e manejo da cobertura ao nível do solo, na média dos testes de chuva. Este comportamento é explicado pelo efeito de umedecimento natural do solo devido à chuva, já que esta variável foi avaliada quando a taxa de infiltração se encontrava constante, em tempos que variaram entre 34 e 48 minutos, dependendo do tratamento.

Tabela 8 – Tempo necessário para o escoamento atingir a taxa máxima, em diversos sistemas de manejo de um Latossolo Bruno em pomar de maçã, comparadas ao campo natural, sob chuva simulada, Vacaria, RS, 2007

Tratamento	Teste 1	Teste 2	Teste 3	Média
	-----minutos-----			
ST	56	45	53	51
AE	56	46	57	53
AD	58	44	54	52
SC	59	56	43	52
CN	53	56	56	55

ST: sistema tradicional; AE: aveia preta + enxada; AD: aveia preta + enxada rotativa + dessecada; SC: solo sem cobertura; CN: campo natural.

4.2 PERDA DE ÁGUA POR ESCOAMENTO SUPERFICIAL

O escoamento superficial foi influenciado pelos tratamentos com diferentes sistemas de uso e manejo e de cobertura do solo, durante parte do ciclo da maçã. Durante a condução do experimento, o tratamento SC apresentou o maior escoamento total, explicado, principalmente, pela ausência de cobertura superficial do solo por baixo das copas das plantas

de maçã (Tabela 5); Tal escoamento foi 61% maior do que no CN; 29% maior do que na AD; 25% maior do que na AE; e 14% maior do que no ST, na média dos testes de chuva (Tabela 9). As menores perdas de água pela enxurrada foram verificadas nos tratamentos com aveia no teste 1 e no campo natural nos testes 1 e 2 de chuva simulada; isto pode ser explicado pela elevada cobertura vegetal ocasionada pela cultura de aveia (AD) e pela vegetação nativa (CN); essa cobertura ocasionou maior retenção de água na superfície, aumentando a infiltração e diminuindo a enxurrada.

A cobertura do solo realizada por meio da implantação da aveia apresentou os menores valores de perdas de água por escoamento, em relação aos demais tratamentos que continham macieiras; isto mostra que a mobilização do solo para a implantação da cultura que ocasionou aumento de porosidade e de rugosidade superficial, tanto na capina com enxada, quanto na enxada rotativa, foi benéfica no controle das perdas de água, concordando com Zoldan Junior (2006) e Luciano (2008).

Tabela 9 – Escoamento superficial em diversos sistemas de manejo de um Latossolo Bruno em pomar de maçã, comparadas ao campo natural, sob chuva simulada, Vacaria, RS, 2007

Tratamento	Teste 1	Teste 2	Teste 3	Média
	----- % da chuva aplicada -----			
ST	56	52	67	58
AE	48	55	57	53
AD	41	50	61	51
SC	64	57	77	66
CN	41	36	45	41

ST: sistema tradicional; AE: aveia preta + enxada; AD: aveia preta + enxada rotativa + dessecada; SC: solo sem cobertura; CN: campo natural.

Considerando os tratamentos e os testes de chuva, as perdas de água por escoamento superficial apresentaram uma variação relativamente alta, desde 36% (CN no Teste 2) até 77% (SC no Teste 3) em relação ao volume de chuva aplicado, ou seja, uma variação de 2,1 vezes. O volume de enxurrada não apresentou relação notória com o teor de água no solo antecedendo às chuvas (Tabela 6), com a cobertura do solo pela copa das plantas de maçã (Tabela 4) e com a declividade do terreno nas parcelas (Anexo 1), quando comparado com cada uma dessas variáveis, isoladamente. Entretanto, houve uma fraca relação entre o volume de escoamento e o tempo de início da enxurrada (Tabela 7); isto ocorreu mais claramente no tratamento SC, no qual o escoamento iniciou antes dos demais, com maior volume escoado; e no tratamento CN, no qual o escoamento iniciou depois dos demais, com menor volume

escoado. Assim, ao final dos três testes de chuva, o CN foi o tratamento mais eficaz no controle do escoamento superficial, reduzindo-o em 38% em relação ao SC; os tratamentos com aveia, por outro lado, foram os mais eficazes dentre os cultivados com maçã, reduzindo o escoamento em 21%, na média dos tratamentos, em relação ao SC, tudo isso na média dos testes de chuva.

Analisando o hidrograma de enxurrada para os diversos tratamentos (Figura 3), e avaliando os resultados segundo a velocidade de aumento da taxa de escoamento, observa-se: o tratamento CN apresentou um crescimento mais lento, em relação aos tratamentos com presença de plantas de maçã (ST, AE, AD e SC), na média dos testes de chuva. Esse crescimento menos acentuado da enxurrada no CN se deu em função da alta resistência ao escoamento provocada pela excelente cobertura vegetal do solo que resultou em maiores tempos para o início e taxa máxima de enxurrada e, ainda, em maior infiltração de água no solo.

Comparando entre si os tratamentos de solo cultivado com maçã, destacou-se o tratamento SC. A taxa de enxurrada ao longo do tempo aumentou mais rapidamente neste tratamento em relação aos demais, com o aumento, nos primeiros 10 minutos de enxurrada, de uma taxa de 12 mm h^{-1} para 50 mm h^{-1} aos 20 minutos. A justificativa para tal comportamento se deve à total ausência de cobertura vegetal rasteira no solo. Assim, a água, livre de obstáculos, escoou sobre a superfície, refletindo-se num rápido aumento da taxa de enxurrada ao longo desse tempo.

Nos tratamentos com cobertura vegetal no nível do solo, o tratamento ST apresentou um aumento inicial da taxa de enxurrada considerado moderado, passando de 5 mm h^{-1} aos 10 minutos para 30 mm h^{-1} aos 20 minutos de chuva. Isto é explicado por dois fatores; o primeiro, de que o solo no tratamento foi constituído de uma cobertura vegetal rasteira na entre linha, a qual reteve a água; e o segundo, sob as plantas de maçã, com solo descoberto, a infiltração foi acelerada no início, mas, com a rápida saturação do solo, elevou-se rapidamente a taxa de escoamento.

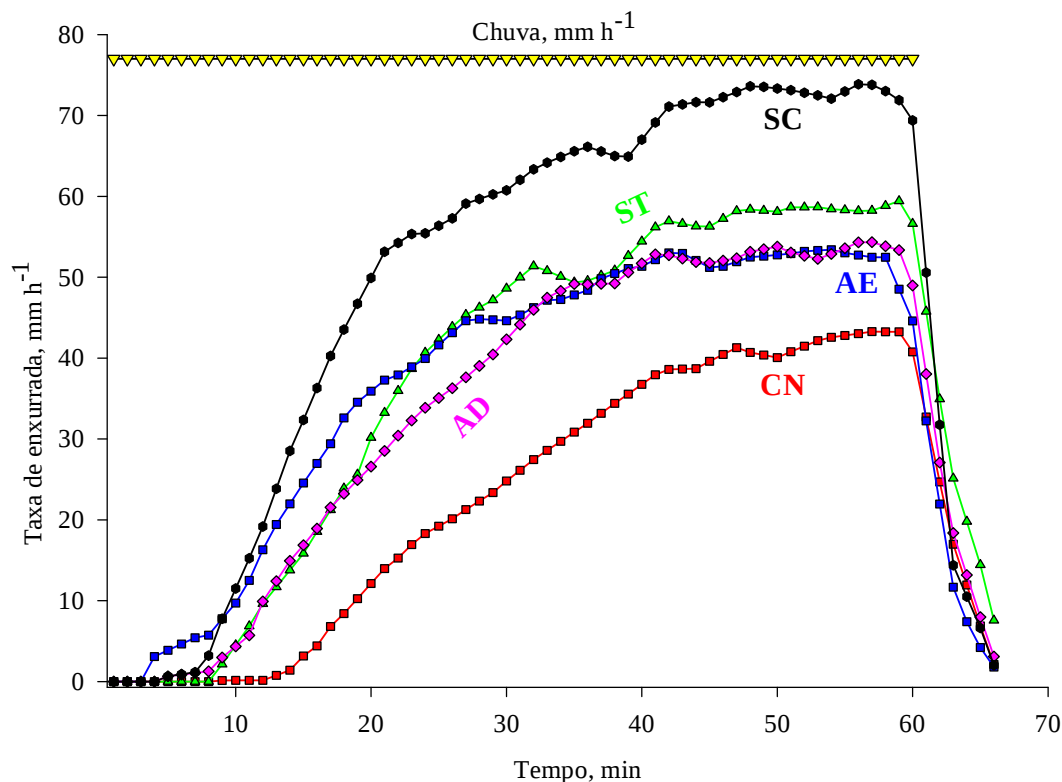


Figura 3 - Hidrograma de enxurrada para os diversos tratamentos em pomar de maçã, submetidos à chuva simulada sobre um Latossolo Bruno, Vacaria, RS, 2007 (média de três testes de chuva simulada e de duas repetições)

ST: sistema tradicional; AE: aveia preta + enxada; AD: aveia preta + enxada rotativa + dessecada; SC: solo sem cobertura; CN: campo natural.

Comparando entre si os tratamentos com aveia, o AE apresentou crescimento inicial da taxa de enxurrada muito semelhante ao do SC, até aproximadamente os 20 minutos. Isto é explicado pela falha de cobertura do solo pela aveia no início do ciclo (Tabela 4), principalmente no teste 1, devido à baixa germinação. Do teste 2 de chuva em diante, aumentou a cobertura do solo devido ao perfilhamento e, conseqüentemente, a resistência ao escoamento, fazendo com que a taxa de enxurrada aumentasse, mas a uma taxa cada vez menor. Já o tratamento AD foi o mais eficaz no pomar de maçã, no que diz respeito ao aumento da taxa de enxurrada inicial.

Independente do tratamento estudado, o crescimento da taxa de enxurrada passou a ser cada vez menor, no decorrer da chuva simulada. O tratamento SC atingiu a taxa máxima de enxurrada de 74 mm h^{-1} , correspondente a 96% da chuva simulada, aos 56 minutos do tempo de chuva (Figura 3). O tratamento ST expressou a uma taxa máxima de enxurrada de 59 mm h^{-1} aos 59 minutos. Em relação aos tratamentos com aveia, o AE apresentou o pico de enxurrada de 53 mm h^{-1} aos 54 minutos de chuva, enquanto, o AD, expressou o valor máximo

de enxurrada de 54 mm h^{-1} aos 57 minutos do tempo de chuva. O tratamento CN mostrou-se o mais eficiente sistema de uso do solo em relação a essa variável, alcançando o pico de enxurrada de 43 mm h^{-1} faltando três minutos para o fim do teste de chuva. Chama a atenção no hidrograma à impressão visual que se tem do volume de enxurrada, representado pela área sob a curva da enxurrada. Assim, o tratamento SC, apresentou volume de enxurrada cerca de 60% maior do que o CN. Comparando o SC com os tratamentos com algum tipo de cobertura vegetal no nível do solo sob as plantas de maçã, o volume de enxurrada também foi superior no SC, porém, essa diferença não foi tão marcante visualmente, constituindo-se em cerca de 30% superior a tais tratamentos.

4.3 INFILTRAÇÃO DE ÁGUA NO SOLO

A infiltração de água da chuva no solo foi baixa no solo descoberto (SC), com valores maiores e similares entre si nos tratamentos com aveia (AE e AD), e no sistema tradicional (ST) sob o cultivo de maçã (Tabela 10). A explicação para tal se dá pela alta cobertura do solo proporcionada pela massa vegetal verde (Tabela 5) e baixa umidade do solo nos três testes (Tabela 6) na AE e, pela boa cobertura de resíduo cultural dessecado na AD (Tabela 5). Além disso, a rugosidade superficial desses dois tratamentos contribuiu para aumentar a retenção superficial de água e, conseqüentemente, a infiltração de água no solo, concordando com Levien (1988). Já no tratamento ST, esse valor de infiltração foi conseqüência entre outros, da cobertura de gramíneas e leguminosas nas entre linhas da maçã.

Tabela 10 – Infiltração total de água no solo, em função dos diversos sistemas de manejo de um Latossolo Bruno em pomar de maçã, comparadas ao campo natural, sob chuva simulada, Vacaria, RS, 2007

Tratamento	Teste 1	Teste 2	Teste 3	Média
	-----mm-----			
ST	31	40	26	32
AE	39	35	33	36
AD	48	37	29	38
SC	32	36	17	28
CN	42	46	41	43

ST: sistema tradicional; AE: aveia preta + enxada; AD: aveia preta + enxada rotativa + dessecada; SC: solo sem cobertura; CN: campo natural. (média de duas repetições).

Comparando-se os tratamentos com e sem cobertura vegetal sob as plantas de maçã, verifica-se que houve baixa infiltração de água no solo no tratamento SC; esta foi equivalente

a 1/3 do volume de chuva aplicada sobre o tratamento (Tabela 2), podendo ser explicada pela completa ausência de cobertura vegetal rasteira, o que facilitou o livre escoamento da água e/ou a infiltração no solo. A maior infiltração de água no solo foi verificada no tratamento CN. Isto é explicado pela maior cobertura vegetal do solo (Tabela 5), concordando com Cogo et al. (1984) e Bertol et al. (1997^a) e, ainda pela melhor qualidade estrutural do solo devido à ausência de preparo nesse tratamento.

Dentre os testes de chuva realizados, a menor infiltração de água no solo ocorreu no terceiro teste, em todos os tratamentos, em virtude do maior teor de água no solo (Tabela 5), explicado pela ocorrência de chuvas naturais que antecederam o último teste de chuva simulada.

De modo geral, a infiltração total de água no solo, durante parte do ciclo da maçã, não apresentou tendência definida, variando aleatoriamente de teste para teste de chuva, influenciada possivelmente pela umidade do solo e cobertura do solo.

4.4 RAZÃO PERDA DE ÁGUA

A razão de perda de água define o comportamento do escoamento superficial em determinada condição de manejo comparado ao solo sem cobertura. Sua variação ao longo do tempo, em cada tratamento é apresentada na tabela 11.

Tabela 11 – Razão de perda de água em diversos sistemas de manejo de um Latossolo Bruno em pomar de maçã, comparadas ao campo natural, sob chuva simulada, em Vacaria, RS, 2007

Tratamento	Teste 1	Teste 2	Teste 3	Média
ST	0,85	0,92	0,90	0,89
AE	0,75	0,95	0,75	0,80
AD	0,68	0,92	0,86	0,82
SC	1,00	1,00	1,00	1,00
CN	0,68	0,58	0,62	0,62

ST: sistema tradicional; AE: aveia preta + enxada; AD: aveia preta + enxada rotativa + dessecada; SC: solo sem cobertura; CN: campo natural.

A razão de perda de água apresentou valores altos e similares nos tratamentos aveia incorporada na enxada (AE) e aveia dessecada (AD), sendo, tais valores, inferiores ao observado no sistema tradicional de manejo (ST), de menor cobertura do solo. Estes valores foram maiores ao do campo natural (CN). Neste tratamento, mesmo com elevada cobertura do

solo pela massa vegetal, apresentou uma redução das perdas de água de apenas 38% em relação à ocorrida no SC. Este valor pode ser considerado alto para um sistema conservacionista e estável como o campo natural. Estes resultados são explicados principalmente pela cobertura superficial do solo nos diversos tratamentos (Tabela 5), e são consistentes com os resultados de taxa de infiltração da água da chuva no solo (Tabela 10) e de taxa de escoamento (Tabela 9).

4.5 COEFICIENTE DE ESCOAMENTO

O coeficiente de escoamento ou coeficiente C da Equação Racional reflete a relação da taxa de enxurrada e da taxa de chuva, no momento do pico da enxurrada (Ramser, 1927; Schwab et al., 1993); isso significa que o escoamento superficial e o coeficiente C diminuem em superfícies de solo cobertas e/ou rugosas que retêm, armazenam e infiltram maior quantidade de água da chuva no solo, do que superfícies descobertas e/ou lisas.

A variação no coeficiente de escoamento entre os tratamentos deve-se principalmente à variação do sistema de manejo da cobertura do solo e, em parte, à variação da declividade do terreno (Anexo 1) e da intensidade da chuva nos diferentes tratamentos (Tabela 2). A variação do coeficiente C para os tratamentos com manejo da cobertura do solo sob as plantas de maçã durante o experimento foi relativamente baixa, ou seja, de 0,47 a 0,63 (Tabela 12), na média dos testes de chuva, indicando uma variabilidade entre esses tratamentos de apenas 16% na taxa constante de enxurrada. Nesta comparação, a AD foi levemente superior no controle do escoamento apresentando, no entanto, taxas de enxurrada relativamente altas se comparadas às do SC, no qual a taxa de escoamento equivaleu a 63% da taxa de chuva, no pico da enxurrada. Valores estes altamente influenciados pelos coeficientes do teste 3, ocasionados pela alta umidade presente no solo (Tabela 6), provocadas por chuvas naturais que antecederam o último teste de chuva simulada.

Tabela 12 – Coeficiente de escoamento em diversos sistemas de manejo de um Latossolo Bruno em pomar de maçã, comparadas ao campo natural, sob chuva simulada, em Vacaria, RS, 2007

Tratamento	Teste 1	Teste 2	Teste 3	Média
	-----Adimensional-----			
ST	0,42	0,48	0,64	0,51
AE	0,41	0,54	0,54	0,50
AD	0,34	0,47	0,60	0,47
SC	0,57	0,55	0,76	0,63
CN	0,31	0,27	0,40	0,33

ST: sistema tradicional; AE: aveia preta + enxada; AD: aveia preta + enxada rotativa + dessecada; SC: solo sem cobertura; CN: campo natural. (média de duas repetições)

Na comparação entre os tratamentos com e sem plantas de maçã, a amplitude dos valores do coeficiente C foi um pouco maior (0,30), com valores que variaram de 0,33 a 0,63 (Tabela 12), significando uma variabilidade entre tratamentos de 30% na taxa constante de enxurrada. Neste caso, porém, o CN foi o tratamento mais eficaz no controle do escoamento, apresentando praticamente a metade do valor de C encontrado para o tratamento SC.

Analisando os coeficientes para cada teste, houve a mesma tendência dos valores médios encontrados, ou seja, maior eficácia do CN sobre as macieiras e destaque do tratamento AD sobre os outros tratamentos com cobertura do solo, tanto para o teste 1 quanto para o teste 2. O tratamento AE foi o mais eficaz no controle do escoamento no teste 3, apresentando uma taxa de enxurrada relativamente alta (Coeficiente C = 0,54) se comparada à do SC, no qual a taxa de escoamento equivaleu a 76% da taxa de chuva, no pico da enxurrada.

Na média dos três testes, observou-se uma variabilidade relativamente pequena nos valores do coeficiente C, entre os tratamentos, mostrando a influência que o manejo do solo exerce sobre a taxa constante de enxurrada, conforme constatado ainda por outros autores (Schwab et al., 1993; Schick et al., 2000), mas em magnitude muito inferior àquela exercida sobre as perdas de solo (Cogo et al., 1984; Bertol et al., 1997a).

4.6 CONCENTRAÇÃO DE SEDIMENTOS NA ENXURRADA

A concentração de sedimentos na enxurrada apresentou ampla variação entre as formas de manejo da cobertura e testes de chuva simulada (Tabela 13). Ao longo dos testes de chuva, houve tendência de diminuição da concentração de sedimentos transportados na água da enxurrada em quase todos os tratamentos, com exceção para o CN. Isto se deve ao fato de que a vegetação natural presente neste tratamento exerceu a função de interceptação das gotas

de chuva, representando um obstáculo ao escoamento da água, eliminando a desagregação, onde praticamente não houve perdas de sedimentos por escoamento.

Com relação aos tratamentos com manejo da cobertura do solo sob as plantas de maçã, a tendência natural foi de diminuição das perdas do teste 1 para o teste 3. Fato este não constatado no tratamento AD, no transcorrer do teste 2 para o 3, em virtude da redução da cobertura provocada pela decomposição do resíduo da aveia anteriormente dessecada, diminuindo a proteção do solo contra o impacto das gotas de chuva e intensificando o processo de desagregação das partículas, facilitando seu transporte. Os demais tratamentos (ST, AE e SC) apresentaram a mesma tendência de redução, sendo semelhantes entre si no decorrer dos testes; elevados valores na concentração de sedimentos na enxurrada no teste 1, decorrente dos sedimentos estarem prontamente disponíveis ao transporte pela enxurrada em maiores quantidades, e diminuição dessa concentração no último teste.

Tabela 13 – Concentração média de sedimentos na enxurrada em função dos diversos sistemas de manejo de um Latossolo Bruno em pomar de maçã, comparadas ao campo natural, sob chuva simulada, em Vacaria, RS, 2007

Tratamento	Teste 1	Teste 2	Teste 3	Média
	-----g L ⁻¹ -----			
ST	0,38	0,19	0,12	0,23
AE	0,64	0,18	0,13	0,32
AD	0,73	0,30	0,31	0,45
SC	5,23	2,60	1,92	3,25
CN	0,11	0,07	0,10	0,09

ST: sistema tradicional; AE: aveia preta + enxada; AD: aveia preta + enxada rotativa + dessecada; SC: solo sem cobertura; CN: campo natural. (média de duas repetições)

O sistema tradicional de manejo da cobertura do solo em pomares de maçã se mostrou o sistema mais eficaz na redução da concentração de sedimentos na enxurrada (0,23 g L⁻¹). O tratamento AE apresentou concentração de sedimentos 1,4 vezes maior que o ST e o equivalente a 1/10 do tratamento testemunha (SC), na média dos testes de chuva. A maior eficácia do ST, em relação aos outros tratamentos é explicada pela permanência da cobertura verde já consolidada até o final dos testes e, também, pela baixa mobilização do solo. Já o AE é explicado pelo continuado desenvolvimento vegetativo das plantas de aveia, evitando que as gotas de chuva incidissem diretamente sobre o solo, aumentando a proteção do solo pelo desenvolvimento da parte aérea e também das raízes, as quais aumentaram a resistência do solo à erosão.

A concentração de sedimentos na enxurrada decresceu ao longo da aplicação das chuvas simuladas, conforme o tipo de cobertura e o manejo adotado (Figura 4), concordando com Leite (2003), Engel (2005) e Luciano (2008).

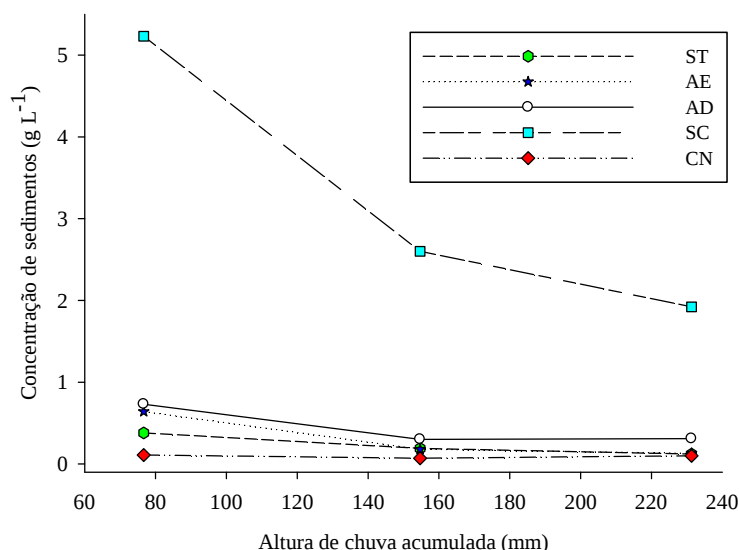


Figura 4 - Relação da concentração de sedimentos na enxurrada com a altura de chuva acumulada, para os diversos tratamentos em pomar de maçã, submetidos à chuva simulada sobre um Latossolo Bruno, em Vacaria, RS, 2007 (média de três testes de chuva simulada e de duas repetições)
ST: sistema tradicional; AE: aveia preta + enxada; AD: aveia preta + enxada rotativa + dessecada; SC: solo sem cobertura; CN: campo natural.

Os tratamentos com cobertura do solo apresentaram uma concentração de sedimentos inferior ao descoberto, em todos os testes de chuva. Isto é explicado pelo efeito de filtragem da enxurrada ocasionada pelos resíduos culturais, retendo partículas e/ou agregados que estavam sendo transportados pela enxurrada. Essa diferença no arraste de sedimentos foi observada principalmente em função do manejo da cobertura adotado. Dentre os manejos adotados no pomar, o ST apresentou leve superioridade perante os outros, possivelmente em função da formação e disposição de obstáculos que impediram o escoamento, proporcionando maior dificuldade para o fluxo transportar os sedimentos.

4.7 PERDA DE SOLO

4.7.1 Perda total de solo

A perda total de solo sofreu influência dos tratamentos de manejo da cobertura e dos testes de chuva, devido à interferência que estas variáveis tiveram nas perdas de água na forma de enxurrada e na concentração de sedimentos na enxurrada. As perdas de solo variaram entre 0,022 t ha⁻¹ (campo natural no teste 2) a 2,116 t ha⁻¹ (sem cobertura no teste 1), apresentando uma tendência de diminuição do teste 1 para o teste 3 (Tabela 14). Nos tratamentos AD e SC houve pequeno aumento no teste 3 em relação ao teste 2.

O tratamento SC foi o que apresentou a maior perda total de solo, sendo 11 vezes maior do que a AD e 13, 14 e 51 vezes maior do que o AE, ST e CN, respectivamente, na média dos testes de chuva simulada (Tabela 14), concordando com Leite (2003) e Engel (2005). A maior perda total de solo no SC, em relação às demais formas de manejo é explicada pelo maior volume de enxurrada (Tabela 9) e, principalmente, pela maior concentração de sedimentos na enxurrada (Tabela 13); esta diferença está associada à degradação física do solo, decorrente da ausência de cobertura vegetal rasteira, concordando com Mello (2002), Leite (2003) e Engel (2005). Os valores médios de perdas de solo encontrados neste experimento são semelhantes aos encontrados por Sánchez et al. (2002) para a cultura da macieira (1,47 t ha⁻¹ ano⁻¹) e por Fernandez (1994) para a cultura de pêssego (0,11 t ha⁻¹ mês⁻¹) no “Bajo Seco” na Estação Experimental de Cordillera La Costa, ao norte da Venezuela.

Tabela 14 – Perda total de solo ajustada para intensidade da chuva de 70 mm h⁻¹ e declividade média de 0,091 m m⁻¹, em função dos diferentes tratamentos e das chuvas simuladas aplicadas, em pomar de maçã, comparadas ao campo natural, em Vacaria, RS, 2007

Tratamento	Teste 1	Teste 2	Teste 3	Média
	----- t ha ⁻¹ -----			
ST	0,158	0,069	0,058	0,095
AE	0,194	0,061	0,046	0,101
AD	0,154	0,092	0,117	0,121
SC	2,116	0,893	0,978	1,329
CN	0,033	0,022	0,023	0,026
Média	0,531	0,227	0,244	

ST: sistema tradicional; AE: aveia preta + enxada; AD: aveia preta + enxada rotativa + dessecada; SC: solo sem cobertura; CN: campo natural. (média de duas repetições)

No caso dos tratamentos com cobertura do solo por aveia, a tendência de diminuição das perdas de solo com o aumento dos testes de chuva só não ocorreu no AD. Neste tratamento, tal aumento do teste 2 para o teste 3, é explicado pelo maior volume de água escoado no último teste, já que a concentração de sedimentos na enxurrada se manteve constante nestes dois testes. Isto ocorreu principalmente por causa da decomposição dos resíduos vegetais da aveia dessecada. No tratamento AE, manteve-se a tendência de redução da perda de solo do teste 2 para o teste 3. Isto é explicado pelo continuado desenvolvimento vegetativo das plantas de aveia, diferente do que ocorreu no tratamento AD, em que a aveia foi dessecada, evitando que as gotas de chuva incidissem diretamente sobre o solo. Além disso, o desenvolvimento do sistema radicular da aveia no AE aumentou a resistência do solo à desagregação e ao transporte de partículas de solo pela enxurrada, em relação ao tratamento AD, promovendo maior resistência do solo à erosão hídrica. O tratamento ST, no entanto, apresentou maior eficiência do que os demais com maçã, com uma perda total de solo de $0,095 \text{ t ha}^{-1}$, na média dos testes de chuva; esta perda equivale a 94% e 79% daquela ocorrida nos tratamentos AE e AD respectivamente, sendo explicado do mesmo modo como para a concentração de sedimentos na enxurrada.

No tratamento de CN, a baixa perda de solo é explicada pela massa vegetal do campo sobre a superfície do solo que interceptou as gotas de chuva e representou um forte obstáculo ao livre escoamento da água; isto praticamente eliminou a desagregação do solo e ocasionou acentuada redução na capacidade de transporte de sedimentos pela enxurrada, conforme constado também por Leite (2003).

4.7.2 Razão de perda de solo

No estudo realizado em pomar de maçã, a erosão hídrica final de cada tratamento analisado, foi influenciada por inúmeros fatores que agiram no solo, interativamente. A interpretação dos resultados de erosão hídrica feita com base em cada uma das variáveis que a influenciou, individualmente, em muitos casos, dificultou a explicação dos resultados, exatamente pelo fato de que muitas outras variáveis podem ter influenciado também os referidos resultados, com magnitudes diferentes nos distintos tratamentos. Desse modo, para uma melhor interpretação e compreensão da influência conjunta dessas variáveis na erosão hídrica, calculou-se a razão de perdas de solo (Tabela 15). Essa razão procura representar o efeito de todas as variáveis, intrínsecas e extrínsecas do solo, tais como umidade antecedente

às chuvas, cobertura por resíduos vegetais e pela copa das plantas, rugosidade e consolidação da superfície, propriedades físicas internas do solo, além de possíveis outras, sobre a taxa de perda de solo.

Tabela 15 – Razão de perda de solo em função dos diferentes tratamentos e das chuvas simuladas aplicadas, em pomar de maçã, comparadas ao campo natural, em Vacaria, RS, 2007

Tratamento	Teste 1	Teste 2	Teste 3	Média
ST	0,075	0,077	0,059	0,072
AE	0,092	0,069	0,047	0,076
AD	0,073	0,103	0,120	0,091
SC	1,000	1,000	1,000	1,000
CN	0,016	0,025	0,023	0,020

ST: sistema tradicional; AE: aveia preta + enxada; AD: aveia preta + enxada rotativa + dessecada; SC: solo sem cobertura; CN: campo natural. (média de duas repetições)

Os resultados encontrados na razão de perda de solo, também expressos na forma adimensional, apresentaram valores baixos. Os tratamentos aveia incorporada na enxada (AE) e sistema tradicional (ST), por exemplo, apresentaram uma perda de 7% em relação ao tratamento descoberto (SC), usado como referência e expresso como índice máximo, e ainda em torno de 9% inferior ao observado no manejo da aveia dessecada (AD), contendo maior cobertura do solo. Porém, estes valores não foram tão expressivos positivamente quanto o uso da cobertura com campo natural (CN), onde, devido à elevada cobertura do solo pela massa vegetal, apresentou uma eficiência na redução das perdas de solo em 98% do total ocorrido no SC.

4.7.3 Relação da perda de solo com a erosividade da chuva

Relacionando as perdas de solo com a erosividade da chuva, pode-se observar que, à medida que aumentou a erosividade da chuva, aumentou também a perda de solo. As linhas de regressão entre as perdas de solo e o índice de erosividade, EI_{30} , acumulado, nos três testes de chuva e em cada tratamento, apresentaram um comportamento crescente e linear (Figura 5), sendo distinto para cada tratamento. Vale lembrar que a erosividade representa o potencial do impacto das gotas de chuva e do escoamento superficial a ela associada para causar erosão (WISCHMEIER & SMITH, 1978; RENARD et al., 1997).

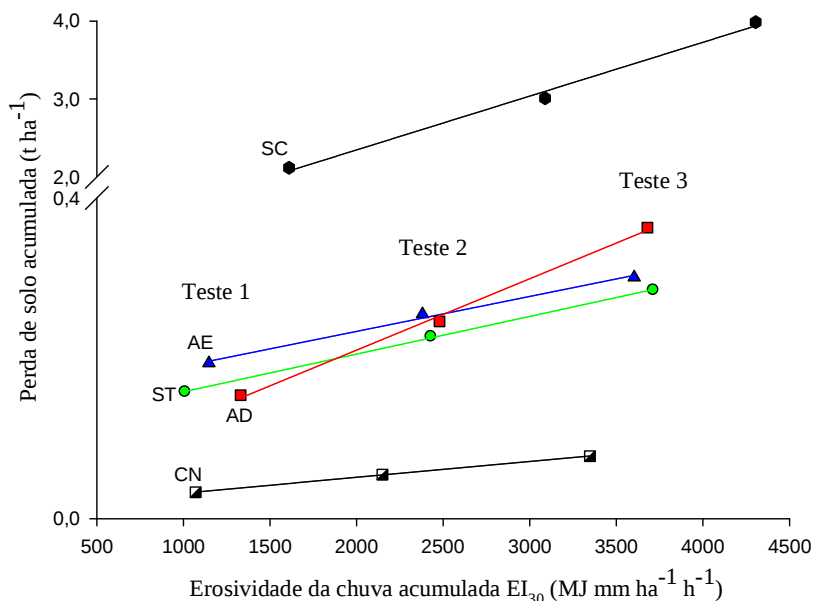


Figura 5 – Relação da perda de solo acumulada com a erosividade da chuva acumulada (EI_{30}) do teste 1 ao teste 3 em um Latossolo Bruno, em pomar de maçã, em Vacaria, RS, 2007 (média das repetições).

ST: sistema tradicional; AE: aveia preta + enxada; AD: aveia preta + enxada rotativa + dessecada; SC: solo sem cobertura; CN: campo natural.

4.7.4 Relação da perda de solo com a perda de água

A relação de concentração de sedimentos na enxurrada com taxas de perda de água mostrou que diminuiu a importância da taxa de enxurrada sobre a perda de solo na medida em que melhorou o sistema de manejo do ponto de vista de controle da erosão (Figuras 6, 7, 8, 9). No caso do tratamento SC (Figura 6), a relação foi significativa a 1% de probabilidade, pelo modelo linear. Isto significa que a taxa de perda de água explicou fortemente a concentração de sedimentos na enxurrada ($R^2 = 0,867$), devido à ausência de cobertura do solo sob as plantas de maçã e à mobilização do solo pela capina. Assim, o gotejamento de copa a partir da folhagem das plantas, o impacto direto das gotas de chuva sobre as porções da superfície do solo descoberto e sem proteção de copa e o escoamento superficial, foram os agentes erosivos causadores de desagregação e transporte de sedimentos neste tratamento.

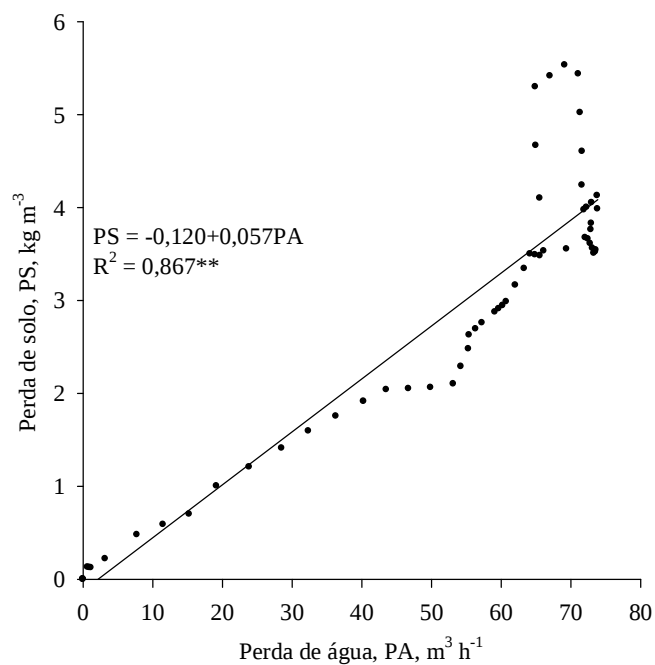


Figura 6 - Relação da perda de solo, PS, com a perda de água, PA, no tratamento solo sem cobertura (SC) de um Latossolo Bruno em pomar de maçã, em Vacaria, RS, 2007.

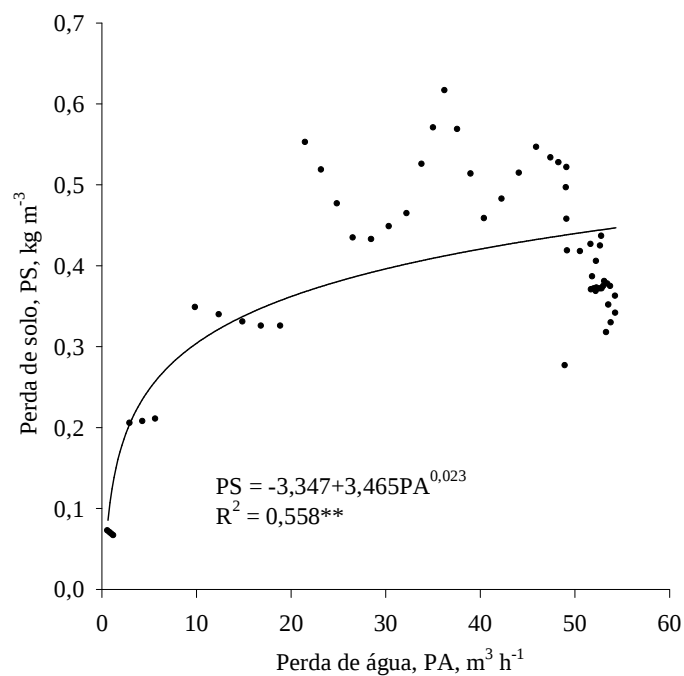


Figura 7 - Relação da perda de solo, PS, com a perda de água, PA, no tratamento aveia dessecada (AD) de um Latossolo Bruno em pomar de maçã, em Vacaria, RS, 2007.

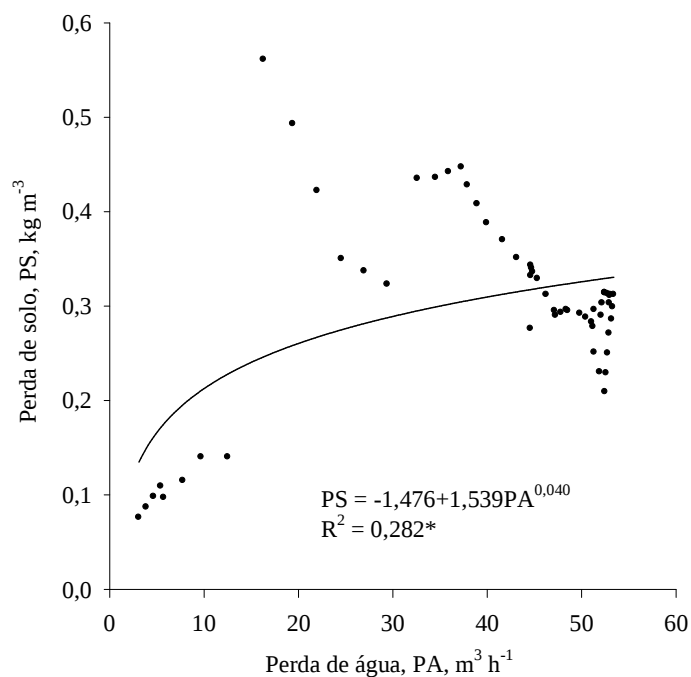


Figura 8 - Relação da perda de solo, PS, com a perda de água, PA, no tratamento aveia (AE) de um Latossolo Bruno em pomar de maçã, em Vacaria, RS, 2007.

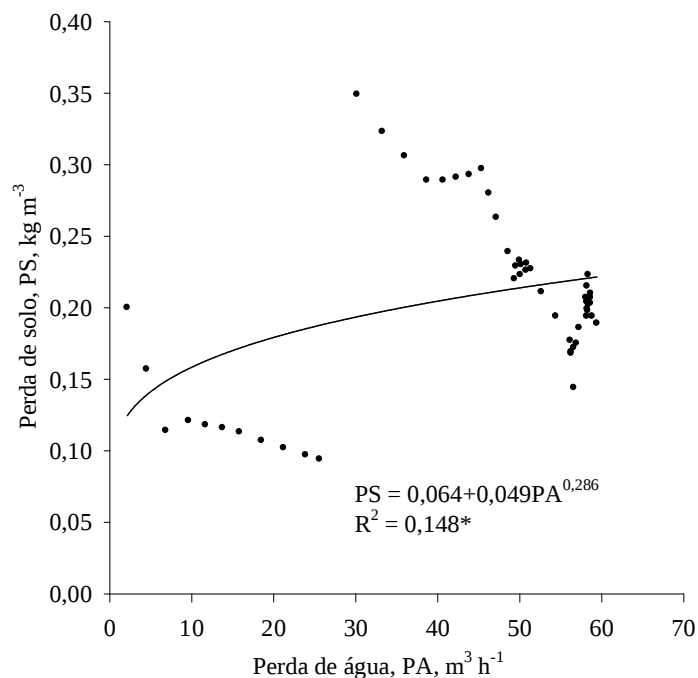


Figura 9 - Relação da perda de solo, PS, com a perda de água, PA, no tratamento sistema tradicional (ST) de um Latossolo Bruno em pomar de maçã, em Vacaria, RS, 2007.

Nos tratamentos AD, AE e ST, o modelo potencial foi o que melhor se ajustou à relação da concentração de sedimentos na enxurrada com a taxa de perda de água. Para o

tratamento AD (Figura 7), a relação foi significativa a 1% de probabilidade ($R^2 = 0,558$), enquanto, para os tratamentos AE e ST (Figuras 8 e 9), a significância deu-se a 5% de probabilidade ($R^2 = 0,282$). Fisicamente, essas relações explicam-se: nos três tratamentos, a concentração de sedimentos na enxurrada foi menor nos tempos iniciais de chuva com menores taxas de escoamento, aumentando na medida em que a taxa de enxurrada foi aumentando; no entanto, tal aumento ocorreu em valores cada vez menores, diferentemente da relação ocorrida no tratamento SC (Figura 6). Isto ocorreu porque no início do escoamento a energia de transporte da enxurrada encontrava-se ainda baixa; assim, apesar da maior quantidade de sedimentos soltos na superfície do solo, o transporte foi dificultado devido à cobertura do solo com aveia (AE e AD) e com gramíneas e leguminosas (ST). Na medida em que a taxa de enxurrada aumentava, a quantidade de sedimentos disponíveis para o transporte diminuía, o que resultava em diminuição do crescimento da concentração de sedimentos na enxurrada. A dispersão de pontos, representada pelos momentos de coleta da enxurrada, na seqüência dos testes de chuva, maior nas figuras 8 e 9, revela que a maior parte dos sedimentos perdidos por erosão não dependeu da taxa de enxurrada, mas, de outras variáveis não controladas experimentalmente nestes tratamentos.

No campo natural (CN), a concentração de sedimentos na enxurrada apresentou tendência de diminuição com o aumento da taxa de descarga, embora essa relação não tenha sido significativa (Figura 10). Nessa forma de uso do solo, a cobertura vegetal do campo e a estabilidade estrutural do solo, além da inexpressiva quantidade de solo solto, contribuíram para essa forma de relação entre as variáveis; isto, por sua vez, justifica o fato da taxa de perda água não explicar a perda de solo e justifica, ainda, a baixa perda de solo ocorrida neste tratamento.

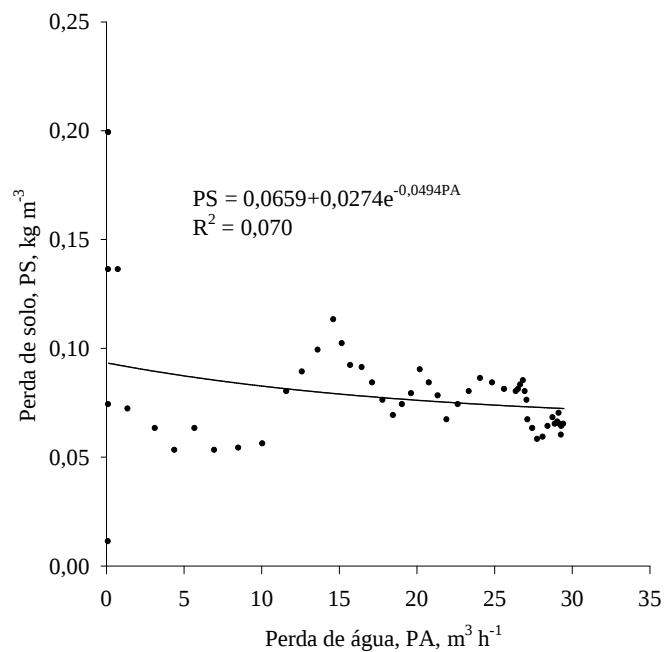


Figura 10 – Relação da perda de solo, PS, com a perda de água, PA, no tratamento campo natural (CN) de um Latossolo Bruno, em Vacaria, RS, 2007.

5 CONCLUSÕES

1. O tipo e forma de manejo da cobertura do solo e o número de chuvas influenciam as perdas de água e solo por erosão hídrica em pomar de maçã; as perdas de solo variam amplamente, enquanto, as perdas de água apresentam menor variação.

2. O cultivo da aveia sob as macieiras implica em mobilização do solo, o que torna esse tipo de cobertura do solo, especialmente quando a aveia é dessecada, menos eficaz no controle das perdas de solo do que a cobertura tradicional; no que se refere às perdas de água, no entanto, o sistema com aveia, especialmente quando dessecada, é mais eficaz do que o sistema tradicional.

3. A eliminação da cobertura do solo sob as macieiras propicia aumento expressivo de perdas de solo em relação à manutenção de cobertura; no que se refere às perdas de água, a diferença é menor.

4. As perdas de solo aumentam com o aumento da taxa de enxurrada durante a chuva, independentemente do tipo e do sistema de manejo da cobertura do solo sob as macieiras.

5. A melhoria de eficácia do tipo e sistema de manejo da cobertura do solo sob as macieiras no controle das perdas de solo implica em diminuição da relação entre as perdas de solo e as perdas de água por erosão hídrica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, J. E.; ARKIN, G. F. **A light interception method for measuring row crop ground cover**. Soil Science Society for America Journal. V. 41, 789-792, 1977.

AGAPOMI. **Levantamento de área de maçã no Rio Grande do Sul – 2007**. Disponível em: < http://www.agapomi.com.br/arquivos/area_municipio_2007.pdf >. Acesso em 02 mar. 2009.

ALBERTS, E. E.; MOLDENHAUER, W. C.; FOSTER, G. R. **Soil aggregates and primary particles transported in rill and interrill-flow**. Soil Science Society for Journal, Madison, v. 44, n. 3, 590-595, 1980.

ALMEIDA, F.S. **Controle de plantas daninhas em plantio direto**. Londrina: IAPAR, 34p, 1991.

AMADO, T. J. C. **Relações da erosão hídrica do solo com níveis e formas de manejo do resíduo cultural de soja (Glycine Max (L.) Merr.), em condições de chuva simulada**. Faculdade de Agronomia, UFRGS, Porto Alegre (RS), 1985, 104p. (Dissertação de Mestrado).

AMAP. **Situação da Maçã, em Santa Catarina**. Disponível em: < <http://www.amap-sc.com.br/> >. Acesso em 03 mar. 2009.

ARAUJO, A.M.; TORMENA, C.A.; SILVA, A.P. **Propriedades físicas de um latossolo vermelho distrófico cultivado e sob mata nativa**. Revista Brasileira de Ciência do Solo. 28:337-345, 2004.

BERTOL, I. **Comprimento crítico de declive para preparos conservacionistas de solo**. Porto Alegre (RS), UFRGS, 1995. 185p. (Tese de Doutorado).

BERTOL, I. **Relações da erosão hídrica com métodos de preparo do solo, na ausência e presença de cobertura vegetal por resíduo cultural de trigo**. Porto Alegre (RS), UFRGS, 1986. 158 p. (Dissertação de Mestrado).

BERTOL, I.; COGO, N. P.; MIQUELLUTI, D. J. **Sedimentos transportados pela enxurrada relacionados à cobertura e rugosidade superficial do solo e taxa de descarga.** Pesquisa Agropecuária Gaúcha, v. 3, n. 2, 199 – 206, 1997^a.

BERTOL, I.; COGO, N.P. & LEVIEN, R. **Erosão hídrica em diferentes preparos do solo logo após as colheitas de milho e trigo, na presença e ausência de resíduos culturais.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, 21: 409 – 418, 1997b.

BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**, 4. Ed. São Paulo: Ícone, 1999.

BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**, 5. Ed. São Paulo: Ícone, 2005, 390p.

BRAGAGNOLO, N.; MIELNICZUK, J. **Cobertura do solo por palha de trigo e seu relacionamento com a temperatura e umidade do solo.** R. Bras. Ci. Solo, Campinas, v.14, p.369-374, 1990.

BUHLER, D.D. **Influence of tillage btain on weed population dynamics and management in corn and soybean in the central USA.** Crop Science, Madison, v. 35, p. 1247-1258, 1995.

BURWELL, R. E.; ALLMARAS, R. R.; SLONEKER, L. L. **Structural alteration of soil surfaces by tillage and rainfall.** Journal of Soil and Water Conservation, Ankeny, 21:61-63, 1966.

COGO, N. P. **Effect of residue cover, tillage induced roughness, and slope length on erosion and related parameters.** West Lafayette, Indiana, USA, 1981. Purdue University, 346p. Thesis (Ph. D. – Soil Science).

COGO, N. P.; MOLDENHAUER, W. C.; FOSTER, G.R. **Soil loss reductions from conservation tillage practices.** Soil Sci. Soc. Of Am. J., Madison 48(2):368-373, 1984.

CURCIO, G. R.; CARVALHO, A. P.; ROSSI, M.; ALMEIDA, J. A.; COELHO, M. R. **Descrição de perfis do Estado do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre, 89p, 1999.

DULEY, F. L. **Surface factors affecting the rate of intake of water by soils.** Soil Sci. Soc. Am. Proc., Madison, v. 4, p. 60-64, 1939.

ELLISON, W. D. **Soil erosion studies.** Agric. Eng., St. Joseph, v. 28, p. 145-147, 197-201, 245-248, 297-300, 349-351, 402-405, 442-444, 1947.

ELLISON, W. D.; SLATER, C. S. **Factor that affect surface sealing and infiltration of exposed soil surfaces.** Agricultural Engineering, St. Joseph, v. 26, n. 4, 156-157, 162, 1945.

ELTZ, F.L.P. **Perdas por erosão sob precipitação natural em diferentes manejos de solo e coberturas vegetais**. I. Solo da unidade de mapeamento São Jerônimo – primeira etapa experimental. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 97p, 1977.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Serviço de produção e informação (SPI/EMBRAPA), 412p, 1999.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA.
Recomendações gerais do encontro sobre uso do simulador de chuva em pesquisa de conservação do solo no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PESQUISA DE EROÇÃO COM SIMULADORES DE CHUVA, 1975. Londrina. Resumos. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, p. 107-120. 1975.

ENGEL, F. L. **Erosão hídrica em diferentes estágios de crescimento da cultura da soja, em diferentes métodos de preparo do solo**. Lages, SC, UDESC, 88 p. 2005. (Dissertação de Mestrado).

FERNANDEZ, L. **Evaluación del Riesgo de Erosión por Salpique en Suelos de la Cuenca Alta del Río Petaquire**. Apuntes Técnicos Palmaven, Caracas, Venezuela. 1994.

FORSYTHE, W. **Física de Suelos**: Manual de btain io. San José, Instituto Interamericano de btain Agrícolas, 209p, 1975.

FOSTER, G. R. **Modeling the erosion process**. In: Hydrological Modeling of small Watersheds. American Society of Agricultural Engineering, St. Joseph, 1982. Chapter 8, p. 297 – 300, 1982.

FOSTER, G. R.; MEYER, L. D. **Transport of soil particles by shallow flow**. Trans. Of the ASAE, St. Joseph, v. 15, p. 99-102, 1972.

GHUMAN, B.S. & LAL, R. **Efecct of crop cover on temperature regime of on Alfisol in the tropics**. Agronomy Journal, Madison, 75:931-936, 1985.

GILLEY, J. E.; FINKNER, S. C.; VARVEL, G. E. **Size distribution of sediment as affected by surface residue and slope length**. Trans. Of the ASAE, St. Joseph, v. 30, n. 5, p. 1419-1424, 1987.

GOMES, F.R.C. **Qualidade da fruta e do solo em pomares de pessegueiro manejados com aveia preta (PIP)**. 2003. 84 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2003.

HUDSON, N. W. **Soil Conservation**. 2nd ed. Ithaca, Cornell University Press. 324p, 1981.

KOHNKE, H. **Soil Physics**. McGraw-Hill. New York. 224p. 1968.

LEITE, D. **Erosão hídrica sob chuva simulada em um NITOSSOLO HÁPLICO submetido a diferentes manejos**. Lages, SC, UDESC, 88 p. 2003. (Dissertação de mestrado).

LEITE, D; BERTOL, I; GUADAGNIN, J. C; SANTOS, E. J; RITTER, S, R.. **Erosão hídrica em um Nitossolo Háplico submetido a diferentes sistemas de manejo sob chuva simulada**. I – Perdas de solo e água. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 2:1033-1044, 2004.

LEVIEN, R. **Erosão na cultura do milho em diferentes sistemas de cultivo anterior e métodos de preparo do solo**. Porto Alegre, RS, UFRGS, 168 p, 1988. (Dissertação de mestrado).

LOPES, P. R. C.; CASSOL, E. A. & COGO, N. P. **Influência da cobertura vegetal morta na redução da velocidade de enxurrada e na distribuição de tamanho de sedimentos transportados**. R. bta. Ci. Solo, 11:193-197, 1987.

LOPES, P. R. C. **Relações da erosão com tipos e quantidades de resíduos culturais espalhados uniformemente sobre o solo**. Porto Alegre, RS, UFRGS, 116 p. 1984. (Dissertação de mestrado).

LUCIANO, R. V. **Erosão hídrica em três formas de semeadura de aveia e ervilhaca em um Cambissolo Húmico**. 2008. 84 p. (Dissertação de Mestrado) – UDESC, Lages, 2008.

MANNERING, J. V.; MEYER, L. D. **The effects of various rates of surface mulch on infiltration and erosion**. Soil Sci. Soc. Am. Proc., Madison, v. 27, p. 84-86, 1962.

MARANGONI, B.; SCUDELLARI, D.; TACLIIVINI, M. **Relazione tra nutrizione azotata e metabolismo delle piante**. Rivista di Frutticoltura e di Ortofloricoltura, Bologna, v. LVII p.7-8, 1995.

MELLO, E.L. **Erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo do solo sob chuva simulada**. Lages, SC, UDESC, 88 p, 2002. (Dissertação de mestrado).

MEYER, L. D.; FOSTER, G. R.; NIKOLOW, S. **Effect of flow rate and canopy on rill erosion**. Trans. Of the ASAE, St. Joseph, v. 18, n. 5, p. 905-911, 1975.

MEYER, L.D. **An investigation of methods for simulating rainfall on standard runoff plots and a study of the drop size, velocity, and kinetic energy of selected spray nozzles**. West Lafayette, USDA-ARS-SWCRD-ESWMRB and Purdue University, 43p, 1958. (Special Report, 81)

PITELLI, R.A. **Interferência das plantas daninhas em culturas agrícolas**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.11, n. 129, p.16-27, 1985.

PORTO, O.M.; RECK, S.R.; MORAES, L.A.H. et al. **Recomendações técnicas para a cultura de citrus no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: FEPAGRO, 1995. (Boletim FEPAGRO)

RAMSER, C. E. **Runoff from small agricultural areas**. Journal Agricultural Research, v.34, p.797-923, 1927.

RENARD, K. J.; FOSTER, G. R.; WEESIES, G. A. et al. **Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the resised universal soil loss equation (RUSLE)**. Washington: USDA (Agricultural Handbook), 1997.

RUFATO, L. **Indicadores da qualidade biológica do solo e coberturas vegetais para a cultura do pessegueiro (Prunus btain L. Batsch) em produção integrada e orgânica**. 2004. 101 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Pelotas, 2004.

SÁNCHEZ, L.A.; ATAROFF, M.; LÓPEZ, R. **Soil erosion under different vegetation covers in the Venezuelan Andes**. The Environmentalist, 22: 161-172, 2002.

SCHICK, J.; BERTOL, I.; BATISTELA, O.; BALBINOT Jr., A. A. **Erosão hídrica em Cambissolo Húmico alumínico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo: I. Perdas de solo e água**. R. bta. Ci. Solo, Viçosa, 24: 427 – 436, 2000^a.

SCHWAB, G.O; FANGMEIER, D.D.; ELLIOT, W.J. & FREVERT, R.K. **Soil and water conservation engineering**. 4.ed. New York, John Wiley & Sons, 507p. 1993.

SLONEKER, L. L.; MOLDENHAUER, W. C. **Measuring the amounts of crop residue remaining after tillage**. Journal of Soil and Water Conservation, v. 32, n. 5, p. 231-236, 1977.

SOIL SURVEY STAFF. **Soil Taxonomy**. USDA-NRCS US Government Printing Office. Washington D.C. 1999.

STRECK, N.A., SCHNEIDER, F.M., BURIOL, G.A. **Modificações físicas causadas pelo mulching**. R. Bras. Agrometeorologia, Santa Maria, v.2, p.131-142, 1994.

SWANSON, N.P. **Suggestions for use rotating-boom field plot rainfall simulator to btain data for application of the soil loss equation**. Entre-Rios, FAO, 65p. (Riport of FAO Consultant), 1975.

TAYLOR, S.A & ASHCROFT, G.L. **Physical edaphology**. San Francisco, W.H. Freeman, 532p, 1972.

WISCHMEIER, W. H. **A rainfall erosion index for a universal soil loss equation**. Soil Sci. Soc. Am. Proc., Madison, v. 23, p. 246-249, 1959.

WISCHMEIER, W. H.; MANNERING, J. V. **Relation of soil properties to its erodibility**. Soil Sci. Soc. Of Am. J., Madison, v.33, p. 131-137, 1969.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning**, Washington: USDA, 58 p. (Agricultural Handbook, 537), 1978.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Rainfall energy and its relationship to soil loss**. Trans. Am. Geophys. Un., v. 39, n. 2, p. 285-291, 1958.

ZOLDAN JUNIOR, W. A. **Rugosidade superficial do solo ocasionada por uma escarificação aplicada após cinco e meio anos de uso de sistemas de manejo do solo, e suas relações com a erosividade de chuva e erosão hídrica em um Nitossolo Háplico**. 2006. 100 p. (Dissertação de Mestrado) – UDESC, Lages, 2006.

ANEXOS

Anexo 1 - Declividade das parcelas experimentais.

Anexo 2 - Umidade gravimétrica do solo antecedente aos testes de chuva simulada, em duas profundidades (m), nos diferentes tratamentos sob as macieiras.

Anexo 3 - Tempo necessário para o início do escoamento, em função dos diferentes tratamentos e chuvas simuladas aplicadas, sob o pomar de macieiras.

Anexo 4 - Tempo necessário para o escoamento atingir a taxa máxima, em função dos diferentes tratamentos e chuvas simuladas aplicadas, sob o pomar de macieiras.

Anexo 5 - Volume de enxurrada observado em diversos sistemas de manejo do solo em pomar de maçã.

Anexo 6 - Infiltração de água no solo observada, em função de diferentes tratamentos e de chuvas simuladas aplicadas, sob o pomar de macieiras.

Anexo 7 - Razão de perda de água em diversos sistemas de manejo em pomar de maçã, sob chuva simulada.

Anexo 8 - Coeficiente de escoamento em diversos sistemas de manejo em pomar de maçã, sob chuva simulada.

Anexo 9 - Concentração de sedimentos na enxurrada em função dos diversos sistemas de manejo de um Latossolo Bruno em pomar de maçã, sob chuva simulada.

Anexo 10 - Perda total de solo ajustada para intensidade da chuva de 70 mm h^{-1} e declividade média de $0,0905 \text{ m m}^{-1}$, em função dos diferentes tratamentos e das chuvas simuladas aplicadas, em pomar de maçã.

Anexo 11 - Razão de perda de solo em função dos diferentes tratamentos e das chuvas simuladas aplicadas, em pomar de maçã.

ANEXO 1

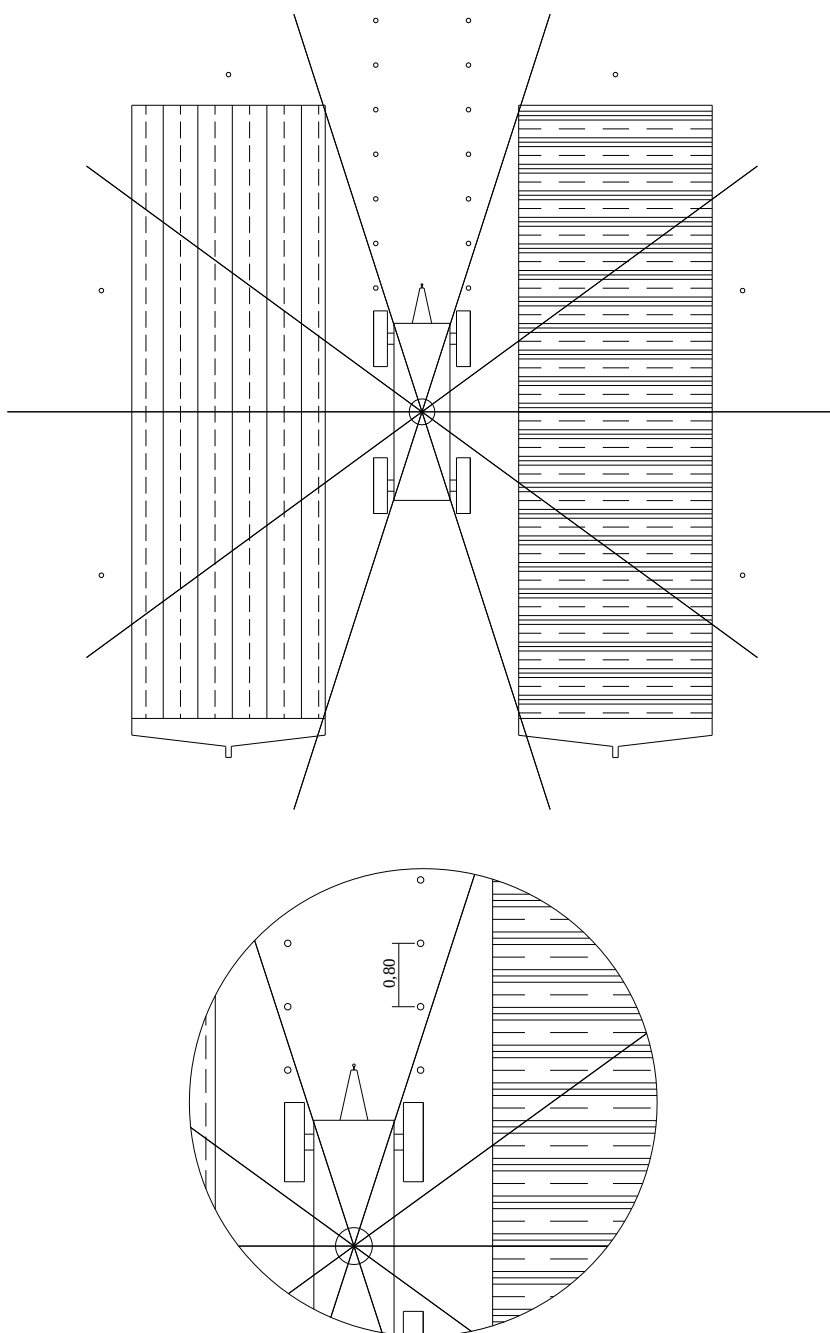
Declividade das parcelas experimentais

Parcelas	Declividade
	m m ⁻¹
P 1	0,0711
P 2	0,0900
P 3	0,0837
P 4	0,0817
P 5	0,0833
P 6	0,1050
P 7	0,0867
P 8	0,1100
P 9	0,0983
P 10	0,0950

P1 e P2 (CN: campo natural); P3 e P4 (ST: sistema tradicional); P5 e P6 (AE: aveia preta + enxada); P7 e P8 (AD: aveia preta + enxada rotativa + dessecada); P 9 e P10 (SC: solo sem cobertura).

ANEXO 2

Esquema demonstrativo da distribuição dos 20 pluviômetros sob a área do simulador



ANEXO 3

Umidade gravimétrica do solo antecedente aos testes de chuva simulada, em duas profundidades (m), nos diferentes tratamentos sob as macieiras

Inferentes tratamentos sob as machadas				
Parcelas	Profundidade	Teste 1	Teste 2	Teste 3
	-----m-----	-----g g ⁻¹ -----		
P 1	0 - 0,1	0,47	0,51	0,49
P 1	0,1 - 0,2	0,45	0,48	0,46
P 2	0 - 0,1	0,46	0,43	0,45
P 2	0,1 - 0,2	0,48	0,41	0,43
P 3	0 - 0,1	0,35	0,32	0,38
P 3	0,1 - 0,2	0,38	0,36	0,38
P 4	0 - 0,1	0,37	0,34	0,40
P 4	0,1 - 0,2	0,38	0,34	0,36
P 5	0 - 0,1	0,36	0,31	0,35
P 5	0,1 - 0,2	0,37	0,32	0,34
P 6	0 - 0,1	0,31	0,31	0,37
P 6	0,1 - 0,2	0,34	0,32	0,40
P 7	0 - 0,1	0,37	0,44	0,34
P 7	0,1 - 0,2	0,39	0,43	0,39
P 8	0 - 0,1	0,38	0,38	0,37
P 8	0,1 - 0,2	0,37	0,43	0,40
P 9	0 - 0,1	0,47	0,32	0,39
P 9	0,1 - 0,2	0,42	0,39	0,42
P 10	0 - 0,1	0,45	0,41	0,44
P 10	0,1 - 0,2	0,42	0,43	0,44

P1 e P2 (CN: campo natural); P3 e P4 (ST: sistema tradicional); P5 e P6 (AE: aveia preta + enxada); P7 e P8 (AD: aveia preta + enxada rotativa + dessecada); P 9 e P10 (SC: solo sem cobertura).

ANEXO 4

Tempo necessário para o início do escoamento, em função dos diferentes tratamentos e chuvas simuladas aplicadas, sob o pomar de macieiras

Parcelas	Teste 1	Teste 2	Teste 3	Média
	-----minutos-----			
P 1	16	15	8	13
P 2	22	26	15	21
P 3	19	11	8	13
P 4	20	9	8	12
P 5	11	4	8	8
P 6	17	3	9	10
P 7	12	8	4	8
P 8	16	11	8	12
P 9	12	8	4	8
P 10	11	8	6	8

P1 e P2 (CN: campo natural); P3 e P4 (ST: sistema tradicional); P5 e P6 (AE: aveia preta + enxada); P7 e P8 (AD: aveia preta + enxada rotativa + dessecada); P 9 e P10 (SC: solo sem cobertura).

ANEXO 5

Tempo necessário para o escoamento atingir a taxa máxima, em função dos diferentes tratamentos e chuvas simuladas aplicadas, sob o pomar de macieiras

Parcelas	Teste 1	Teste 2	Teste 3	Média
	-----minutos-----			
P 1	59	57	57	58
P 2	47	54	54	52
P 3	53	48	51	51
P 4	59	42	54	52
P 5	57	49	54	53
P 6	54	43	60	52
P 7	59	45	50	51
P 8	56	42	57	52
P 9	60	57	41	53
P 10	57	54	44	52

P1 e P2 (CN: campo natural); P3 e P4 (ST: sistema tradicional); P5 e P6 (AE: aveia preta + enxada); P7 e P8 (AD: aveia preta + enxada rotativa + dessecada); P 9 e P10 (SC: solo sem cobertura).

ANEXO 6

Volume de enxurrada observado em diversos sistemas de manejo do solo em pomar de maçã

Parcelas	Teste 1	Teste 2	Teste 3	Média
	-----% da chuva aplicada-----			
P 1	42	38	39	40
P 2	40	33	51	42
P 3	57	62	79	66
P 4	54	42	55	51
P 5	59	56	62	59
P 6	37	53	52	47
P 7	44	55	68	56
P 8	37	45	55	45
P 9	60	60	79	66
P 10	67	55	75	66

P1 e P2 (CN: campo natural); P3 e P4 (ST: sistema tradicional); P5 e P6 (AE: aveia preta + enxada); P7 e P8 (AD: aveia preta + enxada rotativa + dessecada); P 9 e P10 (SC: solo sem cobertura).

ANEXO 7

Infiltração de água no solo observada, em função de diferentes tratamentos e de chuvas simuladas aplicadas, sob o pomar de macieiras

Parcelas	Teste 1	Teste 2	Teste 3	Média
	-----mm-----			
P 1	42	44	46	44
P 2	43	48	37	43
P 3	30	32	17	26
P 4	32	48	35	38
P 5	31	34	29	31
P 6	47	36	37	40
P 7	45	33	24	34
P 8	51	41	34	42
P 9	35	34	16	28
P 10	29	38	19	29

P1 e P2 (CN: campo natural); P3 e P4 (ST: sistema tradicional); P5 e P6 (AE: aveia preta + enxada); P7 e P8 (AD: aveia preta + enxada rotativa + dessecada); P 9 e P10 (SC: solo sem cobertura).

ANEXO 8

Razão de perda de água em diversos sistemas de manejo em pomar de maçã, sob chuva simulada

Parcelas	Teste 1	Teste 2	Teste 3	Média
P 1	0,72	0,52	0,56	0,60
P 2	0,67	0,64	0,68	0,66
P 3	0,86	1,01	1,01	0,96
P 4	0,85	0,84	0,78	0,83
P 5	0,99	0,99	0,77	0,92
P 6	0,56	0,91	0,72	0,73
P 7	0,81	0,94	0,92	0,89
P 8	0,58	0,90	0,81	0,76
P 9	1,00	1,00	1,00	1,00
P 10	1,00	1,00	1,00	1,00

P1 e P2 (CN: campo natural); P3 e P4 (ST: sistema tradicional); P5 e P6 (AE: aveia preta + enxada); P7 e P8 (AD: aveia preta + enxada rotativa + dessecada); P 9 e P10 (SC: solo sem cobertura).

ANEXO 9

Coefficiente de escoamento em diversos sistemas de manejo em pomar de maçã, sob chuva simulada

Parcelas	Teste 1	Teste 2	Teste 3	Média
	Adimensional			
P 1	0,33	0,32	0,37	0,34
P 2	0,28	0,21	0,44	0,31
P 3	0,43	0,56	0,75	0,58
P 4	0,41	0,40	0,52	0,44
P 5	0,53	0,56	0,59	0,56
P 6	0,29	0,53	0,50	0,44
P 7	0,39	0,53	0,68	0,53
P 8	0,29	0,41	0,52	0,41
P 9	0,54	0,57	0,79	0,63
P 10	0,60	0,53	0,73	0,62

P1 e P2 (CN: campo natural); P3 e P4 (ST: sistema tradicional); P5 e P6 (AE: aveia preta + enxada); P7 e P8 (AD: aveia preta + enxada rotativa + dessecada); P 9 e P10 (SC: solo sem cobertura).

ANEXO 10

Concentração de sedimentos na enxurrada em função dos diversos sistemas de manejo de um Latossolo Bruno em pomar de maçã, sob chuva simulada

Parcelas	Teste 1	Teste 2	Teste 3	Média
	-----g L ⁻¹ -----			
P 1	0,090	0,071	0,133	0,098
P 2	0,131	0,069	0,059	0,086
P 3	0,277	0,222	0,156	0,218
P 4	0,489	0,163	0,092	0,248
P 5	0,768	0,172	0,135	0,358
P 6	0,510	0,194	0,118	0,274
P 7	0,514	0,279	0,365	0,386
P 8	0,949	0,330	0,249	0,509
P 9	4,166	2,255	1,537	2,653
P 10	6,289	2,941	2,312	3,848

P1 e P2 (CN: campo natural); P3 e P4 (ST: sistema tradicional); P5 e P6 (AE: aveia preta + enxada); P7 e P8 (AD: aveia preta + enxada rotativa + dessecada); P 9 e P10 (SC: solo sem cobertura).

ANEXO 11

Perda total de solo ajustada para intensidade da chuva de 70 mm h^{-1} e declividade média de $0,0905 \text{ m m}^{-1}$, em função dos diferentes tratamentos e das chuvas simuladas aplicadas, em pomar de maçã

Parcelas	Teste 1	Teste 2	Teste 3	Média
	-----kg ha ⁻¹ -----			
P 1	0,035	0,028	0,028	0,030
P 2	0,031	0,017	0,018	0,022
P 3	0,131	0,091	0,077	0,100
P 4	0,185	0,047	0,039	0,091
P 5	0,284	0,069	0,059	0,137
P 6	0,105	0,053	0,033	0,064
P 7	0,154	0,111	0,169	0,145
P 8	0,154	0,073	0,065	0,097
P 9	1,451	0,762	0,772	0,995
P 10	2,780	1,023	1,185	1,663

P1 e P2 (CN: campo natural); P3 e P4 (ST: sistema tradicional); P5 e P6 (AE: aveia preta + enxada); P7 e P8 (AD: aveia preta + enxada rotativa + dessecada); P 9 e P10 (SC: solo sem cobertura).

ANEXO 12

Razão de perda de solo em função dos diferentes tratamentos e das chuvas simuladas aplicadas, em pomar de maçã

Parcelas	Teste 1	Teste 2	Teste 3	Média
P 1	0,024	0,037	0,036	0,032
P 2	0,011	0,016	0,015	0,014
P 3	0,090	0,119	0,100	0,103
P 4	0,067	0,046	0,033	0,049
P 5	0,195	0,091	0,076	0,121
P 6	0,038	0,052	0,028	0,039
P 7	0,106	0,146	0,219	0,157
P 8	0,055	0,072	0,055	0,061
P 9	1,000	1,000	1,000	1,000
P 10	1,000	1,000	1,000	1,000

P1 e P2 (CN: campo natural); P3 e P4 (ST: sistema tradicional); P5 e P6 (AE: aveia preta + enxada); P7 e P8 (AD: aveia preta + enxada rotativa + dessecada); P 9 e P10 (SC: solo sem cobertura).