



UNICAMP

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

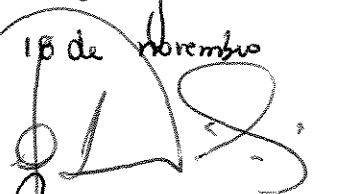
DEPARTAMENTO: ÁGUA E SOLO

SARA JUAREZ SALES

**ANÁLISE COMPARATIVA DE METODOLOGIAS PARA ESPAÇAMENTO ENTRE
TERRAÇOS**

parecer

Este exemplar corresponde a redacção final da dissertação de Mestrado defendida por Sara Juarez Sales e aprovada pela Comissão Julgadora em 25 de agosto de 1998. Campinas, 18 de novembro de 1998.


Presidente da Banca

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia Agrícola como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Planejamento e Produção Agropecuária.

Orientador: Professor Doutor Luiz Antonio Daniel

CAMPINAS - SP

agosto - 1998

1903709



UNIDADE	BC
N.º CHAMADA:	J871a
V.	Ex.
TOMBO	BC/36376
PROC.	229/99
C	<input type="checkbox"/>
D	<input checked="" type="checkbox"/>
PREÇO	29,11,00
DATA	29/06/99
N.º CPD	

CM-00120461-9

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

J871a Juarez Sales, Sara
 —————
 Análise comparativa de metodologias para
 espaçamento entre terraços. / Sara Juarez Sales.—
 Campinas, SP: [s.n.], 1998.

Orientador: Luiz Antonio Daniel
 Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de
 Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

1. Solos - Erosão. 2 Terraços - Agricultura. 3. Solos
 Conservação. 4. Solos - Manejo. 5. Solo - Uso. I.
 Daniel, Luiz Antonio. II. Universidade Estadual de
 Campinas. Faculdade de Engenharia Agrícola. III.
 Título.

À

Marli e Juan Manuel,
meus pais;

á

Matheus, Diogo, Thiago, Bruno,
Milena, Lucas, Isabella, Carolina, Sofia,
Luiza, Fernando e Lia,
a nova geração,

dedico.

II

*O MEU OLHAR é nítido como um girassol,
Tenho o costume de andar pelas estradas
Olhando para a direita e para a esquerda,
E de vez em quando olhando para trás...
E o que vejo a cada momento
É aquilo que nunca antes eu tinha visto,
E eu sei dar por isso muito bem...
Sei ter o pasmo essencial
Que tem uma criança se, ao nascer,
reparasse que nascera deveras...
Sinto-me nascido a cada momento
Para a eterna novidade do mundo...*

*Fernando Pessoa
Guardador de Rebanhos (1911-1912)*

Meus agradecimentos.

Ao Professor Dr. Luis Antonio Daniel, por haver sido meu orientador e se tornado meu amigo.

À Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP, pela realização deste curso.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa que levou à conclusão desta dissertação.

Ao Pesquisador Dr. Francisco Lombardi Neto, por haver permitido a utilização de informações que levaram à conclusão desta dissertação, apoio e compreensão. Arriba tchê!

À Professora Dra. Adriana Cavalieri, quem me demonstrou que na graduação não adquirimos apenas o coleguismo, mas também a cumplicidade de amigas.

Ao Professor Dr. Carlos Espíndola por participar no meu comitê de orientação e pelos conselhos, como sempre, acertados.

Ao Professor Dr. Edson Eiji Matsura, por ter me orientado no período mais difícil do desenvolvimento da dissertação.

A todos os Professores do DAGSOL, com os quais tive excelente relacionamento.

Ao Professor Joni, competência e exemplo profissional. Aos Professores Drs. Fernando Falco Pruski, Ildegardis Bertol e Altir Corrêa, pela contribuição no desenvolvimento desta dissertação.

Ao Zé Ricardo Lucarelli (meu veterano na graduação, portanto, com maior idade), Gérson e Túlio, pelos conselhos, desafios e risadas.

À Marta, Suzeli, Mara, Marinalva, Ritinha, Rô e Luciana, pela tão pronta atenção.

À secretária da pós-graduação Aninha pela atenção e “por não ter pego no meu pé”. À amiga Aninha, pelos muitos pastéis de carne com azeitona (sem falar das coxinhas), risadas e atrasos por nos perdermos no caminho.

Ao André, Clóvis e Simone, por sempre estarem dispostos a me ajudar, mesmo quando o tempo era escasso.

A todos aqueles desta instituição que participaram com palavras, sorrisos e atenção.

Ao Judi, Ale, Marcos, Julio, Fubá, Luciano ..., faço de vocês os representantes de toda a moçada da graduação que dividiram comigo horas de LABIN.

À Flávia, Sueli, Ionara, Márcia e Marlene, pessoas maravilhosas, obrigada pela acolhida, pelo carinho e as muitas risadas.

Ao Neri, Mariana, Mônica, Escobar, Keliha, Victor, Aninha, Amintas, Yamília, Fernando, Kinkas, Silvana, Emília, Carlos, ..., representantes do pessoal da pós-graduação que conheci, que já concluíram e que vão concluir seus estudos.

Ao Nilsão, Bilula, Paulão, Bernadete, Arsênio, Luiz Otávio, Edmundo, Rubens, Rafael, Cal, Eliani, Paulo Bahiano, Alexandre, Mú e Xica, pessoas que considero muito importantes, não apenas na elaboração da dissertação, mas na formação da pessoa quem a elaborou.

À Adriana Melchert e Mário Bozzo, amigos que me acolheram em Campinas. Obrigada pela compreensão em momento tão difícil.

À Rita, Sandra, Nina, Ana, exemplos de determinação que sempre estiveram presentes na minha lembrança, nos momentos mais difíceis desta dissertação. À Marli por um futuro próximo.

À Jacqueline, Rogério, Helena, Maria Teresa, Mariella, Flávio, Lagrotti e Laurent, apertando os olhos bem forte e levantando os ombros: “obrigada por existirem”!

Ao Federico.

Sara Juarez Sales

SUMÁRIO

SIMBOLOGIA.....	vi
LISTA DE QUADROS.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	ix
RESUMO	x
ABSTRACT.....	xi
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1. O PROCESSO DE EROSIÃO HÍDRICA DO SOLO E SUAS CONSEQÜÊNCIAS.....	4
2.2. PRÁTICAS CONSERVACIONISTAS.....	7
2.3. TERRACEAMENTO.....	8
2.3.1. <i>Importância da determinação correta do espaçamento entre terraços.....</i>	<i>11</i>
2.3.2. <i>Metodologias para a determinação do espaçamento entre terraços.....</i>	<i>12</i>
2.3.2.1. Método do Soil Conservation Service dos Estados Unidos (SCS - USDA).....	13
2.3.2.2. Método proposto por LOMBARDI NETO et al. (1994).....	14
2.3.2.3. Comprimento crítico - proposto por BERTOL (1995).....	17
2.3.2.4. Método pela Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS).....	18
Práticas conservacionistas (P).....	22
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	26
3.1. INFORMAÇÕES SOBRE A ÁREA DE ESTUDO.....	27
3.1.1. <i>Características da região.....</i>	<i>27</i>
3.1.2. <i>Solos da região.....</i>	<i>28</i>
3.1.3. <i>Descrição e ocupação dos solos da região.....</i>	<i>29</i>
3.2. PARÂMETROS QUE DETERMINAM OS ESPAÇAMENTOS PELOS MÉTODOS COMPARADOS.....	33
3.2.1. <i>Método de LOMBARDI NETO et al. (1994).....</i>	<i>34</i>
3.2.2. <i>Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS).....</i>	<i>35</i>
3.2.2.1. Parâmetros relacionados ao solo.....	35
3.2.2.2. Parâmetros relacionados ao clima.....	36
3.2.2.3. Parâmetros relacionados ao uso e manejo (C).....	37
3.2.2.4. Parâmetros relacionados às práticas conservacionistas (P).....	38
3.2.2.5. Parâmetros relacionados à topografia (LS).....	38
3.2.3. <i>Determinação do espaçamento entre terraços.....</i>	<i>39</i>
3.2.4. <i>Considerações quanto às limitações da metodologia.....</i>	<i>39</i>
3.2.4.1. Espaçamento mínimo.....	40
3.2.4.2. Espaçamento máximo.....	41
3.3. ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	44
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	48
4.1. CITROS.....	50
4.2. EUCALIPTO.....	55
4.3. CANA-DE-AÇÚCAR.....	59
4.4. ALGODÃO.....	63
4.5. RELAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS COMPARADOS.....	67
5. CONCLUSÕES.....	70
BIBLIOGRAFIA.....	72
ANEXOS.....	78

SIMBOLOGIA

λ	Comprimento da rampa (pés)	[15][16]
θ	Ângulo correspondente ao declive (%)	[14][16]
A	Perda de solo ($t \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$)	[10]
A_r	Área a ser drenada (m^2)	[23]
C	Fator uso e manejo do solo (adimensional)	[10][21][22]
c_1	Coefficiente de enxurrada (adimensional)	[23]
C_T	Comprimento do terraço (m)	[Fig. 6]
d	Massa específica do solo ($g \cdot cm^{-3}$)	[19]
EC	Energia cinética correspondente ao impacto da gota da chuva sobre a	[11][12]
EH	Espaçamento horizontal (m)	[4][6][7][22]
EI	Índice de erosividade ($Mj \cdot mm \cdot ha^{-1} \cdot h^{-1} \cdot ano^{-1}$)	[13][20]
EI_{30}	Índice de erosividade para uma intensidade de chuva máxima ocorrida em	[12]
EV	Espaçamento vertical (m)	[1][2][3][4][5]
f	Fator referente ao solo (0,4 para solo arenoso, 0,6 solos médios e 0,8	[3]
h	Espessura do horizonte do solo (cm)	[19]
h_2	altura do canal (m)	[Fig. 6]
h_d	Chuva diária máxima com 10 anos de período de retorno	[23]
i	Intensidade máxima de chuva ($mm \cdot h^{-1}$)	[11]
i_{30}	Intensidade da chuva máxima em 30 minutos ($mm \cdot h^{-1}$)	[12]
k	Constante para cada tipo de solo (adimensional)	[8][9]
K	Fator Erodibilidade ($t \cdot ha^{-1}$)/($MJ \cdot ha^{-1} \cdot mm \cdot h^{-1}$)	[10][21][22]
L	Fator comprimento do declive (m)	[10][15][18]
L_e	Comprimento do declive onde ocorre o escoamento superficial (m)	[17]
LS	Comprimento e grau de declive - fator topográfico (adimensional)	[7][16][17][18]
m	Manejo do solo (adimensional)	[9]
n	Potência dada em função do declive do comprimento da rampa (0,5 para	[15][16]
P	Fator práticas conservacionistas (adimensional)	[10][21][22]
p	Precipitação média mensal (mm)	[13][20]
P_1	Peso da terra (t/ha)	[19]
P_a	Precipitação média anual (mm)	[13][20]
R	Fator de erosividade ($MJ \cdot ha^{-1} \cdot mm \cdot h^{-1}$)	[10][21][22]

<i>S</i>	Declive (%)	[1][2][3][4][5]
<i>S_c</i>	Seção do canal do terraço (m ²)	[Fig. 6]
<i>T</i>	Tolerância de perda de solo (t.ha ⁻¹ .ano ⁻¹)	[21][22]
<i>u</i>	Uso do solo (adimensional)	[9]
<i>V</i>	Volume máximo de enxurrada (m ³)	[23]
<i>x</i>	Fator referente ao solo (2,5 para solos argilosos, 3,0 para solos de	[1]
<i>X</i>	Variável que representa localização geográfica, e quantidade e	[5][6]
<i>Y</i>	Variável que incorpora erodibilidade do solo, manejo e sistema de cultivo	[5][6]

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Agrupamentos de solo segundo suas qualidades, características e resistência à erosão e seus respectivos índices.....	15
Quadro 2. Grupos de culturas e seus respectivos índices.....	16
Quadro 3. Grupo de preparo do solo e manejo de restos culturais com seus respectivos índices.....	16
Quadro 4: Tolerância de perdas de solo ($t \cdot ha^{-1}$) e valores de erodibilidade ($t \cdot h \cdot MJ^{-1} \cdot mm^{-1}$) para solos da Quadricula de Moji-Mirim.....	30
Quadro 5. Valores do fator u em função do tipo de cultura.....	34
Quadro 6. Valores do fator C para a Quadricula de Moji-Mirim.....	37
Quadro 7. Valores de P em função do declive.....	38
Quadro 8. Valores do coeficiente de enxurrada para terrenos cultivados, para solos, usos e manejos diferentes.....	42
Quadro 9. Valores de espaçamento entre terraços, em metros, determinados por três métodos, a 7% de declive, em função dos quatro grupos de solo propostos por LOMBARDI NETO et al. (1994), para a cultura da cana-de-açúcar, nas condições da quadricula de Moji-Mirim.....	49
Quadro 10. Espaçamentos entre terraços determinados pelos métodos LOMBARDI NETO et al. (1994) e EUPS, suas perdas (A) e relações com a tolerância (A/T) para a cultura do citros.....	51
Quadro 11. Espaçamentos entre terraços determinados pelos métodos LOMBARDI NETO et al. (1994) e EUPS, suas perdas (A) e relações com a tolerância (A/T) para a cultura do eucalipto.....	56
Quadro 12. Espaçamentos entre terraços determinados pelos métodos LOMBARDI NETO et al. (1994) e EUPS, suas perdas (A) e relações com a tolerância (A/T) para a cultura da cana-de-açúcar.....	60
Quadro 13. Espaçamentos entre terraços determinados pelos métodos LOMBARDI NETO et al. (1994) e EUPS, suas perdas (A) e relações com a tolerância (A/T) para a cultura do algodão.....	64
Quadro 14. Relação $EH_{EUPS}/EH_{LN(1994)}$ para as culturas do algodão, cana, eucalipto e citros, para os dois grupos de solo.....	68

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Representação dos terraços classificados segundo SCHWAB et al. (1993).....	9
Figura 2. Representação dos terraços classificados segundo BEASLEY et al. (1974).....	10
Figura 3: Localização da quadrícula de Moji-Mirim no Estado de São Paulo e os municípios que compõem a área estudada.....	28
Figura 4: Representação das principais classes de solos existentes na Quadrícula de Moji Mirim.....	31
Figura 5. Isoieta de intensidades de chuvas máximas em 15 minutos, em milímetros por hora, para período de retorno de 10 anos (Fonte LOMBARDI NETO et al., 1994).....	43
Figura 6. Fluxograma esquemático do método EUPS.....	46
Figura 7. Fluxograma esquemático do método LOMBARDI NETO et al. (1994).....	47
Figura 8. Fluxograma esquemático das limitações ao método LOMBARDI NETO et al. (1994).....	48
Figura 9. Espaçamentos entre terraços determinados pelos métodos EUPS e LOMBARDI NETO et al. (1994), para solos do grupo A e cultura do citros, e as relações de perda/tolerância (A/T) de cada método.....	52
Figura 10. Espaçamentos entre terraços para solos do grupo B e cultura do citros, determinados pelos dois métodos, EUPS e LOMBARDI NETO et al. (1994), e suas relações de perdas /tolerância (A/T).....	54
Figura 11. Espaçamentos entre terraços determinados pelos métodos EUPS e LOMBARDI NETO et al. (1994), para solos do grupo A e cultura do eucalipto, e as relações de perda/tolerância (A/T) de cada método.....	57
Figura 12. Espaçamentos entre terraços para solos do grupo B e cultura do eucalipto, determinados pelos métodos EUPS e LOMBARDI NETO et al. (1994), e suas relações de perdas/tolerância (A/T).....	58
Figura 13. Espaçamentos entre terraços para solos do grupo A e cultura da cana-de-açúcar, determinados pelos EUPS e LOMBARDI NETO et al. (1994), e suas relações de perdas/tolerância (A/T).....	61
Figura 14. Espaçamentos entre terraços para solos do grupo B e cultura da cana-de-açúcar, determinados pelos métodos EUPS e LOMBARDI NETO et al. (1994), e suas relações de perdas /tolerância (A/T).....	62
Figura 15. Espaçamentos entre terraços para solos do grupo A e cultura do Algodão, determinados pelos métodos, EUPS e LOMBARDI NETO et al. (1994), e suas relações de perdas/tolerância (A/T).....	65
Figura 16. Espaçamentos entre terraços para solos do grupo B e cultura do algodão, determinados pelos métodos, EUPS e LOMBARDI NETO et al. (1994), e suas relações de perdas/tolerância (A/T).....	67

RESUMO

O terraceamento mostra-se como uma das práticas mais utilizada na contenção da erosão. Sua construção pode vir a representar parte considerável do custo de produção agrícola, devendo, portanto, existir um planejamento adequado para sua viabilização. Dos valores a serem determinados em projetos, incluem-se o espaçamento entre terraços e o dimensionamento de seus canais. A definição da seção dos canais de terraços limita o projeto devido a sua capacidade em conter o volume escoado pela encosta. Quanto maior este comprimento, menos oneroso se torna a implantação do sistema de terraceamento. Neste trabalho procurou-se analisar a possibilidade de se determinar os espaçamentos entre terraços partindo da Equação Universal de Perda de Solo (EUPS), que leva em conta parâmetros que não vinham sendo considerados nos métodos anteriores, como é o caso do fator chuva. Os resultados foram comparados com o método LOMBARDI NETO et al. (1994), apresentando-se como ferramenta para se determinar limites máximos e mínimos de espaçamentos, com a opção de simular diferentes condições de campo. Os métodos foram determinados em função dos agrupamentos de solos proposto por LOMBARDI NETO et al. (1994), e tiveram seus espaçamentos viabilizados dentro do intervalo de 15 m a 150 m, sem que as perdas estimadas superassem a tolerância do solo. Para as condições analisadas, para cultura do citros foram determinados espaçamentos até 16% e 13% de declive (solo do grupo A e B, respectivamente), o eucalipto até 20% e 17% de declive, a cana-de-açúcar até 14% e 12% de declive e até 6% e 5% de declive para a cultura do algodão. Os espaçamentos obtidos pelo método EUPS foram maiores que aqueles obtidos pelo método LOMBARDI NETO et al. (1994).

ABSTRACT

Terracing is one of the most important practices to control erosion. Its viability depends upon an adequately planned project, since its construction cost can reach a significant fraction of the overall agricultural production cost. Space between terraces and chanal dimensions are among project parameters of terraces to be determined. Chanal dimensions are limiting terrace project parameters, because they establish the flow retention capability through its length – the longer the length, the less expensive the project implementation. In the present work we have attempted to verify the possibility of applying the Universal Soil Loss Equation (USLE) to determine the space between terraces. This Equation takes into account factors that have not been previously considered, such as, for example, the rain factor. The results were compared to those obtained for LOMBARDI NETO et al. (1994), and were found to be a tool to determine maximum and minimum space between terraces, with the option of simulating different field conditions. The methods were determined according soil groups established by LOMBARDI NETO et al. (1994) and they had there spacement limits between 15 and 150 m, where the soil losses estimation were lower than the soil tolerance. They were established for citrus spacement until 16 and 13% of slope (soil of class group A and B repectively), eucaliptus until 20 and 17% of slope, sugarcane until 14 and 12% and cotton until 6 and 5% of slope. The spacement determined by EUPS method were greater than those determined by LOMBARDI NETO et al. (1994) method.

1. Introdução

A erosão é um dos problemas mais importantes encontrados nos sistemas agrícolas. A produtividade está diretamente ligada às características das camadas superficial e subsuperficial do solo, exatamente aquelas que contêm o sistema radicular das culturas, onde a erosão é mais intensa.

Duas são as formas de ocorrência do processo erosivo: através dos ventos (erosão eólica) e através da água (erosão hídrica). A erosão eólica ocorre, normalmente, em regiões planas e seu controle baseia-se no uso de barreiras de contenção, que diminuem a velocidade do vento. A erosão hídrica é decorrente das ações antrópicas (manejo, práticas conservacionistas e cobertura do solo) e naturais (erosividade, erodibilidade e relevo), que constituem um sistema produtivo. Qualquer alteração dos fatores que compõem este sistema implica o aumento ou diminuição da intensidade de ocorrência do processo erosivo.

Existe um grande número de métodos que proporcionam com maior ou menor eficiência, a redução da erosão do solo. Das práticas conservacionistas mais comumente utilizadas, encontram-se: o plantio em contorno, cultivo em faixas, cordões de vegetação permanente, uso de cobertura morta, cultivo mínimo e o terraceamento, sendo este considerado como a prática mecânica mais eficaz na diminuição da distância percorrida pelo escoamento superficial em áreas agrícolas (BERTOL & COGO, 1996), o que permite diminuir a velocidade com que a água escoar sobre a superfície do solo.

O maior ou menor volume escoado tem relação direta com as características do solo devido á facilidade de transporte de suas partículas, com a quantidade de chuva precipitada que supera a capacidade de infiltração do solo e/ou quando o grau do declive é acentuado.

O terraceamento tem por finalidade dividir transversalmente a linha de maior declive do terreno, diminuindo a velocidade de escoamento superficial e favorecendo a infiltração da água no solo. É constituído por camalhões e canais, sendo mais eficiente no controle da erosão quando combinado com outras práticas conservacionistas. É caracterizado na agricultura como uma prática de alto custo de execução, estando este diretamente relacionado à declividade do terreno e podendo, vindo, até mesmo, inviabilizar o projeto conservacionista.

No meio científico, o terraceamento tem sido estudado em diversos trabalhos de pesquisa, mais propriamente relacionadas ao dimensionamento do sistema, sendo que as primeiras equações utilizadas no Brasil, por volta de meados da década de 30, eram baseadas em metodologias americanas, desenvolvidas pelo Soil Conservation Service (SCS) dos Estados Unidos da América. Posteriormente destacam-se os estudos desenvolvidos por BERTONI (1959), que relaciona as perdas de solo com a declividade e comprimento de rampa do terreno. Deste trabalho foi adaptada, por Bertoni e Lombardi Neto, a equação atualmente considerada como a mais propícia para a determinação do espaçamento entre terraços e que considera o uso e manejo do solo no seu cálculo (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1990). A partir de então, as preocupações passaram a ser concentradas na relação entre a metodologia proposta e a aplicação prática, surgindo, assim, as sistematizações das equações para a determinação do espaçamento entre terraços desenvolvidas por PRUSKI et al. (1996) e LAGROTTI (1995). No entanto, a necessidade de buscar procedimentos mais precisos, com o intuito de alcançar uma maior otimização em projetos de terraceamento, levou à elaboração de novos métodos para o dimensionamento de sistemas de terraceamento. Dentro desta linha de pesquisa, destacam-se os métodos propostos por PRUSKI (1993) e BERTOL (1995).

Dentre todos os métodos observam-se pontos em comum: a variação do relevo ao longo do declive e seu comprimento e, dentre os últimos métodos, o desenvolvimento do índice de erosividade, que compõem a Equação Universal de Perda de Solo - EUPS (WISCHMEIER & SMITH, 1978), ao ser considerado diferentes intensidades de chuva. Esta equação proporciona

diversas interações entre seus parâmetros, gerando diferentes índices, inclusive, à classificação de terras quanto ao seu Potencial Natural de Erosão (PNE) apresentado por STEIN et al. (1987).

Neste trabalho procura se determinar o espaçamento pelo emprego da EUPS, adaptada por BERTONI & LOMBARDI NETO (1990) e, comparando-se com o método proposto por LOMBARDI NETO et al. (1989), obtido em LOMBARDI NETO et al. (1994), analisa-se a sua aplicabilidade. Detecta-se, assim, a existência de comprimentos máximos de espaçamentos entre terraços, respeitando os limites de tolerância de perda de solo, constituindo-se de um sistema conservacionista de menor custo.

2. Revisão bibliográfica

No Estado de São Paulo encontram-se tecnologias das mais atualizadas para a produção agrícola e comumente utilizadas em países desenvolvidos. O aumento da produtividade agrícola é o objetivo que leva ao aumento da demanda por este tipo de tecnologia, que visa diminuir o tempo para que o agricultor possa ter o retorno pretendido em seu projeto. Com o passar do tempo, esse objetivo pode repercutir negativamente sobre o desenvolvimento das culturas, principalmente pela inadequação do uso e manejo do solo, interferindo nas condições naturais deste.

Em decorrência do uso e manejo inadequado, o solo fica exposto à ação de fatores climáticos, podendo ser transportado pelo escoamento superficial ou pelo vento e somente sendo depositado naquelas regiões que permitem a diminuição da velocidade de escoamento superficial. Esses tipos de agentes transportadores de partículas caracterizam os processos de erosão hídrica e eólica, sendo o primeiro o de maior incidência e importância nas condições brasileiras.

2.1. O processo de erosão hídrica do solo e suas conseqüências

Dentro de um ciclo de produção agrícola, em períodos em que o solo encontra-se descoberto, o volume total de chuva precipitado atinge diretamente a superfície do solo, tornando-o susceptível à erosão de maior intensidade a aquela provoca na presença de algum tipo de vegetação. A cobertura vegetal representa uma proteção ao solo por interceptar o volume precipitado, antes que este atinja o solo para, posteriormente, infiltrar ao longo do perfil, ao ocupar os espaços livres disponíveis. Uma vez saturada a capacidade do solo em armazenar umidade, o volume é acumulado sobre as pequenas depressões superficiais, até alcançar o limite de transbordamento, quando é escoado no sentido do declive.

Este processo pode ser acelerado e agravado em função das condições dos fatores que influenciam neste, como por exemplo, quando a intensidade da chuva supera a capacidade de infiltração de água no solo ou quando este encontra-se com camadas compactadas na subsuperfície, decorrentes de um preparo inadequado, (REZENDE, 1997).

A erosão pode ser denominada como laminar, caracterizada pela movimentação de pequenas camadas da superfície do solo, comum quando em condições de chuvas de alta intensidade encontram pontos de baixa resistência naquelas superfícies que sofreram compactação superficial ou selamento superficial, posteriormente ao preparo (REZENDE, 1997). Outra forma é denominada erosão por sulcos, caracterizada pela formação de valas e sulcos irregulares, formados em virtude de concentração do escoamento superficial. Quando ocorre o deslocamento de grande quantidade de solo, de modo a formar canais de grandes dimensões que impedem o trânsito de máquinas a erosão é dita em voçorocas (PRUSKI, 1997).

O preparo do solo é definido como o conjunto de práticas que antecedem ao plantio, e que proporcionam condições físicas para que este receba a semente e favoreça o crescimento das plantas (ALVARENGA, CRUZ & PACHECO, 1987). Dentro destas condições físicas, inclui-se, do ponto de vista conservacionista, a manutenção da estrutura do solo, procurando diminuir a desagregação do solo e o transporte de suas partículas pela água ou vento, o aumento da capacidade de infiltração e, conseqüentemente, redução do escoamento superficial e do processo erosivo a um mínimo tolerável.

Cada tipo de solo tem uma maior ou menor resistência ao processo erosivo. OLIVEIRA (1989) cita que as variações encontradas nos perfis de solos podem ser morfológicas, físicas, químicas ou mineralógicas. Destas, as morfológicas geralmente estão associadas a importantes variações em atributos, físicos e químicos. Como exemplo de solos com pouca variação ao longo do seu perfil, cita o Latossolo Roxo distrófico e o Latossolo Roxo ácrico, ambos com textura argilosa. Utiliza de um Latossolo Roxo Epiutrófico com textura muito argilosa da região de Araras para exemplificar a importância da variação química ao longo do perfil que, apresentando uniformidade morfológica e pouca diferenciação dos dados físicos e mesmo possuindo maior concentração de nutrientes nas camadas mais superiores, adquire valor de tolerância de perda de solo inferior aos anteriores Latossolos citados. Caracterizando solos com destacada diferença morfológica e atributos físicos e químicos, relaciona o solo Podzólico Vermelho Amarelo abrupto que apresenta um aumento na quantidade de argila em curta distância entre os horizontes A e B e a previsível diminuição da porosidade total entre estas camadas. Esta característica é muito

importante para o planejamento conservacionista, uma vez que a capacidade de infiltração deste solo é reduzida.

Além de ser afetada pela erosividade (fator chuva), erodibilidade (fator solo), uso, manejo e pelas práticas conservacionistas, a velocidade de escoamento é influenciada também diretamente pelo comprimento e grau do declive do terreno. Quanto maiores forem estes, maior será a velocidade com que a água escoará, carregando maior quantidade de partículas (BERTOL & COGO, 1996).

O processo erosivo é um mecanismo de transporte e disseminador de poluentes na agricultura, sendo caracterizado pelo desprendimento e arraste de partículas, causados pela ação combinada da precipitação e escoamento (FORNASARI FILHO et al., 1992).

No trabalho desenvolvido no Campo Experimental da Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP por LUCARELLI et al. (1996), em diferentes talhões e sistemas de uso e manejo (grade aradora, alternância de equipamentos, escarificador, plantio direto, arado de discos, roçadora, arado de disco “morro abaixo” e enxada rotativa), foram quantificadas, as perdas de solo, de matéria orgânica e de nutrientes. Os pesquisadores obtiveram menor perda de solo em talhões que receberam tipos de preparo que envolveram menor mobilização do solo, ditos conservacionistas. Nas análises químicas realizadas dos sedimentos depositados nas caixas coletoras, os nutrientes fósforo, potássio, cálcio e magnésio foram encontrados em grande quantidade. Pela análise comparativa entre as amostras retiradas dos talhões e das caixas coletoras foi determinado um aumento de até 150% da quantidade de nutrientes e matéria orgânica nos sedimentos transportados.

Os fatores que interferem no processo erosivo atuam de forma conjunta, originando sérios danos ao solo agrícola e, conseqüentemente, provocando problemas severos de erosão. Os impactos decorrentes do processo erosivo podem ser reduzidos promovendo-se o aumento da velocidade de infiltração, o que pode ser obtido pela diminuição do número de operações (principalmente quando os implementos utilizados para o revolvimento do solo são constituídos por discos), pela manutenção dos resíduos culturais na superfície do solo e pelo uso de práticas conservacionistas que favoreçam as condições de produção (BARUQUI & FERNANDES, 1985).

2.2. Práticas conservacionistas

Com o uso das práticas conservacionistas deve-se buscar, além do controle à erosão, a melhoria das condições físicas, químicas e biológicas do solo, e, conseqüentemente, o aumento da capacidade produtiva da terra. BARUQUI (1981) faz uso destas características para classificar as práticas conservacionistas em dois grupos: aquelas direcionadas especificamente ao controle da erosão e as demais, que servem à preservação e melhoramento do solo. Caracteriza o primeiro grupo como aquele destinado a minimizar o processo de desagregação e transporte de partículas do solo pela água, mediante a preservação da cobertura vegetal e pelo parcelamento das encostas por estruturas dispostas transversalmente ao declive do terreno. Para o autor, o segundo grupo também influencia o controle à erosão, mas sua ação é direcionada a melhorar as condições do solo. Neste grupo encontram-se as práticas de rotação de culturas, adubação e correção do solo, sistema de cultivo mínimo, métodos adequados de plantio, etc.

WISCHMEIER & SMITH (1978), BARUQUI (1981), CASTRO (1987), BERTONI & LOMBARDI NETO (1990) e BERTOL (1995) consideram como práticas conservacionistas todas as tecnologias que visam o aumento da cobertura vegetal e à infiltração da água no solo, com a intenção de protegê-lo contra o impacto das gotas da chuva, de diminuir o volume e a velocidade do escoamento superficial, proporcionando o tempo necessário para que a água possa infiltrar antes de seu escoamento.

As práticas conservacionistas são classificadas em edáficas, vegetativas e mecânicas (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1990). As práticas vegetativas são aquelas que utilizam a vegetação e/ou seus resíduos, para a proteção do solo. As práticas edáficas são aquelas que propiciam a manutenção de níveis satisfatórios da matéria orgânica no solo, para uma maior estabilização dos agregados, melhorando e/ou mantendo a fertilidade do solo. As práticas com caráter mecânico, são aquelas que promovem o movimento do solo para a construção de estruturas artificiais que permitem reduzir a velocidade de escoamento superficial e propiciam o aumento da infiltração da água. Dentre as práticas de caráter mecânico encontram-se o plantio em contorno, a distribuição racional de caminhos, sulcos e camalhões em pastagem e o terraceamento.

2.3. Terraceamento

O terraceamento é uma prática de caráter mecânico constituído por uma seqüência de terraços - construções formadas por um dique ou camalhão e um canal - espaçados entre si, cortando o declive em direção oposta, com a intenção de interceptar a água de escoamento (WILDNER, 1994). LOMBARDI NETO et al. (1994) classificam os terraços quanto à sua função, construção, dimensão e forma. Funcionalmente, dois são os tipos básicos de terraços: em nível ou de infiltração e em desnível ou com gradiente ou de drenagem. Quanto à construção, em função da movimentação de terra, podem ser do tipo Nichols e do tipo Mangum, diferindo quanto ao sistema de tombamento do solo. Três são as denominações de terraços quanto à dimensão: base estreita, base média e base larga. Quanto à forma, podem ser denominados como: terraço comum e terraço patamar.

A American Society of Agricultural Engineers dos Estados Unidos da América - ASAE - (SCHWAB et al., 1993) acrescenta duas outras formas de classificação: quanto ao tipo do sistema de escoamento (quando o terraço está em desnível) formado por canal vegetado ou por sistema artificial de drenagem subsuperficial; e quanto à seção transversal, que, mesmo considerando a existência de muitos tipos de perfis de terraços, apresentam o tipo base larga (o mais comum), base larga com bancada no terço inferior da rampa, formando uma área de inundação para a contenção do escoamento (Figura 1) e em patamares.

Ainda quanto à forma, BEASLEY (1974) apresenta terraços com diferentes tipos de seção transversal (Figura 2): de base larga, com talude íngreme, com canal plano e em patamares. Relaciona os dois primeiros formatos com a variação no declive ao longo do espaço entre terraços. O primeiro deles tem seu declive aumentado devido ao corte do terreno que eleva o camalhão, sendo recomendada sua construção em declives menores que 12%. O segundo, que permite a retirada de terra para a construção do camalhão, tanto do que seria o seu lado mais baixo quanto o do mais alto, tem o declive reduzido e é recomendado para terrenos acidentados (entre 10 e 12% de declive) ou muito acidentados, onde os terraços de base larga não permitiriam o trabalho sobre seus taludes.

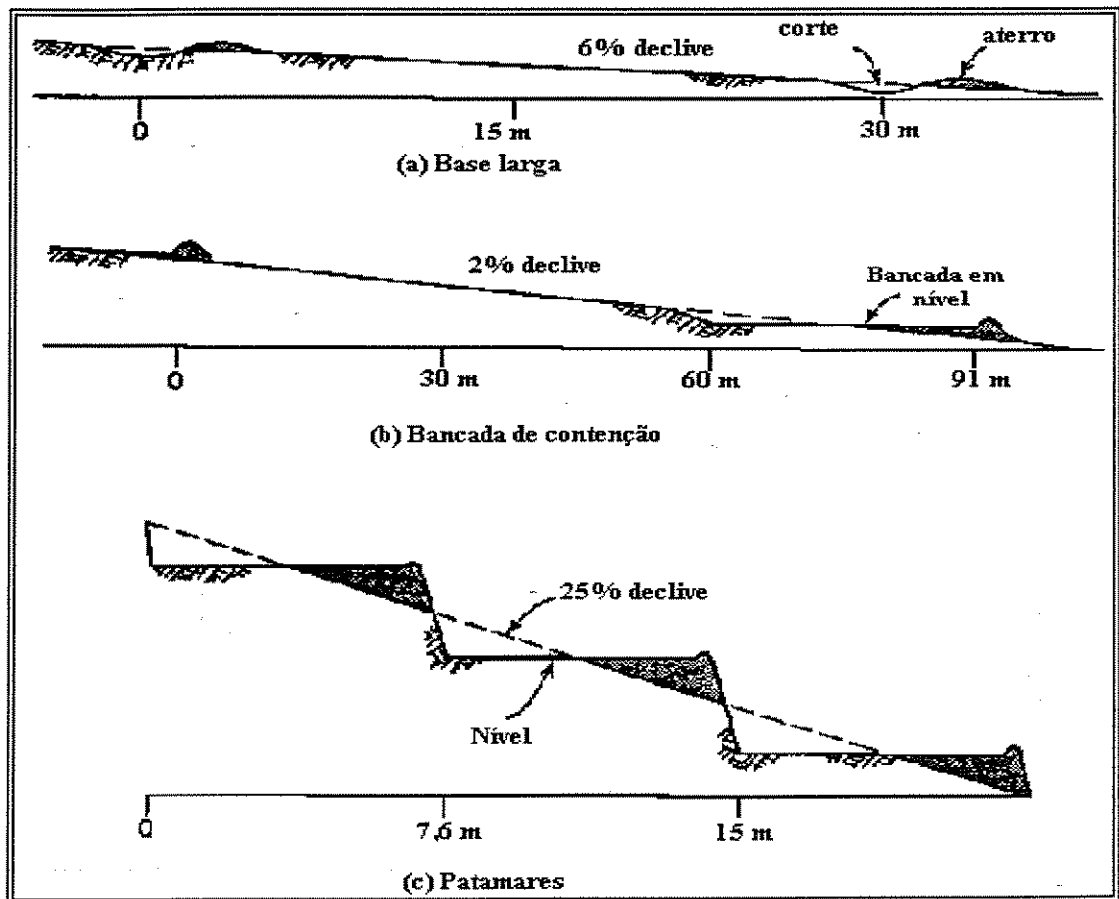


Figura 1. Representação dos terraços classificados segundo SCHWAB et al. (1993).

O terraceamento deve conter o escoamento superficial e permitir o emprego das práticas agrícolas (HUDSON, 1981). Portanto, estas classificações são básicas para o planejamento do sistema, que visa disciplinar a saída do escoamento superficial da área agricultada, sem comprometer o trabalho e rendimento das máquinas agrícolas.

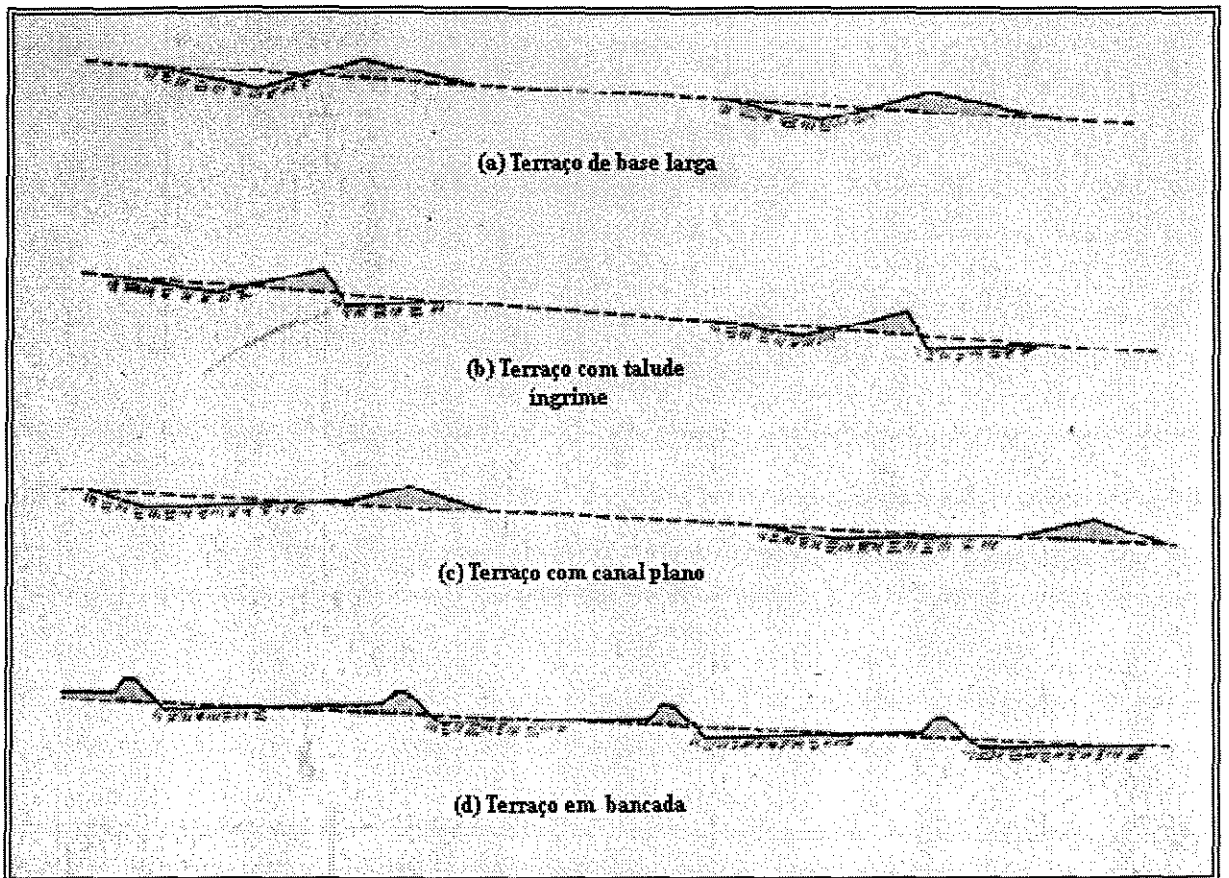


Figura 2. Representação dos terraços classificados segundo BEASLEY et al. (1974).

O terraço é visto como uma construção para a condução e/ou armazenamento do escoamento pela superfície do solo, para posterior infiltração ou deságüe (WILDNER, 1994). Não deve ser visto como uma prática isolada, sendo que para se obter sucesso com o seu emprego, o espaçamento deverá estar adequadamente dimensionado para evitar o seu rompimento, o que implicaria na destruição dos demais a jusante. O rompimento dos terraços pode ocorrer devido à concentração do escoamento superficial, em estreita faixa, no sentido do maior declive (BERTOLINI et al., 1989). Os mesmos autores enfatizam a necessidade de serem realizados estudos sobre as condições locais, como: clima, solo, sistema de cultivo, relevo, culturas a serem implantadas e equipamento disponível, devido ao elevado custo na construção e manutenção de um sistema de terraceamento.

BARUQUI & FERNANDES (1985) esclarecem que a seleção das práticas para a conservação do solo depende da erodibilidade do solo, erosividade da chuva, grau e comprimento do declive, tipo de utilização da gleba e das condições sócio-econômicas e culturais do agricultor e de sua comunidade.

2.3.1. Importância da determinação correta do espaçamento entre terraços

Dentre as propriedades que influenciam na quantidade de solo arrastado pela erosão, a textura é de grande importância, tanto pela influência na porosidade do solo quanto na capacidade de formar agregados. A ação antrópica altera esta capacidade, interferindo na infiltração e retenção da água. A velocidade de infiltração da água no solo, está relacionada, dentre outros fatores, à profundidade e às características do subsolo que, quando em presença de horizonte B textural, alcança mais rapidamente a saturação do horizonte A, acentuando o escoamento superficial (CASTRO, 1987).

As características do solo associadas à topografia do terreno, sendo esta representada pela declividade e pelo comprimento de rampa, interferem diretamente na construção e na magnitude do processo erosivo, devido à influência que exercem na velocidade do escoamento.

Ayres, citado por CASTRO (1987), explica o transporte de sedimentos pelo escoamento superficial com bases no princípio da hidráulica. A velocidade da água varia com a raiz quadrada da distância vertical que ela percorre e a sua energia cinética com o quadrado da velocidade. A quantidade e o tamanho do material que pode ser arrastado variam com a 5ª e 6ª potências da velocidade de escoamento, respectivamente. Então, se o comprimento do declive aumenta quatro vezes, a velocidade de escoamento aumenta duas e a capacidade erosiva quadruplica; e duplicando a velocidade, a quantidade do material transportado aumenta 32 vezes, sendo que o tamanho das partículas arrastadas pode aumentar 64 vezes.

2.3.2 Metodologias para a determinação do espaçamento entre terraços

Bellinazzi Jr. et al., citados por LOMBARDI NETO et al. (1989), apresentam um breve histórico do início do terraceamento no Estado de São Paulo, em meados da década de 30, sendo muito difundido pelo Departamento de Engenharia Mecânica da Agricultura (DEMA), posteriormente Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI), entre os anos 1950 à 1980. Estas instituições adaptaram a variável que representa a textura do solo do método proposto pelo Soil Conservation Service - EUA (BEAUCHAMP, 1979), sendo este baseado na determinação do intervalo vertical (EV) para terraços com gradiente ou em nível (equação 1) e posterior elaboração de tabelas para a determinação de espaçamentos entre terraços (CATI, 1973).

$$EV = \left(2 + \frac{S}{x}\right) \cdot 0,305 \quad (1)$$

$$EV = \left(2 + \frac{S}{4}\right) \cdot 0,305 \quad (2)^1$$

em que:

S = declive do terreno, dado em %; e x = constante que depende do tipo de cultura - se anual ou perene - e da textura do solo, variando seu valor de 1,5 a 6,0 em função do aumento da inclinação do terreno. BARUQUI & FERNANDES (1985) apresentam a adaptação da equação 1 para as condições de Minas Gerais, e que estaria sendo utilizada pela Secretaria de Agricultura deste Estado (equação 3).

$$EV = \frac{S}{10} + f \quad (3)$$

em que:

f = o fator que depende do tipo de solo e é representado pelo valor 0,4 quando o solo é arenoso, 0,6 para solos médios e 0,8 para solos argilosos.

¹ Método apresentado pelo Soil Conservation Service - EUA (SCS-USDA, 1951)

No caso da região Centro-Oeste, o método utilizado para determinar o espaçamento entre terraços era aquele desenvolvido pelas instituições paulistas DEMA – CATI, baseado na equação 1. BORGES et al. (1989) responsabilizam a não obtenção de melhores resultados desta equação às frequentes rupturas dos terraços em nível, devido tanto a sua inadequada adaptação às características do solo da região, como também, à construção inadequada pelos agricultores que buscavam economizar operações e não aplicavam as corretas medidas. Sendo assim, os autores apresentam os valores da constante x que foi adaptada para esta região pelo Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC/EMBRAPA) e com os quais obtiveram melhores resultados quanto a espaçamentos. Estes valores são: 2,5 para solos argilosos, 3,0 para solos de textura média e 3,5 para solos de textura arenosa.

O espaçamento horizontal (EH), em metros, é determinado pela equação 4.

$$EH = \frac{EV \cdot 100}{S} \quad (4)$$

2.3.2.1. Método do Soil Conservation Service dos Estados Unidos (SCS - USDA).

No manual do SCS - USDA (BEAUCHAMP, 1979) são apresentadas duas equações para se obter o espaçamento entre terraços que foram utilizadas como padrão pelo serviço de extensão deste país (equações 5 e 7).

$$EV = XS + Y \quad (5)$$

Esta equação, para a determinação do espaçamento vertical (EV) considera outros fatores além do declive e de textura do solo. Considera, a erodibilidade, o manejo e o sistema de cultivo através da variável Y, a localização geográfica, e a quantidade e intensidade de precipitação, representados pela variável X e o declive do terreno (S) em porcentagem.

O SCS determina primeiramente o intervalo vertical, por considerar mais conveniente e necessário para o projeto e construção dos terraços. Também determinam o espaçamento

horizontal (EH) por considerá-lo importante no dimensionamento das linhas de cultivo no planejamento da mecanização da área (equação 6).

$$EH = X(100) + \frac{Y(100)}{S} \quad (6)$$

A segunda opção, apresentada pelo Soil Conservation Service, para a obtenção do espaçamento entre terraços é a partir da consideração do fator topográfico (LS) da Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS) (equação 7).

$$LS = \frac{\sqrt{EH}}{100} (0,76 + 0,53S + 0,076S^2) \quad (7)$$

O fator topográfico é a relação de perdas de solo por unidade de área em um declive, que é relacionado com as perdas de solo que ocorrem em uma parcela unitária de 25 m de comprimento com 9% de declive (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1990).

2.3.2.2. Método proposto por LOMBARDI NETO et al. (1994)

Este método é apresentado em LOMBARDI NETO et al. (1994), tendo sua origem no estudo desenvolvido por BERTONI (1959), que relaciona as perdas de solo, observadas durante um período de dez anos em parcelas experimentais, com diferentes comprimentos e graus de declive, sob culturas anuais, obtendo uma equação para a determinação de perdas de solo que passou a ser denominada de “índice de erosão”. Por ser baseada no efeito do grau de declive e no comprimento de rampa, a equação é proposta para determinar o espaçamento entre terraços (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1990).

$$EV = 0,4518.k.S^{0,58} \quad (8)$$

em que:

k é uma constante que depende do tipo de solo e da tolerância de perda de solo.

Posteriormente, LOMBARDI NETO et al. (1989) introduziram à fórmula de Bertoni os índices que representam o uso (u) e manejo do solo (m) por influírem expressivamente nas perdas por erosão.

$$EV = 0,4518kS^{0,58} \frac{(u + m)}{2} \quad (9)$$

Este método é descrito detalhadamente em LOMBARDI NETO et al. (1994), onde se obtêm as tabelas que fornecem os critérios para a obtenção dos coeficientes de k , u e m . Para obter o valor de k , consulta-se o Quadro 1 de agrupamentos de solos segundo suas qualidades, características e resistência à erosão. Neste Quadro, os solos estão classificados em função das unidades de solo predominantes identificadas no Estado de São Paulo pela Comissão de Solos (no Anexo 1 é apresentada a descrição das unidades de solos).

Quadro 1. Agrupamentos de solo segundo suas qualidades, características e resistência à erosão, e seus respectivos índices.

G R U P O	Grupo de resistência à erosão	Principais Características					k índice
		Profundidade	Permeabilidade	Textura	Razão Textural	Grandes Grupos de solos	
A	alto	muito profundo (>2,0m) ou profundo	Rápida/rápida moderada/rápida	média/média muito argilosa/muito argilosa argilosa/argilosa	< 1,2	LR, LE, LV, LVr, LVt, LH, LEa e LVa	1,25
B	moderado	profundo (1,0 a 2,0m)	rápida/rápida rápida/moderada	arenosa/arenosa arenosa/média arenosa/argilosa média/argilosa argilosa/muito argilosa	1,2 a 1,5	Lj, LVP, PV PVL, PLn, TE, PVls, R, RPV, RLV, LEa e LVa	1,10
C	baixo	profundo (1,0 a 2,0m) moderadamente profundo (0,5 a 1,0m)	lenta/rápida lenta/moderada rápida/moderada	arenosa/média média/argilosa arenosa/argilosa arenosa/muito argilosa	> 1,5	Pml, PVp, PVls, Pc e M	0,90
D	muito baixo	Moderadamente profundo (0,5 a 1,0m) ou raso (0,25 a 0,50m)	rápida, moderada ou lenta sobre lenta	muito variável	muito variável	Li-b, Li-ag, gr, Li-fi, Li-ac e PVp (rasos)	0,75

O fator u também tem seus índices distribuídos em grupos, pois cada cultura possui diferente comportamento quanto à cobertura vegetal e distribuição do sistema radicular (Quadro 2).

Quadro 2. Grupos de culturas e seus respectivos índices.

Grupo	Culturas	Índice
1	feijão, mandioca e mamona	0,50
2	amendoim, algodão, arroz, alho, cebola, girassol e fumo	0,75
3	soja, batatinha, melancia, abóbora, melão e leguminosas para adubação verde	1,00
4	milho, sorgo, cana-de-açúcar, trigo, aveia, centeio, cevada, outras culturas de inverno e frutíferas de ciclo curto como o abacaxi.	1,25
5	banana, café, citros e frutíferas permanentes	1,50
6	pastagens e/ou capineiras	1,75
7	reflorestamento, cacau e seringueira	2,00

Para os diferentes tipos de manejo (m), o preparo do solo é considerado distintamente entre preparo primário e secundário, sendo observado o manejo dos restos culturais (Quadro 3), uma vez que as tabelas antigas não os computavam, sendo uma das principais causas de insucessos do uso do sistema de terraceamento, segundo LOMBARDI NETO et al. (1994).

Quadro 3. Grupo de preparo do solo e manejo de restos culturais com seus respectivos índices

Grupo	Preparo Primário	Preparo Secundário	Restos Culturais	Índices
1	grade aradora (ou pesada) ou enxada rotativa	grade niveladora	incorporados ou queimados	0,50
2	arado de disco ou aiveca	grade niveladora	incorporados ou queimados	0,75
3	grade leve	grade niveladora	parcialmente incorporados com ou sem rotação de culturas	1,00
4	arado escarificador	grade niveladora	parcialmente incorporados com ou sem rotação de culturas	1,50
5	não tem	plantio sem revolvimento do solo, roçadeira, rolo faca, herbicidas	superfície do terreno	2,00

Uma vez determinado o espaçamento vertical, obtêm-se o espaçamento horizontal, que é determinado pela equação 4.

Este é um método sistematizado em programas computacionais desenvolvidos no Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (PRUSKI, 1997; GRIEBELER, 1997) e na Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas (LAGROTTI, 1995), com a intenção de facilitar o dimensionamento de sistemas de terraceamento.

2.3.2.3. Comprimento crítico - proposto por BERTOL (1995).

As metodologias existentes para determinar o espaçamento entre terraços relacionam a declividade, tipo de solo, intensidade de chuvas, manejo e preparo de solo que podem permitir um maior comprimento de rampa (BERTOL, 1996).

BERTOL (1995) parte do conceito da perda de eficácia do resíduo cultural no controle da erosão hídrica, baseado no transporte desta cobertura pelo escoamento superficial para o estabelecimento do espaçamento máximo recomendado entre terraços. O ponto do terreno onde é evidenciado este transporte é aquele em que a enxurrada começa a provocar o sulcamento por debaixo do resíduo, servindo como referência para auxiliar na definição de espaçamento entre terraços. Estes seriam alocados exatamente para o comprimento no qual ocorre a falha da cobertura superficial, coincidindo com o final do comprimento crítico de declive.

No entanto, para definir estas distâncias por este conceito, BERTOL & COGO (1996) apresentam três critérios a serem considerados e que implicam o dimensionamento do canal do terraço e, conseqüentemente, a distância entre eles.

Cogo, citado por BERTOL & COGO (1996), relaciona o primeiro deles como uma função da distância a partir de onde passa a ocorrer a falha dos resíduos culturais. Estas falhas dependem de fatores como tipo, quantidade, percentagem de cobertura do solo, forma de manejo e estágio de decomposição dos resíduos no solo; por sua vez, o transporte destes resíduos depende, também, da inclinação da rampa e da taxa de escoamento superficial. Este último fator, junto com a taxa de erosão, são utilizados na confirmação da existência ou não da falha constatada em campo.

Ao ser comparada a taxa de perda de solo anual estimada no comprimento crítico do declive com a tolerância de perda de solo, o espaçamento entre terraços pode ser aumentado ou diminuído quando estas taxas não superam ou superam o limite tolerável, sendo este o segundo critério.

Ainda, apontado como terceiro critério, o espaçamento entre terraços determinado baseado no critério de falha dos resíduos culturais, deve ser limitado de forma a manter as perdas abaixo ou igual ao valor tolerável para cada tipo de solo. Em situação em que esta condição não seja cumprida, os canais devem ser redimensionados, objetivando a economicidade de sua construção, ou então o espaçamento entre eles deve ser diminuído.

BERTOL (1995) estimou, em declive de $0,066 \text{ m.m}^{-1}$, o comprimento crítico de 310 m para condições em que não existia resíduo de milho e não era aplicado nenhum tipo de preparo de solo. Para o tratamento em que se mantinham os resíduos de milho sobre a superfície e não se utilizava de nenhum preparo de solo, o valor de espaçamento aumentou para 483 m. O autor apresenta ressalvas à extrapolação dos dados obtidos, devido à interferência da variabilidade espacial na erosividade, tipos de solo, manejo e grau de declive.

2.3.2.4. Método pela Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS)

A EUPS é um método para se determinar as várias combinações dos sistemas de conservação por cultivo do solo e práticas mecânicas que, em função do tipo e distribuição das chuvas esperadas em localidades particulares, alcançam o controle satisfatório da erosão para cada campo específico (BEAUCHAMP, 1979).

Desenvolvida por WISCHMEIER E SMITH (1978) é apresentada como uma grande ferramenta na previsão de perdas de solos para projetos agrícolas. É um modelo designado para prever as perdas médias de solo, em um longo período de tempo, decorrentes do escoamento superficial, para uma área, cultivo e manejo específicos (equação 10).

$$A = R K L S C P \quad (10)$$

em que

A = perda de solo por unidade de área, $t\ ha^{-1}$;

R = erosividade da chuva, $MJ\ ha^{-1}\ mm\ h^{-1}$;

K = erodibilidade do solo, $(t\ ha^{-1})/(MJ\ ha^{-1}\ mm\ h^{-1})$;

L = fator que leva em conta a distância ao longo da qual ocorre o escoamento superficial, adimensional;

S = fator que considera a declividade do terreno, %;

C = fator que leva em conta o uso e manejo do solo, adimensional;

P = fator que leva em conta as práticas conservacionistas adotadas, adimensional.

Erosividade (R)

Dos parâmetros que compõe a EUPS, a erosividade representa a capacidade da chuva em provocar a erosão do solo. Quantifica o impacto da energia da gota da chuva que é aplicado sobre a superfície do solo (EC), representada pela equação 16 de WISCHMEIER & SMITH (1978).

$$EC = 0,119 + 0,0873 \log i \quad (11)$$

O parâmetro i representa a intensidade da chuva em $mm.h^{-1}$ e é obtida em função da intensidade, duração e frequência da precipitação, ou por análise de pluviogramas (PRUSKI, 1997), limitado em seu máximo no momento em que a intensidade da chuva passa a ser constante (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1990).

LOMBARDI NETO & MOLDENHAUER (1992) referem-se ao potencial de erosão de uma chuva através da perda de solo por unidade de área, sendo esta desprovida de cobertura e resíduos vegetais e com um determinado tipo de preparo de solo. Assim, o potencial de erosão da chuva está em função do solo, declive e de suas características, podendo ser representado pela energia cinética (EC) em $MJ\ ha^{-1}.mm^{-1}$, quando multiplicada pela intensidade máxima em 30 minutos (equação 12)

$$EI_{30} = EC.i_{30} \quad (12)$$

Outra forma de representar o potencial de erosão e desenvolvida pelos autores para a região de Campinas, São Paulo, acontece através da determinação dos valores mensais do índice de erosão (EI) obtido da relação entre a precipitação média mensal (p) e da anual (P) - equação 13 (MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹).

$$EI = 68,730 \sum \left(\frac{P^2}{P_a} \right)^{0,841} \quad (13)$$

Desta equação são estimados, com relativa precisão, para um longo período de tempo, os valores médios de EI de um determinado local, partindo dos valores totais de chuvas disponíveis de locais próximos (LOMBARDI NETO & MOLDENHAUER, 1992).

Erodibilidade (K)

A erodibilidade é representada pela suscetibilidade dos solos em sofrerem erosão, em decorrência da sua desagregação e do transporte das partículas, os quais sofrem interferências das condições da superfície e das características das chuvas (VEIGA et al., 1994).

Cada tipo de solo é mais ou menos propenso a erodir, em função de propriedades que afetam a velocidade de infiltração e capacidade total de armazenamento de água, ou daquelas que resistem às forças de dispersão, salpico, abrasão e transporte pela chuva e escoamento (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1990). Em relação à dificuldade de infiltração de água no solo, considera-se, também, a interferência do tipo de cobertura vegetal, preparo de solo, existência ou não de camadas adensadas e/ou compactadas (WISCHMEIER & SMITH, 1978).

Uso e manejo (C)

O fator C corresponde à interferência na previsão de perdas quando o solo está continuamente descoberto ou quando está cultivado em dadas condições. Estas condições são

combinações entre culturas e manejos de solo possíveis de serem relacionados, obtendo diferentes efeitos de perdas. As diferentes culturas possuem diferentes ciclos vegetativos, em função da distribuição das estações do ano, promovendo diferentes porcentagens de cobertura do solo. A metodologia para a determinação do fator C é aquela apresentada por BERTONI & LOMBARDI NETO (1990).

O manejo do solo consiste em um conjunto de operações que objetivam propiciar condições favoráveis para a semeadura, germinação, desenvolvimento e produção das plantas cultivadas. Estas operações envolvem desde tipos de preparos de cultivo, aproveitamento de resíduos de invasoras, como também, os trabalhos de preparo do solo (CASTRO, 1987)

Os efeitos do uso e manejo não podem ser considerados individualmente devido às diferentes combinações dos vários cultivos e desenvolvimentos encontrados em campo, pois quando relacionados ao período de chuvas, podem representar parâmetros de redução da erosão. Também, devido a aleatoriedade de previsões de suas variáveis, torna-se um valor individual e anual (WISCHMEIER & SMITH, 1972; BARUQUI & FERNANDES, 1985; PUNDEK, 1994; PRUSKI, 1997).

WISCHMEIER & SMITH (1978) recomendam o método para determinar o fator C dividindo o ano agrícola em cinco períodos ou estádios da cultura, de forma que, tanto a cobertura quanto o manejo, sejam considerados uniformes dentro de cada um deles. Definem tais períodos de acordo com a porcentagem de cobertura oferecida pela cultura à área cultivada.

BERTONI & LOMBARDI NETO (1990), posteriormente à divisão em estádios da cultura, relacionam a cada um destes as intensidades de perdas de solo combinadas com dados relativos às chuvas, representados pelas porcentagens de distribuição do índice de erosão anual (EI) do determinado local.

DE MARIA & LOMBARDI NETO (1997), obtiveram diferentes resultados de fator C ao mudar o manejo da cultura quando, ao estabelecer as relações de perdas de solo, em condições de chuvas naturais, utilizando dados experimentais de perdas de terra e água por erosão, selecionaram diferentes tipos de coberturas (milho contínuo e em rotação com leguminosa e com pastagem), em três condições edafoclimáticas diferentes (Latosolo Roxo de textura argilosa, Podzólico Vermelho-Amarelo textura arenosa/média e Podzólico Vermelho-Amarelo textura

argilosa). Concluíram que os valores de relações de perdas determinados pelo método de WISCHMEIER & SMITH (1978) superestimaram as perdas de terra nas condições de solo e clima e nos sistemas de manejo da cultura do milho estudados.

BERTONI & LOMBARDI NETO (1990) definem como práticas conservacionistas todas as técnicas utilizadas para aumentar a resistência do solo ou diminuir as forças do processo erosivo. Consideram como práticas comuns as de plantio em contorno, plantio em faixas de contorno, terraceamento e alternância de capinas.

Práticas conservacionistas (*P*)

O fator *P* representa a relação de perdas esperadas quando o solo é preparado aplicando alguma prática conservacionista e quando é plantado no sistema “morro abaixo”, mantendo constante outras condições de preparo.

HIGHFILL (1981) apresenta como foram desenvolvidas as discussões sobre o fator *P* nos Estados Unidos desde 1956, descrevendo a forma de quantificar este fator. O valor a ser determinado depende do tipo de terraço e do espaçamento. No caso de terraços com distâncias em torno de 30 m, na presença de drenagem subterrânea para descarga do volume escoado, o fator *P* é o mesmo que seria utilizado para o plantio em contorno. Esta recomendação é assumida pelo fato de que parte da área é degradada pela erosão e parte não, significativamente, por causa da combinação da redução da erosão e deposição de sedimentos. Através de modelos computacionais estimam o fator *P* para várias condições combinadas pelo espaçamento entre terraços, declive e tipo de descarga dos canais.

Comprimento e grau de declive (*LS*) - Fator Topográfico

Relacionado ao fator comprimento de rampa e à declividade do terreno, WISCHMEIER & SMITH (1978) definiram o comprimento de rampa como sendo a distância desde o ponto de origem do escoamento sobre o terreno até o ponto onde a declividade diminui. Este gradiente deve ser o suficiente para que a deposição comece ou para que o escoamento da água seja

interceptado e conduzido a um curso orientado e definido, que pode fazer parte da rede de drenagem ou de um canal construído.

As perdas de solo aumentam quanto maior a declividade do terreno. WISCHMEIER & SMITH (1978) apresentam a equação 14, da qual, os resultados obtidos refletem os valores médios da variação do declive (S) ao analisar a perda de solo em parcela.

$$S = 65,41 \text{sen}^2 \theta + 4,56 \text{sen} \theta + 0,065 \quad (14)$$

em que θ é a inclinação do terreno, em graus.

O declive não é um fator independente para a determinação da perda de solo e deve ser considerado junto à interferência da cobertura vegetal, mudanças de manejo do solo, rugosidade do terreno e saturação do perfil do solo.

WISCHMEIER & SMITH (1978) esclarecem que em uma rampa, em que existam diversas inclinações, os padrões de determinação do gradiente de perda não estariam adequadamente dimensionados. Na parte inferior da rampa, quando a conformação do relevo é convexa, a deposição pelo movimento do solo pode ser subdimensionada e quando côncava superdimensionada. Como solução sugerem o seccionamento do declive total em subrampas, obtendo a perda acumulada de cada segmento.

A erosão não é distribuída uniformemente por todo o comprimento da rampa; a perda por unidade de área aumenta proporcionalmente à enésima potência da distância desde o topo do declive, sendo m o expoente do comprimento de rampa da equação:

$$L = (\lambda / 72,6)^n \quad (15)$$

em que:

n é obtido em WISCHMEIER & SMITH (1978) com a seguinte classificação: 0,5 se o declive for maior que 5%, 0,4 quando o declive estiver entre 3,5 e 4,5%, 0,3 quando entre 1 e 3%, e 0,2 quando declive for menor que 1%; e λ é o comprimento da rampa em pés.

Na determinação das perdas de solo a partir da EUPS, ambos os parâmetros L e S são considerados conjuntamente, sendo este fator denominado topográfico, expresso pela equação 16, que, ao ser transformada para o sistema métrico, adquire a representação da equação 17.

$$LS = \left(\frac{\lambda}{72,6}\right)^n (65,41 \text{sen}^2 \theta + 4,56 \text{sen} \theta + 0,065) \quad (16)$$

$$LS = \frac{\sqrt{L_e}}{100} (1,36 + 0,97S + 0,1385S^2) \quad (17)$$

em que

S representa o grau do declive em porcentagem e L_e o comprimento do declive onde ocorre o escoamento superficial, dado em metros.

Como, pelo método de WISCHMEIER & SMITH (1978), não é considerada a variação da forma do relevo no sentido do declive, em um mesmo comprimento de rampa, BERTONI & LOMBARDI NETO (1990) apresentam a equação 18 para obter o valor do fator topográfico.

$$LS = 0,00984 \cdot L^{0,63} \cdot S^{1,18} \quad (18)$$

Esta equação tem origem no trabalho desenvolvido por BERTONI (1959), que, a partir de dados obtidos para os principais tipos de solos do Estado de São Paulo, determinou relações entre a declividade do terreno, comprimento de rampa e as perdas de solo por erosão.

Tolerância de perdas de solo por erosão

A tolerância de perdas de solo por erosão é o parâmetro que determina o limite máximo admissível de perdas previstas pela EUPS. WISCHMEIER & SMITH (1972) a definem em função do uso do solo, servindo para denotar a máxima taxa de perda de solo pela erosão que será permitida com um alto nível de produtividade da cultura, sendo esta sustentável econômica e indefinidamente. Depende das propriedades do solo, profundidade, topografia e erosão antecedente. Em trabalho posterior (1978), os mesmos autores estabelecem uma diferenciação da definição em função do propósito a que serve o limite de tolerância. No caso do controle da poluição das águas, a profundidade do solo não é tão relevante quanto a quantidade de sedimentos que é liberado no curso dos rios.

RESENDE & ALMEIDA (1985) citam que a situação ideal estaria quando as perdas por erosão fossem compensadas pelo acréscimo dado pela formação de novo solo. HUDSON (1981) expõe que um solo leva de 120 a 400 anos para ser transformado em uma camada de 1 cm de solo agricultável, sendo necessários 12 a 40 mil anos para formar 1 m. Concluem que, a partir deste cenário, permitir-se-ia uma perda de solo anual equivalente a uma camada da ordem de 0,083 a 0,025 mm de espessura por ano, sem alterar o perfil deste solo. Ao assumir uma densidade de solo entorno de $1,0 \text{ g.cm}^{-3}$, isto equivaleria a um valor de 0,83 a $0,25 \text{ t.ha}^{-1} \text{ .ano}^{-1}$. As perdas de solo para o Estado de São Paulo são de 4,5 a $13,4 \text{ t.ha}^{-1} \text{ .ano}^{-1}$ e de 9,6 a $15,0 \text{ t.ha}^{-1} \text{ .ano}^{-1}$ para solos com B textural e com B latossólico, respectivamente (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1990). A profundidade favorável ao desenvolvimento do sistema radicular, a relação textural dos horizontes superficiais e o período de tempo para desgastar a quantidade de solo da unidade de superfície foram os critérios subjetivos utilizados. A quantificação da tolerância para cada tipo de solo foi determinada pelo peso de terra por unidade de superfície para cada horizonte do perfil de solo, sendo considerados tanto a espessura, como a respectiva densidade.

$$P_1 = 100 h d \quad (19)$$

em que

P = peso de terra em um hectare, expresso em t/ha; h = espessura do horizonte, em cm, e d = a massa específica do solo, em g.cm^{-3} . O parâmetro P é o resultado da soma de todos os dados do perfil transformado em um único valor.

SPAROVEK & JONG VAN LIER (1997) introduziram aos critérios já existentes as condições naturais, econômicas e/ou tecnológicas que envolvem o solo a ser analisado. São flexíveis quanto aos valores de taxa de renovação do solo, mas rigorosos quanto à degradação ambiental e à perda de produtividade das culturas. Em função destas características, elaboram uma seqüência de equações para o cálculo da erosão tolerável ao longo do tempo, concluindo que este tipo de aproximação é muito apropriada para procedimentos de avaliação quantitativa e integrada de terras.

Precisão na aplicação da EUPS

A EUPS é considerada uma equação com grande potencial de uso nos estudos de processos de erosão e predição de perdas de solo. Ainda é considerada por CASTRO & VALÉRIO FILHO (1997) de grande utilidade para estudos de zoneamentos ambientais e em simulações em grande escalas e em levantamentos menos detalhados.

WISCHMEIER & SMITH (1978) comentam que as perdas estimadas pela EUPS representam valores muito bons, mas que não são absolutos. Geralmente originam resultados mais precisos quando o solo tende a uma textura média, comprimento de rampa menor que 130 m, declividades entre 3 e 18%, eficiente sistema de cultivo e manejo. Quando utilizada fora destes limites a probabilidade de ocorrência de erros aumenta.

RISSE et al. (1993) concluem de seu trabalho, sobre a avaliação da precisão na EUPS, que, aplicada em 208 parcelas naturais, tomando dados pelo período médio de 7,9 anos por parcela, obtiveram uma magnitude de erro médio de $1,36 \text{ kg.m}^{-2}$, representando uma eficiência de 75% no modelo de análise utilizado; quando aplicado em 1638 valores individuais de erosão anual, tiveram um erro de $2,13 \text{ Kg.m}^{-2}$, com eficiência de 58%. Ainda a EUPS, em geral, sobrestima perdas em parcelas com baixos valores de erosão e subestima quando as taxas são elevadas; a precisão das previsões da EUPS, em termos de diferença entre medidas e valores previstos, apresentou melhora com o aumento da perda de solo total. A cobertura vegetal, topografia e manejo do solo foram os fatores que mais interferiram no modelo de eficiência estudado, indicando que as pesquisas sobre estes parâmetros devem continuar sendo desenvolvidas.

3. Material e métodos

Este trabalho foi desenvolvido na Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas (FEAGRI-UNICAMP), com a colaboração do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) e da Faculdade de Agronomia e Zootecnia Manoel Carlos Gonçalves (FAZMCG).

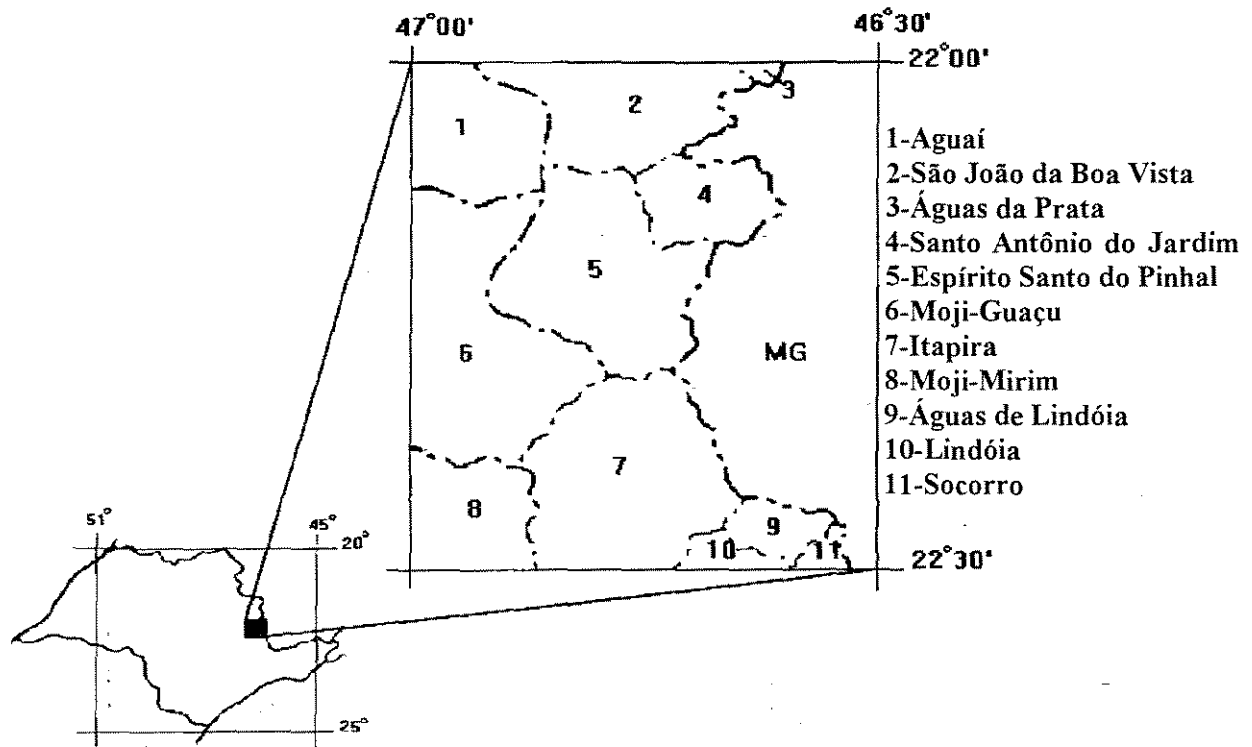
3.1. Informações sobre a área de estudo

A quadrícula de Moji-Mirim, no Estado de São Paulo, foi escolhida como área de aplicação deste estudo, devido a sua importância e diversidade de usos agrícolas, despertando o interesse de instituições de pesquisa e ensino, como é o caso da FEAGRI-UNICAMP ou ainda do IAC e FAZMCG. Nessa área, ROCHA et al. (1997) colocaram à disposição algumas informações referentes à EUPS geradas pelo projeto intitulado: *Avaliação da aptidão agrícola das terras e estudo de degradação do solo da quadrícula de Moji-Mirim para fins de planejamento agro-ambiental*, apresentado na forma de relatório para a Fundação de Auxílio e Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) por CAVALIERI (1998).

A área estudada está compreendida entre as latitudes 22°00' e 22°30' S e longitudes 46°30' e 47°00' WG (Figura 3), abrangendo, total ou parcialmente, 11 municípios e representam uma área aproximada de 196.000 hectares.

3.1.1 Características da região

Segundo o Instituto de Pesquisa e Tecnologia do Estado de São Paulo citado por ROCHA et al. (1997), a geologia da região revela a presença de duas grandes províncias geomorfológicas do Estado - o Planalto Atlântico e a Depressão Periférica. No Planalto Atlântico as litologias são representadas principalmente por granitos e granitóides polidiapíricos de granulação variada, ao nordeste da área da quadrícula, de rochas do complexo Varginha do nordeste à porção mais centro-sul. A região sudeste é predominada por rochas do complexo Amparo e ao sudoeste (Depressão Periférica) por rochas do grupo Tubarão, formação Itararé, aparecendo um pouco mais acima coberturas Cenozóicas indiferenciadas correlatas à Formação Rio Claro e sedimentos aluvionais. Ao norte são encontradas rochas intrusivas básicas tabulares e ao noroeste verifica-se a presença de rochas do grupo Tubarão, com predominância de arenitos vermelho-arroxeados.



Fonte: OLIVEIRA (1992).

Figura 3: Localização da quadrícula de Moji-Mirim no Estado de São Paulo e os municípios que compõem a área estudada.

A topografia é bastante diferenciada, revelando a presença de superfícies aplainadas, tendendo a um relevo suave-ondulado a ondulado na região mais central (Depressão Periférica) e ondulado a montanhoso próximo à divisa de Minas Gerais (Planalto Atlântico). As áreas que beiram o rio do Peixe (Itapira) constituem-se de planícies e terraços fluviais.

3.1.2 Solos da região

O levantamento pedológico semidetalhado da quadrícula de Moji-Mirim foi extraído do relatório técnico de ROCHA et al. (1997), que, a partir do levantamento pedológico semidetalhado de OLIVEIRA (1992), elaboraram um quadro com símbolos da classificação

taxonômica, dados de tolerância e erodibilidade, para cada uma das unidades de mapeamento (Quadro 4).

Os autores digitalizaram a carta de solos no software AutoCAD, converteram-na para arquivo imagem no IDRISI for Windows de extensão DXF, com resolução de 30 por 30 metros (Figura 4), sendo acompanhadas de um banco de dados relacionados a cada unidade de mapeamento. A área mapeada da quadrícula foi de 185.805,63 ha, sendo que 9.940,68 ha não foram mapeadas por representarem área urbana e espelhos d'água.

3.1.3. Descrição e ocupação dos solos da região.

As informações quanto às porcentagens de ocupação dos diferentes tipos de solos na quadrícula, foram obtidas de CAVALIERI (1998).

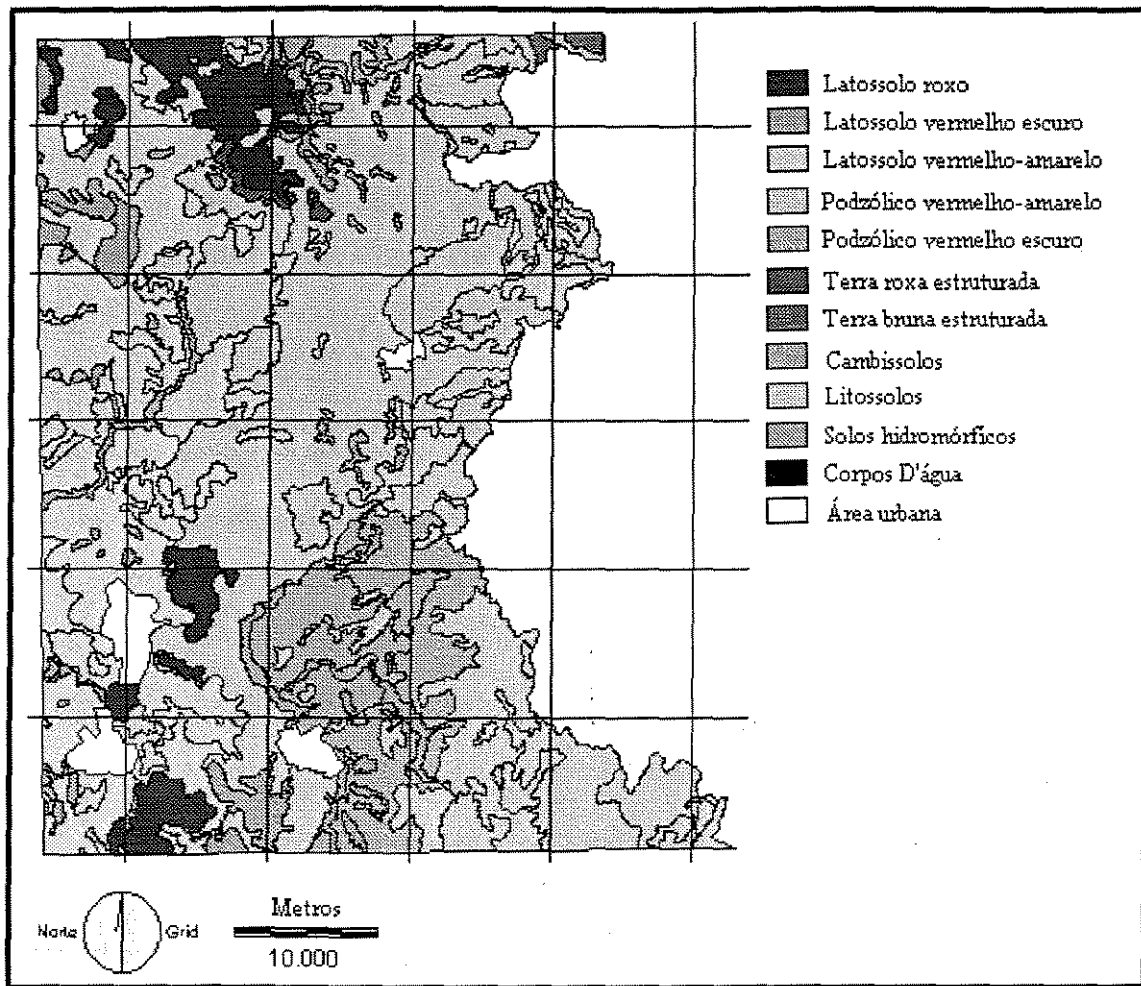
Latossolo Roxo

Caracteriza-se por ser um solo profundo, poroso, acentuadamente drenado, livre de pedras, com ligeiros riscos de erosão e de restrições à mecanização da lavoura. Representa 5,27% da área da quadrícula e normalmente encontra-se em relevo plano ou suave ondulado. Devido à sua textura argilosa a muito argilosa apresenta susceptibilidade à formação de camadas adensadas. Possuem problemas quanto à fertilidade (solos álicos e distróficos); dentre as culturas produzidas, encontram-se o milho, a cana e pastagens.

Quadro 4: Tolerância de perdas de solo ($t \cdot ha^{-1}$) e valores de erodibilidade ($t \cdot h \cdot MJ^{-1} \cdot mm^{-1}$) para solos da Quadrícula de Moji-Mirim.

Classificação taxonômica	Unidade de solo	Símb.	K ($t \cdot ha^{-1} \cdot MJ^{-1} \cdot mm^{-1}$)	Tolerância ($t \cdot ha^{-1}$)
Latossolo Roxo Distrófico ou Álico, A moderado, textura argilosa ou muito argilosa.	Barão Geraldo	LRd	0,0128	13,0
Latossolo Roxo Ácrico, A moderado, textura argilosa ou muito argilosa.	Capão da Cruz	LRac	0,0128	13,0
Latossolo Vermelho Escuro Distrófico ou Álico, A moderado, textura média.	Hortolândia	LEd1	0,0175	15,0
Latossolo Vermelho Escuro Distrófico ou Álico, A moderado, textura argilosa leve.	Bonfim	LEd2	0,0167	12,3
Latossolo Vermelho Escuro Distrófico ou Álico, A moderado, textura argilosa ou muito argilosa.	Litneira	LEd3	0,0167	12,3
Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico ou Álico, A moderado, textura média.	Coqueiro	LVd1	0,0132	14,2
Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico ou Álico, A moderado, textura média.	Laranja Azeda	LVd2	0,0132	14,2
Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico ou Álico, A moderado, textura argilosa leve.	Mato Dentro	LVd3	0,0246	12,6
Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico ou Álico, A moderado, textura argilosa leve com cascalho.	Ponte Funda	LVd4	0,0114	12,6
Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico ou Álico, A proeminente, textura média.	Três Barras	LVd5	0,0132	14,2
Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico ou Álico, A proeminente, textura argilosa leve.	Pederneras	LVd6	0,0217	12,6
Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico ou Álico, A proeminente, textura argilosa.	Ipororó	LVd7	0,0246	12,6
Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico ou Álico, A húmico, textura média ou argilosa leve.	Camarguinho	LVd8	0,0125	12,6
Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico ou Álico, A moderado ou proeminente, textura indiscriminada.	Campininha	LVc	0,0125	12,6
Podzólico Vermelho-Amarelo Distrófico ou Álicos, Tb, A moderado, textura média.	Usina	PV1	0,0462	9,6
Podzólico Vermelho-Amarelo Distrófico ou Álicos, Tb, abruptos, A moderado, textura arenosa/média.	Alva	PV2	0,0462	9,6
Podzólico Vermelho-Amarelo Distrófico ou Álicos, Tb, textura média.	Catingueiro	PV3	0,0502	9,7
Podzólico Vermelho-Amarelo Distrófico ou Álicos, Tb, A moderado, textura média/argilosa.	Santa Cruz	PV4	0,0280	9,9
Podzólico Vermelho-Amarelo, indiscriminado, relacionados a materiais do Complexo Cristalino. Predominância de solos sem e com cascalho.	-----	PV5	0,0396	7,0
Podzólico Vermelho-Amarelo, indiscriminado, relacionados a materiais do Complexo Cristalino. Predominância de solos cascalhentos.	-----	PV5c	0,0396	7,0
Podzólico Vermelho-Amarelo Latossólico, Tb, Textura argilosa, relacionados a materiais do Complexo Cristalino.	-----	PVL	0,0331	9,9
Podzólico Vermelho Escuro, indiscriminado, relacionados a materiais do Complexo Cristalino.	-----	PE	0,0308	8,9
Terra Roxa Estruturada Eutrófica ou Distrófica, A moderado, textura argilosa ou muito argilosa.	Estruturada	TE	0,0181	13,4
Terra Roxa Estruturada Latossólica Distrófica, A moderado, textura argilosa ou muito argilosa.	Itaguassu	TEL	0,0165	14,7
Terra Bruna Estruturada Álica, A proeminente, textura argilosa.	-----	TB	0,0256	12,7
Cambissolo Distrófico ou Álico, Tb, A moderado, textura indiscriminada, bem a imperfeitamente drenados.	Sete Lagoas	C1	0,0350	6,7
Cambissolo Distrófico ou Álico, Tb, A moderado, textura média.	Piãõ d'Água	C2	0,0500	6,7
Litólico Eutrófico ou Distrófico, A moderado, textura média, substrato sedimentos indiscriminado do Grupo Tubarão.	-----	Li1	0,0302	7,4
Litólico Eutrófico ou Distrófico, A moderado, textura argilosa, substrato basalto ou diabásio.	-----	Li2	0,0442	6,7
Litólico Eutrófico ou Distrófico, A moderado, textura média, substrato rochas indiscriminadas do Complexo Cristalino. Predominância de solos sem ou com cascalho.	-----	Li3	0,0296	5,9
Litólico Eutrófico ou Distrófico, A moderado, textura média, substrato rochas indiscriminadas do Complexo Cristalino. Predominância de solos cascalhentos ou com cascalho	-----	Li3c	0,0296	5,9
Litólico indiscriminado substrato rochas alcalinas.	-----	Li4	0,0362	6,4
Grupamento indiscriminado de Gleis Pouco Húmicos	-----	Hi1	Não dispon.	Não dispon.
Grupamento indiscriminado de Gleis Pouco Húmicos	-----	Hi2	Não dispon.	Não dispon.

Fonte: ROCHA et al. (1997)



Fonte: OLIVEIRA (1992), obtido por CAVALIERI (1998).

Figura 4: Representação das principais classes de solos existentes na Quadrícula de Moji Mirim.

Latossolo Vermelho-Amarelo

Os Latossolos Vermelho-Amarelo, por serem solos muito espessos e com boa drenagem interna e textura média a argilosa, possuem limitações menos rigorosas quanto à erosão, comparados aos solos podzólicos. São encontrados geralmente em áreas de relevo suave ondulado, representado 23,42% da área analisada. Quanto à fertilidade, são fracos; quase todas as variações deste tipo de solo que aparecem na quadrícula revelam caráter álico ou distrófico. São mais utilizados com reflorestamento de eucalipto, citros, café e pastagens. Oferecem algum

impedimento quanto à mecanização, quando há problemas de drenagem ou quando são cascalhentos.

Podzólico Vermelho-Escuro

Esse solo é susceptível à erosão, principalmente quando em declives mais acentuados, limitando-se também quanto à fertilidade. Na quadricula ocupam 6,12% da área e, geralmente, apresentam-se nos terrenos de relevo menos acidentado que os solos Litólicos, na maioria das vezes associados aos solos Podzólico Vermelho-Amarelo, não sendo muito restritivos ao emprego de máquinas agrícolas.

Podzólico Vermelho-Amarelo

Dos solos encontrados na quadricula, os Podzólicos Vermelho-Amarelo apresentam as mais baixas taxas de infiltração, adquirindo uma grande susceptibilidade à erosão. Ocupam 48,97% da área total, associados a relevo ondulado, fortemente ondulado e montanhoso. Este é um dos fatores que o limitam quanto à mecanização, além da ocorrência de cascalhos e pedras. Outra limitação aparece devido à deficiência de fertilidade (distróficos). São utilizados com milho, cana-de-açúcar e reflorestamento.

Terra Roxa Estruturada

A Terra Roxa Estruturada é uma classe que agrupa solos com B textural, desenvolvida a partir de rochas básicas, sendo argilosa e estando associada ao Latossolo Roxo. Ocupa as áreas de relevo ondulado. Possuem restrições quanto à fertilidade e ao risco de erosão, principalmente com a acentuação do declive do terreno. Ocupa cerca de 0,39% da área da quadricula. Em algumas regiões são indicadas como áreas de preservação da flora e fauna.

Terra Bruna Estruturada

Representa 0,20% da área total, ocorrendo em relevo ondulado a fortemente ondulado com permeabilidade restrita, sendo, portanto, susceptível a erosão. Ainda, em função do relevo, podem apresentar restrições quanto à mecanização.

Cambissolos

São caracterizados por sua grande susceptibilidade à erosão, que se acentua em áreas declivosas. Suas limitações também estão relacionadas ao impedimento à mecanização, quando as áreas são muito íngremes, ou com a pedregosidade e à deficiência de fertilidade (solo álico). Na quadricula, ocupam 1,29% da área e são utilizados por pastagem natural, ou para preservação da flora e fauna.

Solos Litólicos

São caracterizados por terem pouca profundidade, associados a pedregosidade e rochividade, e por situarem-se em áreas de relevo acidentado, limitando o trabalho de máquinas agrícolas. Além dessas características, apresentam também susceptibilidade à erosão. Ocupam 3,18% da área da quadricula e geralmente são utilizados para pastagens, como também para áreas de preservação da flora e fauna.

3.2. Parâmetros que determinam os espaçamentos pelos métodos comparados.

Uma vez obtidas todas as informações referentes aos parâmetros que constituem os métodos de determinação de espaçamento entre terraços, e sendo este determinado em função da variação do declive, analisa-se a aplicação dos métodos LOMBARDI NETO et al. (1994) e

Equação Universal de Perda de Solo (EUPS), para as condições encontradas na quadrícula de Moji-Mirim.

3.2.1. Método de LOMBARDI NETO et al. (1994)

Elaborou-se tabelas de espaçamento vertical e horizontal em função do declive do terreno, utilizando o método proposto por LOMBARDI NETO et al. (1994) (equação 9). Os solos sobre os quais foram determinados os espaçamentos são classificados como: Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico ou Álico, A moderado, textura argilosa leve com cascalho (LVd4), representando o grupo A, e Terra Roxa Estruturada Eutrófica ou Distrófica, A moderado, textura argilosa ou muito argilosa (TE), representando o grupo B. Estes são os grupos de solos que permitem a construção de terraços em nível, uma vez que o método os agrupa segundo suas qualidades e características quanto à resistência à erosão, conforme o Quadro 1, de onde foram obtidos os valores de K (1,25 para o LVd4 e 1,10 para a TE).

Os índices utilizados para caracterizar o fator u são representados no Quadro 5. O método de 1994 apresenta as culturas agrupadas em função da densidade de cobertura vegetal e do sistema radicular, que interferem diretamente nas perdas de solo e água.

No Quadro 3 encontram-se os valores correspondentes aos índices de manejo do solo (m) distribuídos em cinco grupos de preparo e manejo. Para representar as condições convencionais de preparo do solo, é selecionado o grupo que considera como preparo primário a utilização do arado de disco ou aiveca e o secundário a grade niveladora. Os restos culturais são considerados incorporados. Portanto, o índice que representa o manejo do solo é representado pelo valor de 0,75, sendo este o mesmo em todas as condições de solo e culturas.

Quadro 5. Valores do fator u em função do tipo de cultura.

Cultura	Índice
Algodão	0,75
Cana-de-açúcar	1,25
Citros	1,50
Reflorestamento	2,00

Fonte: LOMBARDI NETO et al. (1994).

Este método determina o espaçamento para uma amplitude de declive de 1 a 16%. O espaçamento mínimo entre terraços é limitado em 12 m, devido ao fator econômico que inviabilizaria a implantação do sistema de terraceamento com distâncias menores que esta (LOMBARDI NETO et al., 1994). Dependendo da combinação cultura, grupo de solo, uso e manejo, é possível encontrar espaçamentos maiores que 12 m no declive mais acentuado (16%). Então, utilizando os espaçamentos determinados por este método, para uma amplitude de declive de 1 a 20%, aplica-se a EUPS para prever as perdas (A) e compará-las ao valor de tolerância (T), através da relação A/T de valor unitário. Quando é obtido valor maior que 1 para a relação A/T , não deverá ser recomendado a implantação do sistema de terraceamento, sem que sejam introduzidas outras alternativas de uso e/ou manejo.

3.2.2. Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS)

Cada um dos parâmetros da EUPS (equação 10) utilizados na determinação do espaçamento entre terraços são a seguir apresentados.

3.2.2.1. Parâmetros relacionados ao solo.

Erodibilidade (K)

Experimentalmente a erodibilidade de um solo é quantificada como a perda de solo por unidade de índice de erosão de chuva em uma parcela unitária com 9% de declive e comprimento de 25 m - parâmetros fixos escolhidos arbitrariamente e utilizados em outros países e também pelo Instituto Agrônomo de Campinas na determinação de perdas de solo - com um padrão de preparo de terreno determinado, mantido anualmente com a intenção de igualar ao valor unitário os parâmetros L , S , P e C (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1990).

No Quadro 1 encontram-se os índices de erodibilidade dos solos da quadrícula de Moji-Mirim utilizados neste trabalho de pesquisa, obtidos a partir do relatório de ROCHA et al. (1997). Os solos selecionados para analisar o comportamento dos métodos, são representados por aqueles que permitiram os maiores espaçamentos entre terraços e que corresponderam aos grupos A e B de solo. Os valores são obtidos do Quadro 1, sendo estes $0,0114 \text{ t.ha}^{-1}.\text{MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ para o LVd4 (grupo A) e $0,0181 \text{ t.ha}^{-1}.\text{MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ para o TE (grupo B).

Os grupos C e D tiveram seus espaçamentos determinados e analisados. No entanto, não foram contemplados neste trabalho por não admitirem a construção de terraços em nível.

Tolerância (*T*)

O valor de tolerância de perdas de solo pode ser maior ou menor em função do tipo de solo, de sua profundidade, textura e drenabilidade. No Quadro 1 encontram-se os valores de tolerância de perdas de solo por erosão correspondentes a cada uma das unidades de solo da quadrícula. Para os solos LVd4 e TE os valores de tolerância são: $12,6 \text{ t.ha}^{-1}$ e $13,4 \text{ t.ha}^{-1}$.

A divisão das perdas de solo estimada e a tolerância (A/T) indica a eficiência do espaçamento obtido, pois quando a relação é menor do que 1, as perdas de solo estão abaixo do limite de tolerância, e nesta condição, o espaçamento poderia ser aumentado para reduzir o custo.

3.2.2.2. Parâmetros relacionados ao clima.

Erosividade (*R*)

No caso presente, avaliou-se as precipitações para um período de 30 anos (1961-1990), sendo tomada a somatória dos valores do índice de erosão (EI) para um período de um ano, obtendo-se a média anual. Estes dados são obtidos de CAVALIERI (1998) que, seguindo a metodologia proposta por LOMBARDI NETO & MOLDENHAUER (1992), determinaram o fator R para toda a quadrícula, a partir de interpolação das informações de 24 postos

meteorológicos do Departamento de água e Esgoto – DAEE/São Paulo, distribuídos dentro da área de estudo e em regiões vizinhas.

Dos postos meteorológicos selecionados para a interpolação, os referentes às cidades de São João da Boa Vista, Espírito Santo do Pinhal e Moji-Mirim estão inseridos na quadrícula. Entre estes postos meteorológicos, o maior valor de R, calculado aplicando a equação 20, foi obtido para o de São João da Boa Vista, com valor de 7901 MJ.ha⁻¹.mm.h⁻¹.

$$EI = 89,823 \sum_{i=1}^{n=12} \left(\frac{P^2}{P_a}\right)^{0,759} \quad (20)$$

em que

P = precipitação média mensal (mm) e P_a = precipitação média anual (mm).

O Fator R é dado através da somatória dos doze valores de EI. A equação utilizada (20) é recente e obtida no início do desenvolvimento desta dissertação por comunicação pessoal de LOMBARDI NETO, F.

3.2.2.3. Parâmetros relacionados ao uso e manejo (C).

Para este estudo foram selecionadas as culturas da cana-de-açúcar, eucalipto, algodão e citros, por representarem a maior área de cultivo da região. Os valores do fator C para as culturas selecionadas na quadrícula de Moji-Mirim apresentam-se no Quadro 6 e os cálculos que levaram a determinar tais valores em Anexo.

Quadro 6. Valores do fator C para a Quadrícula de Moji-Mirim

Cultura	Fator C
Algodão	0,4446
Cana-de-açúcar	0,1076
Citros (até 25 anos)	0,0873
Eucalipto	0,0518

Fonte: LOMBARDI NETO, F. (comunicação pessoal)

3.2.2.4. Parâmetros relacionados às práticas conservacionistas (*P*)

No Quadro 7 apresentam-se os valores de *P* adotados para a determinação dos espaçamentos entre terraços, em função do declive.

Quadro 7. Valores de *P* em função do declive.

Declive (%)	<i>P</i> (adimensional)
1,0	0,62
2,0	0,56
3,0	0,53
4,0	0,51
5,0	0,50
6,0	0,51
7,0	0,54
8,0	0,57
9,0	0,61
10,0	0,65
11,0	0,70
12,0	0,75
13,0	0,80
14,0	0,84
15,0	0,88
16,0	0,92
17,0	0,94
18,0	0,96
19,0	0,98
20,0	1,00

Fonte: LOMBARDI NETO, F. (comunicação pessoal).

Estes dados foram determinados através de modelagem matemática - conforme a Fonte - sensível à variação de declive, como também, às práticas conservacionistas. Para os dados do Quadro 7 foi considerado como prática conservacionista apenas o plantio em contorno.

3.2.2.5. Parâmetros relacionados à topografia (*LS*)

Para o cálculo dos valores do fator topográfico - sendo *L* o comprimento de rampa e *S* o declive deste comprimento quando referidos independentemente - foi utilizada a equação 14 proposto por BERTONI & LOMBARDI NETO (1990).

Partindo do uso da EUPS, isolando ambos fatores L e S e considerando as perdas de solo equivalentes aos limites de tolerância dessas perdas, obtêm-se:

$$LS = \frac{T}{KRCP} \quad (21)$$

A partir dessa expressão foi possível idealizar a possibilidade em obter os espaçamentos entre terraços, procurando seccionar o comprimento da rampa em dimensões máximas toleráveis pelo solo.

3.2.3. Determinação do espaçamento entre terraços

Ao substituir na equação 21 a equação 15, tem-se o espaçamento horizontal representado pela equação 22.

$$EH = \left(\frac{T}{R \cdot K \cdot 0,00984 \cdot S^{1,18} \cdot C \cdot P} \right)^{1/0,63} \quad (22)$$

onde:

S está limitado ao intervalo de 0 a 20%, sendo obtido para cada declive, discriminadamente, os espaçamentos horizontais. Para a determinação dos espaçamentos verticais, quando necessários, utilizou-se a equação 4. Estes vinte espaçamentos foram calculados também em função de cada tipo de solo, apresentado no Quadro 1.

Considerou-se que o fator comprimento de rampa (L) representa o espaçamento horizontal (EH) em uma área terraceada, por isso, a substituição da simbologia.

3.2.4. Considerações quanto às limitações da metodologia

As distâncias entre terraços foram delimitadas dentro de um intervalo que fosse condizente com as possibilidades mecânicas de construção e manutenção e, também, a um máximo espaçamento que assegurasse a existência de perdas de solo inferiores ao limite tolerável.

3.2.4.1. Espaçamento mínimo

O valor mínimo de 12 m é recomendado por LOMBARDI NETO et al. (1994), devido ao elevado custo que implicaria a construção de um grande número de terraços e, conseqüentemente, a manutenção destes, além de dificultar os trabalhos de motomecanização em espaçamentos menores que este.

A diminuição de custo está diretamente relacionada à produção da maquinaria utilizada na construção e manutenção dos terraços. Segundo a COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO AGRÍCOLA DE SÃO PAULO – CODASP (1994), esta produção está relacionada ao tipo de terraço (seção) e equipamento utilizado (potência, marcha, velocidade, número de passadas e largura).

Segundo GRIEBELER (1998) as estimativas de custo são baseadas no custo da hora máquina e no rendimento operacional em metros por hora, ou então, sempre que disponíveis informações, no consumo de combustível em litros por hora e de seu preço, considerando o comprimento de terraço

GRIEBELER et al. (1997) estimaram o custo para a implantação de sistema de terraceamento utilizando como ferramenta o Sistema de Informações Geográficas (IDRISI), determinando o espaçamento de terraços por três equações (Bentley, Paraná e Lombardi Neto et al.) em três microbacias. Obtiveram proporções de custo de construção de terraços na ordem de US\$63,00 por hectare, para um Latossolo Roxo com declive entre 12 e 18% e espaçamento de 24,9 m (determinados pelo método LOMBARDI NETO et al., 1994). Destes resultados, buscando estimar o custo desta construção quando os espaçamentos são reduzidos a 11,9 m, este custo subiria para US\$ 132,00 e quando reduzidos para 14,9 m, subiria para US\$105,3. Da diferença entre estes valores, representa uma diminuição de custos em torno de 20% quando utilizado o maior espaçamento (14,9 m).

Neste trabalho foi escolhido o espaçamento mínimo de 15 m, com o objetivo de restringir o método, tornando-o mais rigoroso quanto à economia do projeto de terraceamento.

3.2.4.2. Espaçamento máximo

O valor máximo foi delimitado em função do estudo realizado por BERTOL (1995), que determinou o comprimento crítico de declive para preparos conservacionistas, em função do manejo dos resíduos deixados sobre o solo, introduzindo o conceito de falha dos resíduos culturais. Este conceito define a distância onde alocar um terraço, sendo esta o ponto a partir de onde uma determinada enxurrada começa a remover o resíduo superficial. Entre os tratamentos incluía-se o sistema sem preparo do solo e sem resíduo vegetal, estimando o comprimento equivalente de declive em 310 m, para um solo do tipo Podzólico Vermelho-Amarelo. Este comprimento deve ser restrito quanto à tolerância de perdas de solo e do volume de enxurrada.

O dimensionamento do canal do terraço está diretamente relacionado ao volume de enxurrada, que, por sua vez, considerando uma área terraceada, pode ser maior ou menor em função do espaçamento entre terraços e do declive. Portanto, neste trabalho, os espaçamentos são questionados através de cálculos hipotéticos sobre sua máxima dimensão, ao serem consideradas duas formas de perdas: de solo e de água.

A forma “perda de solo” considera que, em uma enxurrada, em distâncias pequenas, as partículas transportadas pela erosão são depositadas no canal do terraço. Com a forma “perda de água”, é previsto o volume de água que também será contido pelo mesmo canal.

Perdas de água

LOMBARDI NETO et al. (1994) consideram que em uma área a ser drenada, o volume máximo de enxurrada esperado é aquele produzido por uma chuva diária máxima com 10 anos de período de retorno, em metros. Ainda, consideram as influências naturais e antrópicas que atuam sobre a formação da enxurrada, através do coeficiente de enxurrada (equação 23).

$$V = A_r h_d c_1 \quad (23)$$

em que

h_d = chuva diária máxima com 10 anos de período de retorno; c_l = coeficiente de enxurrada; V = volume máximo de enxurrada esperado é dado em m^3 e A_r = o parâmetro área em m^2 .

A área é representada pelo resultado da multiplicação de um espaçamento horizontal (EH) entre terraços, dado em metros, e o comprimento do terraços (Ct) fixo em um metro linear. Assim, o valor da área a ser inserido na equação 23, passa a ser equivalente ao espaçamento horizontal em m^2 .

Exemplificando, considerando os dois grupos de solos, tomou-se o dado de precipitação diária máxima para a região da quadrícula de 0,1 m (Figura 5), um coeficiente de enxurrada de 0,3, sendo este um valor médio entre os grupos de solo A e B e topografia de 0 a 5% de declive (Quadro 8), obtêm-se, para uma área de 300 m^2 (espaçamento entre terraços de 300 m), um valor de volume de enxurrada de 9 m^3 . Considerando que este volume será acumulado em um metro linear, a seção deste canal deverá ser de 9 m^2 . Mantendo constante a altura do canal do terraço em 0,9 m (1,0 metro com a borda), a medida da base do canal fica em 20 m (considera-se a área da seção triangular), sendo este valor muito elevado para o corte do terreno.

Quadro 8. Valores do coeficiente de enxurrada para terrenos cultivados, para solos, usos e manejos diferentes.

Topografia	Classes de uso e manejo	Solos			
		A	B	C	D
Plano (0-5%)	Alto	0,20	0,30	0,40	0,50
	Médio	0,30	0,40	0,50	0,60
	Baixo	0,40	0,50	0,60	0,70
Ondulado (5-10%)	Alto	0,30	0,40	0,50	0,60
	Médio	0,40	0,50	0,60	0,70
	Baixo	0,50	0,60	0,70	0,80
Acidentado (10-30%)	Alto	0,40	0,50	0,60	0,70
	Médio	0,50	0,60	0,70	0,80
	Baixo	0,60	0,70	0,80	0,90

Fonte: LOMBARDI NETO et al. (1994).

Reduzindo o espaçamento entre terraços para a metade, ou seja, para 150 m, e seguindo os cálculos anteriormente desenvolvidos, o volume de enxurrada fica restrito a 4,5 m^3 e o comprimento da base do canal, em 10 metros. Essas dimensões são aceitáveis, uma vez que se pode ter o talude do canal cultivado e que, pelo método de dimensionamento dos terraços

proposto por LOMBARDI NETO et al. (1994), é considerado que os solos do grupo A e B possuem condições de infiltrar toda água escoada (com ressalva quanto ao manejo destes), ou seja, infiltrando o proporcional ao coeficiente de enxurrada (c_1) de 0,3.

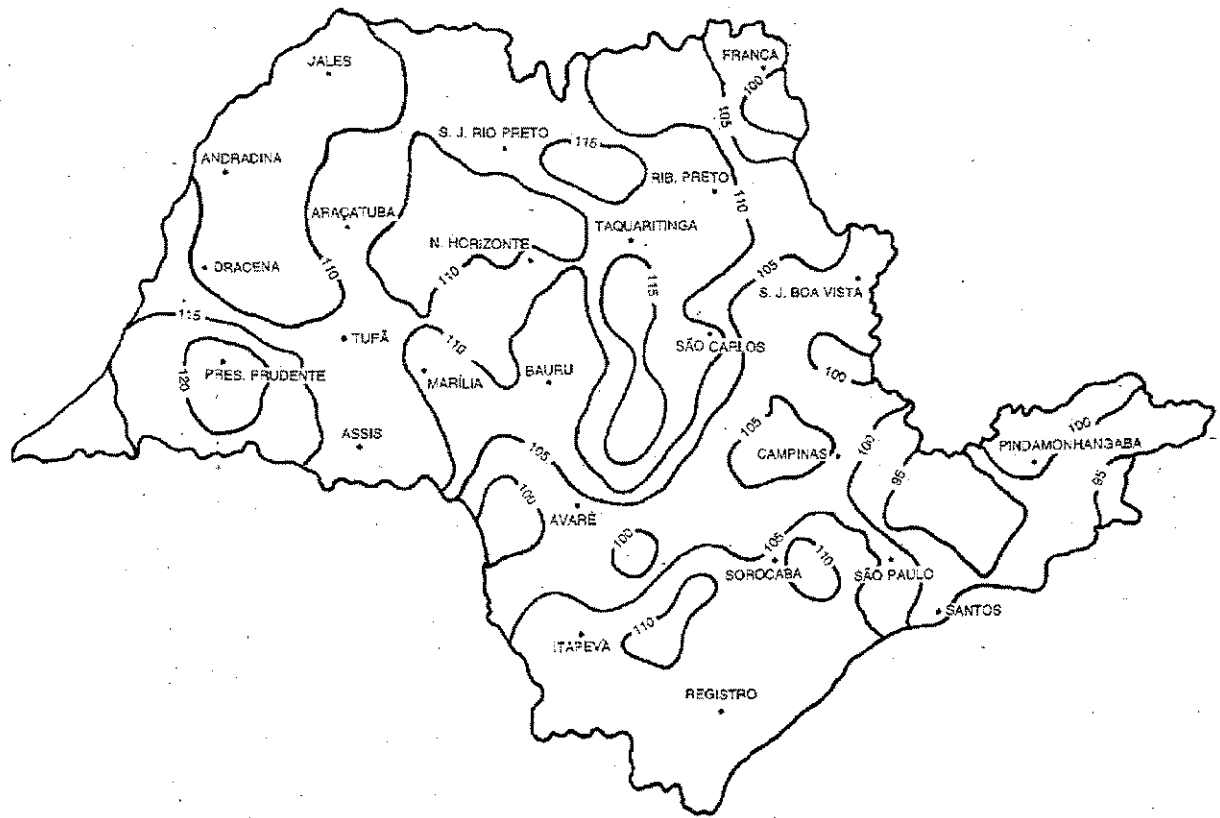


Figura 5. Isoieta de intensidades de chuvas máximas em 15 minutos, em milímetros por hora, para período de retorno de 10 anos (Fonte LOMBARDI NETO et al., 1994).

Perdas de solo

Um outro limite a ser considerado está em função da vida útil (U) desejada para o terraço e que vem a ser baseado na seção do canal do terraço (S_c), no volume erodido representado pela relação tolerância e densidade do solo (T/d) e área dada em hectare, por onde o volume erodido irá escoar.

Para desenvolver o cálculo, e representando os grupos A de solo, tomou-se o valor de tolerância de $12,6 \text{ t.ha}^{-1}$, para uma densidade média de $1,25 \text{ g.cm}^{-3}$. Considerou-se a área o resultado da multiplicação de 300 m de espaçamento por 33 m linear de comprimento do terraço

(para alcançar 1 ha). Assim, o volume erodido é de $10,08 \text{ m}^3$ e que acumulados em 33 m de terraços, fazem ser necessário uma seção de canal que armazene $0,31 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-1}$ e que, para uma vida útil de 10 anos sem considerar as devidas manutenções, esta seção deveria ter $3,1 \text{ m}^2$. No caso do solo do grupo B, desenvolvendo o mesmo cálculo, para uma tolerância de $13,4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, a seção passa a ter $3,2 \text{ m}^2$.

Restringindo o espaçamento à metade dos valores anteriores, para uma área de 150 m de espaçamento por 66 m de comprimento de terraço, a seção do canal é reduzida a $0,15 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-1}$ linear, ou seja, necessitará uma seção de $1,50 \text{ m}^2$ para uma vida útil de 10 anos, para o solo do grupo A e de $0,16 \text{ m}^2$ para o solo do grupo B. Ainda, deve ser considerado uma perda de vida útil dos canais entorno de 10% da seção por ano, fazendo-se necessárias as manutenções anuais dos terraços.

Para as duas formas de perdas, não são obtidos valores equivalentes para a seção do canal do terraço, por relacionarem, em seus cálculos, diferentes parâmetros. Enquanto para as perdas de água é considerado o volume de uma chuva máxima diária e coeficiente de enxurrada, para as perdas de solo é considerado o volume de partículas transportáveis para uma perda máxima que é a tolerância. Mesmo assim, as duas perdas são consideradas como formas de comprovação da aceitabilidade do limite de espaçamento máximo, determinado pelo método EUPS.

3.3. Análise dos resultados

A análise dos resultados é baseada na comparação entre os dois métodos (EUPS e LOMBARDI NETO et al., 1994), sendo feita uma demonstração da tendência em se aumentar o valor do espaçamento entre estes e o método DEMA-CATI. Com o passar dos anos e inovações metodológicas, nota-se a busca pela otimização dos sistemas de terraceamento, sendo introduzidos outros parâmetros que até então não eram considerados.

Os valores obtidos foram determinados em condições de manejo padrão (preparo convencional com resíduos vegetais incorporados). Tanto o método LOMBARDI NETO et al. (1994) quanto o método EUPS permitem, através da mudança do manejo do solo, alterar os

valores de espaçamento horizontal. O mesmo acontece com a mudança de uso, uma vez que as culturas diferem quanto à cobertura que proporcionam ao solo. Já o método DEMA-CATI é mais restrito quanto a diversificação dos parâmetros uso e manejo do solo.

A principal diferença entre estes métodos está em que, no método EUPS, é considerado o parâmetro chuva o que não acontece no método LOMBARDI NETO et al. (1994). A tolerância de perda do solo é outro parâmetro considerado no método EUPS e não considerado no método de 1994, então, os espaçamentos determinados por aquele método, representam valores máximos permitidos. O método DEMA-CATI não considera nenhum dos parâmetros anteriormente citados.

Método EUPS

As informações disponíveis oferecem um número elevado de interações entre os fatores da EUPS, que forneceriam, de forma mais abrangente, uma maior visualização do método como uma ferramenta de projeto, gerando opções diferentes para a tomada de decisão.

Para que estas interações fossem viabilizadas, haveria de dispor os dados de forma organizada e sistemática, da mesma maneira como aconteceu com o método LOMBARDI NETO et al. (1994) através dos programas *Terraço for Windows* (PRUSKI et al., 1996) e *SPTWIN* (LAGROTTI, 1995). Ainda, dando continuidade a esta linha de pesquisa, com a automatização dos métodos, é facilitada a determinação da quantidade de terraços e o custo despendido na construção destes. De forma esquemática, na Figura 6, apresenta-se o fluxograma que sintetiza todo o método de determinação de espaçamento entre terraços pela EUPS, sugerindo a sua automatização.

O método EUPS deve estar limitado entre os espaçamentos mínimos e máximos propostos (15 e 150 m). No fluxograma da Figura 6, observa-se que, caso este critério não seja obedecido, o espaçamento é recalculado, alterando os parâmetros da equação. Quando aceito, o espaçamento deve ser restrito aos limites da seção do canal do terraço, representados pelas perdas de solo e água.

O parâmetro que limita a seção para a perda de água é o comprimento da base do canal triangular (B), alcançando valor máximo de 10 m. Sendo a seção do canal triangular (S_c) o

resultado da multiplicação do comprimento da base pela altura do canal (h_2) dividido por dois, para um comprimento maior ou igual a este, mesmo podendo ser cultivado o talude, implicaria em uma altura do canal e, conseqüentemente do camalhão, imprópria às práticas agrícolas. Portanto, tomou-se como limite a condição de que todo o volume de água escoado, deva ser armazenado em uma seção que resulte em uma base de até 10 m.

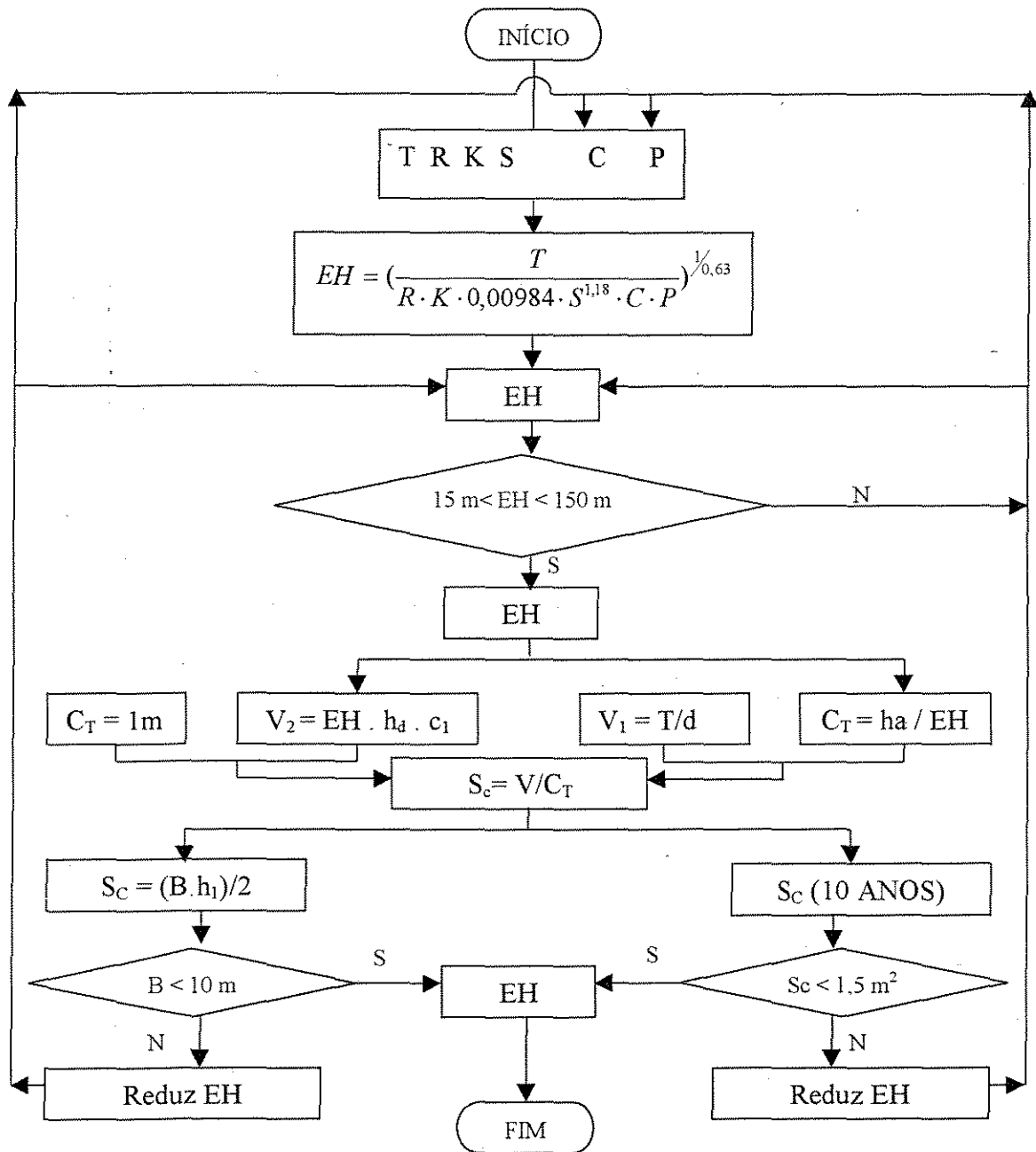


Figura 6. Fluxograma esquemático do método EUPS.

Pelo outro caminho, quando se refere á perda de solo, o volume limite de partículas a serem transportadas deve ser aquele que possa ser armazenado em uma seção de canal de até 1,5 m², considerando uma vida útil de 10 anos e a conservação anual deste canal.

Método LOMBARDI NETO et al. (1994).

Se for considerado como fator L (comprimento do declive) da EUPS a distância entre terraços, para os valores de espaçamento obtido pelo método EUPS, as perdas previstas seriam iguais ou menores que a tolerância (A/T=1). Esta relação não acontece com os espaçamentos determinados pelo método LOMBARDI NETO et al. (1994), pois, ao ser determinada a relação A/T, considerando os espaçamentos calculados por este método, encontra-se valores de perdas de solo maiores que a tolerância nos declives mais acentuados. Assim, assumiu-se a impropriedade da introdução deste tipo de sistema conservacionista, apenas, naquele declive a partir do qual esta relação passa a ser maior que 1. O esquema do funcionamento das limitações propostas ao método LOMBARDI NETO et al. (1994) é apresentado na Figura 8.

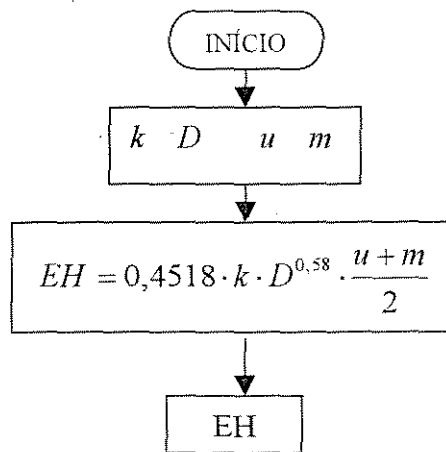


Figura 7. Fluxograma esquemático do método LOMBARDI NETO et al. (1994).

Seguindo o fluxograma da Figura 8, se as perdas obtidas com os valores de espaçamentos determinados pelo método LOMBARDI NETO et al. (1994) superarem a tolerância do solo, pode-se mudar os valores dos índices de uso e manejo (*u* e *m*), obtendo um reajuste desta distância, até que as perdas sejam menores ou iguais à tolerância.

Entre os métodos, analisa-se a diferença de distâncias para se obter um menor comprimento entre terraços, garantindo uma perda de solo que alcance, como máximo, o valor da tolerância.

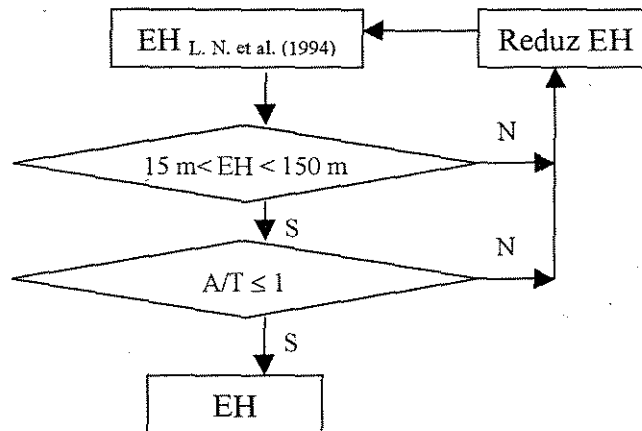


Figura 8. Fluxograma esquemático das limitações ao método LOMBARDI NETO et al. (1994)

Os resultados obtidos são dispostos em forma de quadros e analisados a partir de gráficos do tipo logarítmico, em que são relacionados os espaçamentos determinados pelos dois métodos, sendo estes, dispostos no eixo y onde os valores variam de 0 a 1000. As relações de perdas/tolerância (A/T) são distribuídas pelos cruzamentos dos níveis de declive do eixo x (de 1 a 20%) e o eixo y onde constam os valores em que variam a relação A/T (de 0 a 1). Os gráficos foram traçados diferenciados por grupo de solo e tipo de cultura.

4. Resultados e discussão

De forma comparativa, relaciona-se valores de espaçamentos determinados neste trabalho por três diferentes métodos, demonstrando a amplitude das interferências dos parâmetros que os compõem. Sobre estes parâmetros, o método DEMA-CATI (equação 1) considera, apenas, o declive do terreno e a textura do solo. O método LOMBARDI NETO et al. (1994) introduz os parâmetros uso e manejo e fator de erosividade do solo (equação 9). E, por fim, o método EUPS

que supera em valor os espaçamentos obtidos por estes dois métodos, inserindo o fator chuva em seus cálculos (equação 22).

No Quadro 9 são apresentados os valores de espaçamentos calculados por estes três métodos, cujos espaçamentos foram determinados, à título de exemplo, para condições de declive com 7% de inclinação, para a cultura da cana-de-açúcar e nas mesmas condições de chuva e solo propostas no material e métodos.

Quadro 9. Valores de espaçamento entre terraços, em metros, determinados por três métodos, a 7% de declive, em função dos quatro grupos de solo propostos por LOMBARDI NETO et al. (1994), para a cultura da cana-de-açúcar, nas condições da quadricula de Moji-Mirim.

Métodos	A	B	C	D
EUPS	150	86	26	15
LOMBARDI NETO et al. (1994)	25	22	18	15
DEMA-CATI	15,20	14,60	14	14
Resistência à erosão	alta	Média	baixa	muito baixa

É esperado dos métodos que consideram o uso e manejo do solo em seus cálculos, que obtenham maiores espaçamentos, devido à potencialidade das culturas em proteger o solo contra o impacto da chuva e por proporcionarem uma maior resistência do solo à erosão, devido ao enraizamento e produção de matéria orgânica. Este é o caso do método LOMBARDI NETO et al. (1994) sobre o método CATI. Os dois métodos chegam a considerar a cultura a ser utilizada, no entanto, o primeiro método é menos genérico, especificando índices para grupos de culturas com mesmas características de densidade, cobertura vegetal e sistema radicular e índices para grupo de manejo; o segundo, considera apenas se as culturas são anuais ou permanentes e a presença de faixas de retenção.

No caso do grupo A, se fosse introduzido um sistema de terraceamento com espaçamentos de 15,20 m em um hectare, obtidos pelo método CATI (terraço em nível), o comprimento do terraço alcançaria os 658 m.ha⁻¹. Com a mudança para espaçamento de 24,94 m, do método LOMBARDI NETO et al. (1994), este comprimento passaria a 401 m.ha⁻¹. A diferença é de 257 m, que representa uma diminuição do comprimento dos terraços de 39% e que, por sua vez,

refletirá no custo de construção e manutenção dos terraços. Para o solo do grupo B, a diferença de comprimento de terraço por hectare, estaria em torno de 34% e para o grupo C, de 17%. Para o grupo D os valores de espaçamentos obtidos foram muito próximos entre os métodos.

O método EUPS, além de considerar o uso e manejo do solo, em sua equação, introduz aos cálculos de espaçamento o parâmetro práticas conservacionistas e o de erosividade da chuva. Relacionando-o ao método LOMBARDI NETO et al. (1994), e quando em caso extremo, de maior distância entre terraços (150 m), obtido para o solo do grupo A, permite obter um comprimento de terraços de 67 m.ha⁻¹, contra os 401 m.ha⁻¹ do método LOMBARDI NETO et al. (1994). A diferença de 334 m corresponde a uma redução de 83% do comprimento. Para o grupo B e C de solo, esta redução passa a 74% e 31% respectivamente.

A diferença entre os espaçamentos determinados pelo método EUPS e os demais é muito grande, o que pode parecer incompatível com a idéia de que, ao ser introduzido um maior número de parâmetros (considerando, ainda, o fator chuva), os espaçamentos deveriam ser mais restritos. No entanto, cabe destacar que pelo método EUPS é permitido determinar espaçamentos que alcancem em perdas até o valor da tolerância (no Anexo 3, apresenta-se um exemplo do cálculo para determinação do espaçamento entre terraços por este método).

4.1. Citros

Solo do grupo A

No Quadro 10, para os espaçamentos obtidos pelo método LOMBARDI NETO et al. (1994), observa-se que para os solos do grupo A, a relação de perdas sobre a tolerância (A/T) alcança a unidade a 16% de declive, para espaçamento de 20 m. Entre 1 e 16% de declive os espaçamentos variam de 19,8 a 63,5 m. Mesmo obtendo valores de espaçamentos superiores ao limite mínimo de 15 m, a partir do declive de 17% as perdas calculadas (13,3 t/ha) são superiores à tolerância (12,6 t/ha), inviabilizando a implantação das demais distâncias nos respectivos níveis de inclinação do terreno.

Quadro 10. Espaçamentos entre terraços determinados pelos métodos LOMBARDI NETO et al. (1994) e EUPS, suas perdas (A) e relações com a tolerância (A/T) para a cultura do citros.

Citros												
S	LOMBARDI NETO et al. (1994)						EUPS					
	Solo A			Solo B			Solo A			Solo B		
	EH (m)	A (t.ha ⁻¹)	A/T	EH (m)	A (t.ha ⁻¹)	A/T	EH (m)	A (t.ha ⁻¹)	A/T	EH (m)	A (t.ha ⁻¹)	A/T
1	63,5	0,7	0,05	55,9	1,0	0,08	150,0	1,1	0,09	150,0	1,8	0,13
2	47,5	1,1	0,09	41,8	1,8	0,13	150,0	2,3	0,18	150,0	3,7	0,27
3	40,1	1,5	0,12	35,2	2,4	0,18	150,0	3,5	0,28	150,0	5,6	0,42
4	35,5	1,9	0,15	31,2	3,0	0,23	150,0	4,8	0,38	150,0	7,6	0,56
5	32,3	2,3	0,18	28,4	3,7	0,27	150,0	6,1	0,48	150,0	9,6	0,72
6	29,9	2,8	0,22	26,3	4,4	0,33	150,0	7,7	0,61	150,0	12,2	0,91
7	28,1	3,4	0,27	24,7	5,4	0,40	150,0	9,8	0,77	119,2	13,4	1,00
8	26,5	4,0	0,32	23,3	6,4	0,48	150,0	12,1	0,96	85,2	13,4	1,00
9	25,2	4,8	0,38	22,2	7,6	0,57	115,9	12,6	1,00	61,4	13,4	1,00
10	24,2	5,7	0,45	21,3	9,0	0,67	86,0	12,6	1,00	45,5	13,4	1,00
11	23,2	6,6	0,53	20,4	10,6	0,79	64,0	12,6	1,00	33,9	13,4	1,00
12	22,4	7,7	0,61	19,7	12,3	0,91	48,7	12,6	1,00	25,8	13,4	1,00
13	21,6	8,8	0,70	19,0	14,0	1,05	37,9	12,6	1,00	20,0	13,4	1,00
14	21,0	10,0	0,79	18,5	15,8	1,18	30,5	12,6	1,00	16,1	13,4	1,00
15	20,4	11,1	0,88	17,9	17,6	1,32	24,9	12,6	1,00			
16	19,8	12,3	0,98	17,4	19,5	1,46	20,6	12,6	1,00			
17	19,3	13,3	1,05	17,0	21,1	1,57	17,7	12,6	1,00			
18	18,9	14,3	1,14	16,6	22,8	1,70	15,4	12,6	1,00			
19	18,4	15,3	1,22	16,2	24,3	1,82						
20	18,1	16,4	1,31	15,9	26,1	1,95						

Para declives entre 1 e 8%, as perdas determinadas pelo método de LOMBARDI NETO et al. (1994) representam de 5 a 32% do valor da tolerância, sendo que o método EUPS, até este declive, alcançou o limite máximo de espaçamento (150 m). As perdas representam de 9 a 96% do valor da tolerância para o mesmo intervalo de declive e método EUPS.

Na Figura 9, o valor unitário de A/T é o ponto onde as perdas de solo e a tolerância são iguais, sendo este, para o método LOMBARDI NETO et al. (1994), alcançado a 16% de declive. Os dois métodos aproximam-se em valor neste declive, com espaçamentos de 20 m e 21 m. Para o método EUPS, seriam esperadas relações de perda/tolerância de valor unitário para os espaçamentos calculados entre todos os declives. No entanto, havendo a restrição para a distância

máxima entre terraços de 150 m, até o declive de 8% a relação A/T não representa, precisamente, o valor unitário.

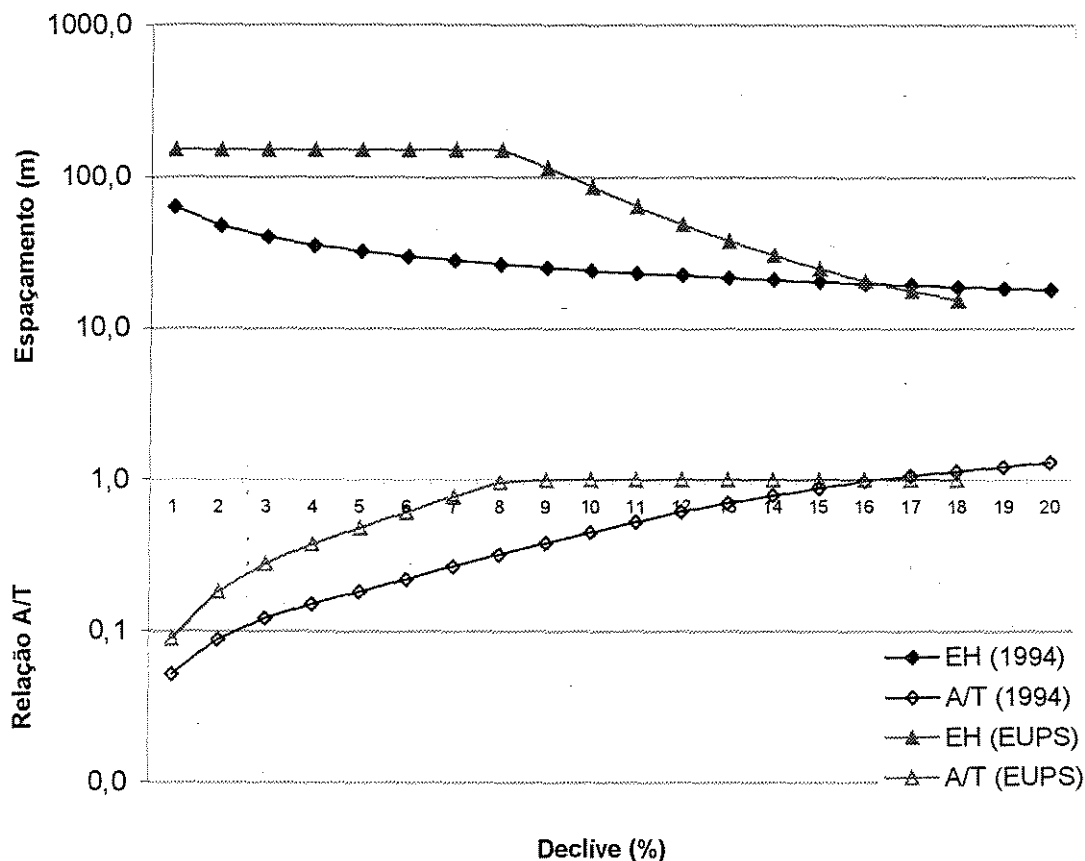


Figura 9. Espaçamentos entre terraços determinados pelos métodos EUPS e LOMBARDI NETO et al. (1994), para solos do grupo A e cultura do citros, e as relações de perda/tolerância (A/T) de cada método.

Os espaçamentos determinados pelo método LOMBARDI NETO et al. (1994) estão todos restritos a um intervalo de 10 a 100 metros, já o método EUPS, até 9% de declive, os espaçamentos são maiores que 100 m. A maior diferença entre os métodos acontece a 8% de declive, tanto referente à espaçamento quanto à relação A/T.

Para declive de 18% o método EUPS teria espaçamento mínimo de 15 m. Sendo o espaçamento maior que 15 m, o método LOMBARDI NETO et al. (1994) permite a implantação de terraceamento em declives de até 20%, mas no declive de 16% atinge o limite de tolerância (A/T=1).

A diferença dos valores de espaçamentos, entre os dois métodos, é bastante expressiva até entorno de 12% de declive, quando a distância obtida pelo método LOMBARDI NETO et al. (1994) se aproxima à metade do valor obtido pelo método EUPS. Assim, a diferença em comprimento de terraços para um hectare obtidos entre os dois métodos a 1% de declive é de 90,8m, sendo que o menor valor de comprimento foi obtido pelo método EUPS (67 m) e o maior para o método de LOMBARDI NETO et al., 1994, (157,5 m), representando 57,6% de construção de terraço a mais para o segundo método. A 12% de declive esta diferença é de 242,3 m (204,1 m para a EUPS e 446,4 m para o método de 1994), representando 54,3% de construção de terraço a mais para o método LOMBARDI NETO et al. (1994). A 15% de declive, quando o método LOMBARDI NETO et al. (1994) é limitado pela relação A/T, a diferença passa a 90,9 m (490,9 m para o método de 1994 e 400m para a EUPS), que representa uma proporção de 18.5% a mais de terraço construído.

Pelo método EUPS são obtidos os menores valores de comprimento entre terraços e que resultam em um menor custo de construção, sem que as perdas provocadas pelo aumento das distâncias entre terraços superem à tolerância de perda de cada tipo de solo.

Solo do grupo B

Para o solo do grupo B e método LOMBARDI NETO et al. (1994), o limite máximo de declive permissível, sem que as perdas superem à tolerância, é de 13%, para espaçamento de 19 m (Quadro 10). Em relação ao grupo A, esta maior restrição é provocada pelos parâmetros referentes ao tipo de solo (erosividade e tolerância), maior para a Terra Roxa Estrutura que para o Latossolo Vermelho-Amarelo.

Entre todas as porcentagens de declive, o menor valor obtido de espaçamento é de 15,9 m a 20% de declive, superior ao valor mínimo de 15 m. No entanto, para as distâncias encontradas entre 14 e 20% de declive, as perdas de solo previstas (A) superam àquelas determinadas como toleráveis, ao serem obtidos valores para a relação A/T maiores que o unitário. Dessa forma, estes declives são inviabilizados para a introdução de sistemas de terraceamento, se não forem implantados outros tipos de manejos.

Pelo método EUPS, o declive máximo permitido é de 14% com espaçamento de 16 m, respeitando o limite mínimo de 15 m (Quadro 10). Quanto ao limite de espaçamento máximo, o solo do grupo B começa a ter restrições a partir de 6% de declive, ou seja, até esta porcentagem de inclinação do terreno permite distâncias de 150 m (Figura 10).

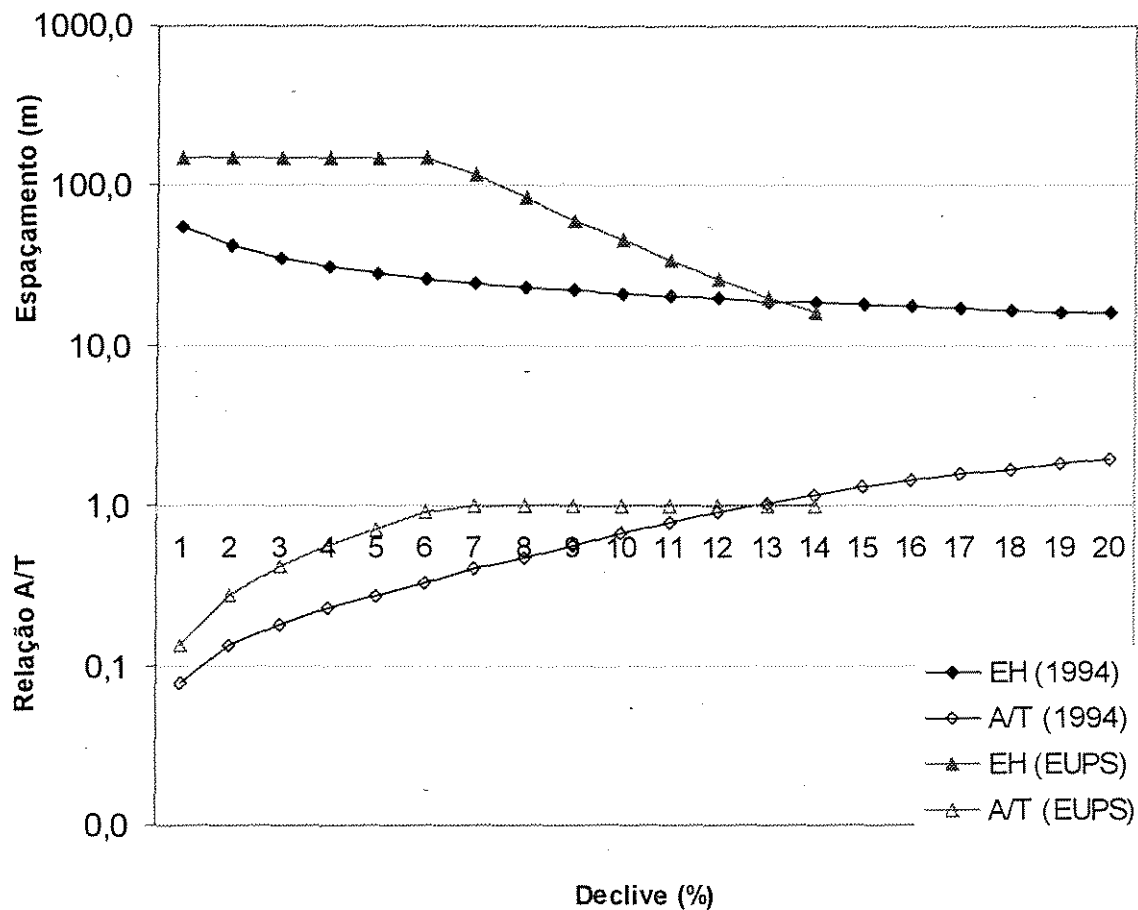


Figura 10. Espaços entre terraços para solos do grupo B e cultura do citros, determinados pelos dois métodos, EUPS e LOMBARDI NETO et al. (1994), e suas relações de perdas /tolerância (A/T).

Os resultados quando transformados em comprimentos de terraços a serem construídos ou mantendo estas medidas para aqueles já existentes, a diferença entre os métodos vem a ser de 112 m a 1% de declive, ou seja, 63% do maior comprimento obtido pelo método LOMBARDI NETO et al. (1994). A 10 % de declive, quando o valor obtido pelo método LOMBARDI NETO et al. (1994) aproxima-se à metade do valor da EUPS, a diferença passou a 252,1 m (53% do maior

valor obtido de comprimento de terraços). A 13% de declive, limite máximo obtido pelo método de 1994, a diferença de comprimento de terraços obtidos entre os dois métodos de 26,3 m representa 5% do valor encontrado para o método LOMBARDI NETO et al. (1994). Dessa forma, os comprimentos podem ser diminuídos e os espaçamentos aumentados nestas proporções, tomando como limite máximo o valor de espaçamento entre terraços do método EUPS, sobre um hectare.

4.2. Eucalipto

Solo do grupo A

Os espaçamentos obtidos para a cultura do eucalipto são os maiores quando comparados com as demais culturas. Todos os valores de espaçamentos determinados pelo método LOMBARDI NETO et al. (1994), distribuem-se pelo intervalo de 10 a 100 m. Pelo método EUPS, até 12% declive os espaçamentos são maiores que 100 m. A partir de 11% de declive, por este mesmo método, todas as perdas estimadas são iguais ao valor de tolerância de perda de solo (Quadro 11). Para o método LOMBARDI NETO et al. (1994), até 20% de declive, as perdas apresentam-se menores que a tolerância. Isto se deve pelo fato de que os espaçamentos obtidos pelo método LOMBARDI NETO et al. (1994) são muito menores que aqueles determinados pelo método EUPS, sendo que estes alcançam, em perdas, o valor da tolerância.

No entanto, em termos de custo, quando o espaçamento é relacionado com o comprimento de terraço, esta diferença é mais positiva para o método EUPS que para o método LOMBARDI NETO et al. (1994). A diferença entre os espaçamentos máximos de 77,7 m para o método LOMBARDI NETO et al. (1994) e 150 m para o método EUPS (a 1% de declive), representam uma diferença em comprimento de terraço construído por hectare de 72,3 m. Esta diferença representa uma diminuição de 48,2% do comprimento de terraço obtido com o espaçamento determinado pelo método LOMBARDI NETO et al. (1994). A 20% de declive esta variação é

menor, sendo que o comprimento entre terraços obtido pelo método EUPS é 18,45% menor que o método LOMBARDI NETO et al. (1994).

A 11% de declive, quando a relação A/T para o método EUPS alcançam o valor unitário, a diferença de espaçamento entre os métodos é de 112,6 m (146,5 m para o método EUPS e 28,4 m para o método LOMBARDI NETO et al.), que representa 80,6% do valor de comprimento de terraço determinado para o método LOMBARDI NETO et al. (1994) que foi de 352,11 m.

Quadro 11. Espaçamentos entre terraços determinados pelos métodos LOMBARDI NETO et al. (1994) e EUPS, suas perdas (A) e relações com a tolerância (A/T) para a cultura do eucalipto.

Eucalipto												
S	LOMBARDI NETO et al. (1994)						EUPS					
	Solo A			Solo B			Solo A			Solo B		
	EH (m)	A (t.ha ⁻¹)	A/T	EH (m)	A (t.ha ⁻¹)	A/T	EH (m)	A (t.ha ⁻¹)	A/T	EH (m)	A (t.ha ⁻¹)	A/T
1	77,7	0,4	0,04	68,3	0,6	0,05	150,0	0,7	0,05	150,0	1,1	0,08
2	58,0	0,8	0,06	51,1	1,1	0,08	150,0	1,4	0,11	150,0	2,2	0,16
3	49,0	1,0	0,08	43,1	1,5	0,11	150,0	2,1	0,17	150,0	3,3	0,25
4	43,4	1,3	0,10	38,2	1,9	0,14	150,0	2,8	0,22	150,0	4,5	0,33
5	39,5	1,6	0,12	34,8	2,3	0,17	150,0	3,6	0,29	150,0	5,7	0,43
6	36,6	1,9	0,15	32,2	2,7	0,20	150,0	4,6	0,36	150,0	7,2	0,54
7	34,3	2,3	0,18	30,2	3,3	0,25	150,0	5,8	0,46	150,0	9,2	0,69
8	32,4	2,7	0,22	28,5	4,0	0,30	150,0	7,2	0,57	150,0	11,4	0,85
9	30,9	3,3	0,26	27,2	4,8	0,36	150,0	8,8	0,70	140,5	13,4	1,00
10	29,5	3,8	0,30	26,0	5,6	0,42	150,0	10,6	0,84	104,3	13,4	1,00
11	28,4	4,5	0,36	25,0	6,6	0,49	146,5	12,6	1,00	77,6	13,4	1,00
12	27,3	5,2	0,41	24,1	7,6	0,57	111,6	12,6	1,00	59,1	13,4	1,00
13	26,4	6,0	0,47	23,3	8,7	0,65	86,7	12,6	1,00	45,9	13,4	1,00
14	25,6	6,7	0,53	22,6	9,8	0,73	69,8	12,6	1,00	37,0	13,4	1,00
15	24,9	7,5	0,59	21,9	11,0	0,82	57,0	12,6	1,00	30,2	13,4	1,00
16	24,2	8,3	0,66	21,3	12,1	0,91	47,1	12,6	1,00	24,9	13,4	1,00
17	23,6	9,0	0,71	20,8	13,1	0,98	40,6	12,6	1,00	21,5	13,4	1,00
18	23,1	9,6	0,77	20,3	14,1	1,05	35,3	12,6	1,00	18,7	13,4	1,00
19	22,5	10,3	0,82	19,8	15,1	1,13	30,9	12,6	1,00	16,3	13,4	1,00
20	22,1	11,1	0,88	19,4	16,2	1,21	27,1	12,6	1,00			

Na Figura 11 pode ser observado que aos 10 e 11% de declive é quando ocorre a maior diferença dos valores de espaçamentos obtidos entre os métodos. Até 3% de declive, com os espaçamentos obtidos pelo método LOMBARDI NETO et al. (1994), as perdas estimadas não

chegam a representar 10% do valor da tolerância. Enquanto as perdas previstas com os espaçamentos determinados pelo método EUPS alcançam proporções de 46% do valor da tolerância a 7% de declive, pelo método LOMBARDI NETO et al. (1994) esta proporção só é alcançada a 13% de declive. Nota-se então, que os espaçamentos determinados pelo método LOMBARDI NETO et al. (1994) estão subdimensionados, quando se considera a possibilidade de introduzir um sistema conservacionista que perde em terra quantidades equiparáveis à tolerância.

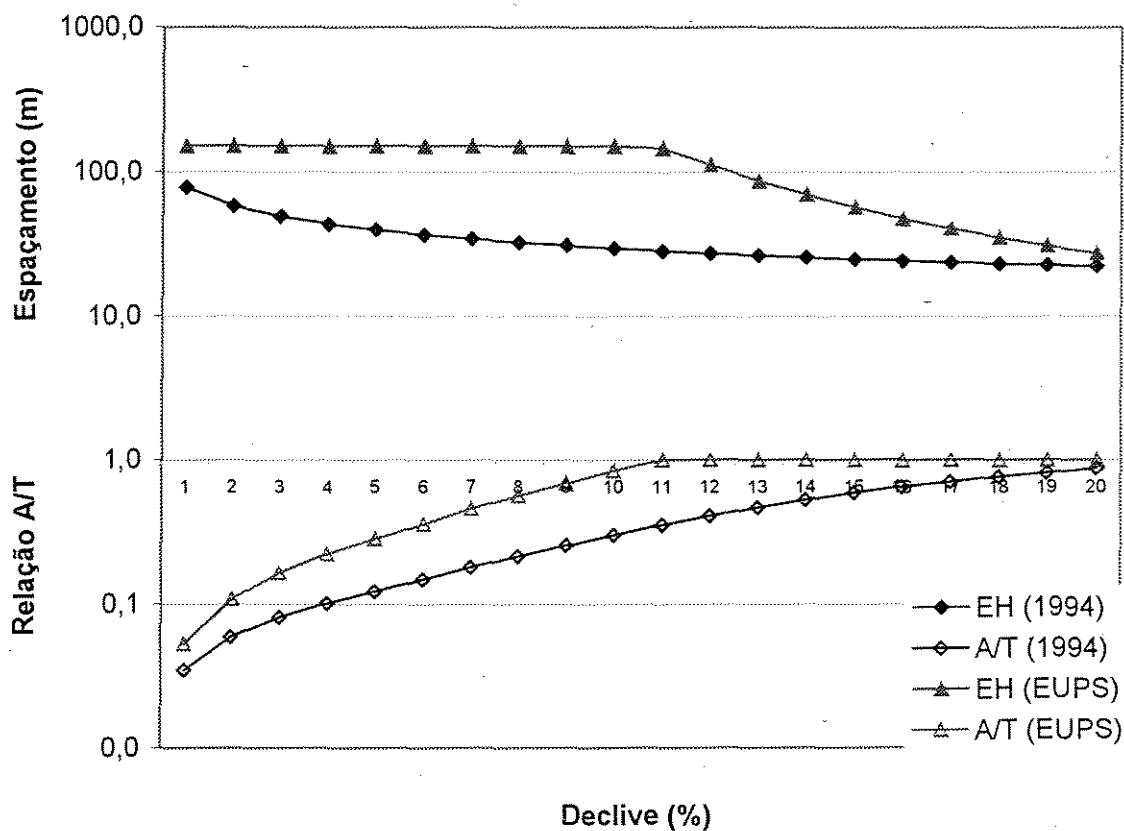


Figura 11. Espaçamentos entre terraços determinados pelos métodos EUPS e LOMBARDI NETO et al. (1994), para solos do grupo A e cultura do eucalipto, e as relações de perda/tolerância (A/T) de cada método.

Solo do grupo B

Para os solos do grupo B os valores obtidos pelo método LOMBARDI NETO et al. (1994), tem seu menor espaçamento limitado a 17% de declive com dimensão de 20,8 m, visto pela relação A/T que assume valor de 0,98 (as perdas determinadas com este espaçamento, tipo de

solo e cultura, representam 98% do valor da tolerância). Ainda neste declive, o espaçamento obtido pelo método EUPS é de 21,5 m, muito próximo ao valor obtido pelo outro método.

A 18% de declive a relação A/T do método LOMBARDI NETO et al. (1994) passa a ser maior que 1. A diferença de espaçamento para o método EUPS é muito pequena, de 1,6 m (18,7 m para o método EUPS e 20,3 m para o método LOMBARDI NETO et al., Quadro 11), mas que foram suficientes para superar o limite da tolerância. Apenas o declive de 20% teve restrição quanto à implantação do sistema de terraceamento dimensionado pelo método EUPS, por haver sido determinado um valor de espaçamento menor que 15 m.

Os espaçamentos determinados pelo método LOMBARDI NETO et al. (1994) estão inseridos dentro do intervalo de 10 a 100 m, sendo que o método EUPS começa a ter seus valores dentro deste intervalo a partir do declive de 11% (Figura 12).

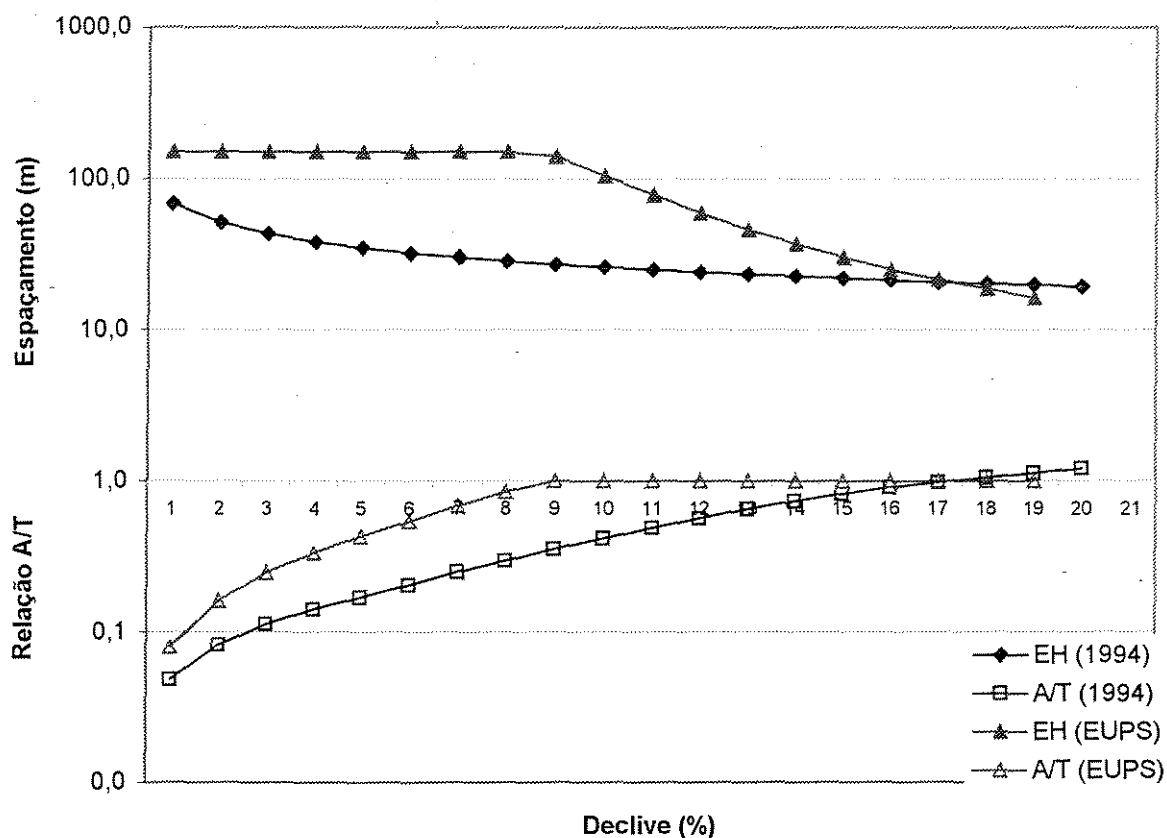


Figura 12. Espaçamentos entre terraços para solos do grupo B e cultura do eucalipto, determinados pelos métodos EUPS e LOMBARDI NETO et al. (1994), e suas relações de perdas/tolerância (A/T).

Até 9% de declive o método EUPS tem seus valores de perdas de solo inferiores ao tolerância, mantendo-se com o valor unitário até os 19%. Com o método LOMBARDI NETO et al. (1994) isto não acontece, entre 17% e 18% as perdas passam a superar o valor da tolerância.

A maior diferença entre os espaçamentos determinados pelos dois métodos acontece próximo ao declive de 8%. Se o terraceamento, neste declive, fosse dimensionado pelo método LOMBARDI NETO et al. (1994) com espaçamento de 28,5 m, em um hectare, os terraços teriam comprimento de 350,1 m. No caso do método EUPS o comprimento do terraço seria de 66,7 m. A diferença dos dois é de 283,4 m, ou seja, o comprimento de terraço obtido pelo método EUPS é 81% menor que o método LOMBARDI NETO et al. (1994).

4.3. Cana-de-açúcar

Solo do grupo A

O método EUPS admite como limite máximo de declive 16%, por coincidir com os 15 m propostos como espaçamento mínimo. A distância máxima de 150 m é obtida para o intervalo de 1 a 7% de declive. O método LOMBARDI NETO et al. (1994) varia de 1 a 15% de declive, devido a relação $A/T=1$.

Tanto pelo método LOMBARDI NETO et al. (1994) quanto pelo método EUPS, foram obtidos valores próximos de distâncias entre terraços (18,1 m e 17,9, respectivamente) a 15% de declive, viabilizando a prática conservacionista nestas condições. A diferença de limitação quanto a relação A/T (1,01 e 1) acontece por questões de aproximações nos cálculos, existindo uma diferença muito pequena entre os valores obtidos pelos métodos (Quadro 12).

Pelo método LOMBARDI NETO et al. (1994), a cana encontra o espaçamento mínimo (18,1 m) a 15 % de declive, quando as perdas de $12,7 \text{ t.ha}^{-1}$ se aproximam da igualdade em relação à tolerância de $12,6 \text{ t.ha}^{-1}$, determinada para o LVd4 (grupo A de solos). Quando acima dos 15% de declive, pode ser implantado o sistema de terraceamento se, nos cálculos dos

espaçamentos, forem considerados outros tipos de manejo. Abaixo deste declive, os espaçamentos poderiam ser aumentados.

Tomando como exemplo o declive de 2%, pode ser observado que mesmo sendo o espaçamento determinado pelo método EUPS 3 vezes maior que aquele determinado pelo método LOMBARDI NETO et al. (1994), de 150 m e 42 m, respectivamente, a proporção quanto à relação A/T é apenas de 2 vezes maior. Enquanto para o método LOMBARDI NETO et al. (1994) as perdas representam 13% do valor da tolerância, para o método EUPS este valor é de 23%. Portanto, mesmo triplicando o valor do espaçamento, a perda estimada representa apenas 23% do valor da tolerância.

Quadro 12. Espaçamentos entre terraços determinados pelos métodos LOMBARDI NETO et al. (1994) e EUPS, suas perdas (A) e relações com a tolerância (A/T) para a cultura da cana-de-açúcar.

Cana-de-açúcar												
S	LOMBARDI NETO et al. (1994)						EUPS					
	Solo A			Solo B			Solo A			Solo B		
	EH (m)	A (t.ha ⁻¹)	A/T	EH (m)	A (t.ha ⁻¹)	A/T	EH (m)	A (t.ha ⁻¹)	A/T	EH (m)	A (t.ha ⁻¹)	A/T
1	56,5	0,8	0,06	49,7	1,1	0,08	150,0	1,4	0,11	150,0	2,2	0,16
2	42,2	1,3	0,10	37,1	1,9	0,14	150,0	2,8	0,23	150,0	4,5	0,34
3	35,6	1,8	0,14	31,3	2,6	0,19	150,0	4,3	0,34	150,0	6,9	0,51
4	31,5	2,2	0,17	27,8	3,2	0,24	150,0	5,9	0,47	150,0	9,3	0,70
5	28,7	2,6	0,21	25,3	3,9	0,29	150,0	7,5	0,59	150,0	11,9	0,89
6	26,6	3,2	0,25	23,4	4,7	0,35	150,0	9,5	0,75	125,0	13,4	1,00
7	24,9	3,9	0,31	21,9	5,7	0,42	150,0	12,0	0,95	85,6	13,4	1,00
8	23,6	4,6	0,37	20,8	6,8	0,51	115,5	12,6	1,00	61,1	13,4	1,00
9	22,4	5,5	0,44	19,7	8,1	0,60	83,2	12,6	1,00	44,0	13,4	1,00
10	21,5	6,5	0,51	18,9	9,5	0,71	61,7	12,6	1,00	32,7	13,4	1,00
11	20,6	7,6	0,60	18,2	11,1	0,83	45,9	12,6	1,00	24,3	13,4	1,00
12	19,9	8,8	0,70	17,5	12,9	0,97	35,0	12,6	1,00	18,5	13,4	1,00
13	19,2	10,1	0,80	16,9	14,8	1,11	27,2	12,6	1,00			
14	18,6	11,4	0,90	16,4	16,7	1,25	21,9	12,6	1,00			
15	18,1	12,7	1,01	15,9	18,6	1,39	17,9	12,6	1,00			
16	17,6	14,1	1,12	15,5	20,6	1,54	14,7	12,6	1,00			
17	17,2	15,2	1,21	15,1	22,3	1,66						
18	16,8	16,4	1,30	14,8	24,0	1,79						
19	16,4	17,6	1,39	14,4	25,7	1,92						
20	16,0	18,8	1,49	14,1	27,5	2,05						

Na Figura 13 observa-se como os métodos aproximam-se em valor a 15% de declive, justamente quando o espaçamento determinado pelo método LOMBARDI NETO et al. (1994) sofre restrição pela relação $A/T=1$. A partir de então, pelo método EUPS as perdas se mantêm com o mesmo valor que a tolerância, sendo que pelo método LOMBARDI NETO et al. (1994) a relação A/T passa a ser maior que 1.

A maior diferença de espaçamentos entre os métodos acontece a 7% de declive (24,9 m do método LOMBARDI NETO et al. e 150 m do método EUPS). Ao transferir estes valores para comprimento de terraço a ser construído, o método EUPS obteria, em um hectare, 83,32% a menos de comprimento de terraços que o obtido pelo método de LOMBARDI NETO et al. (1994).

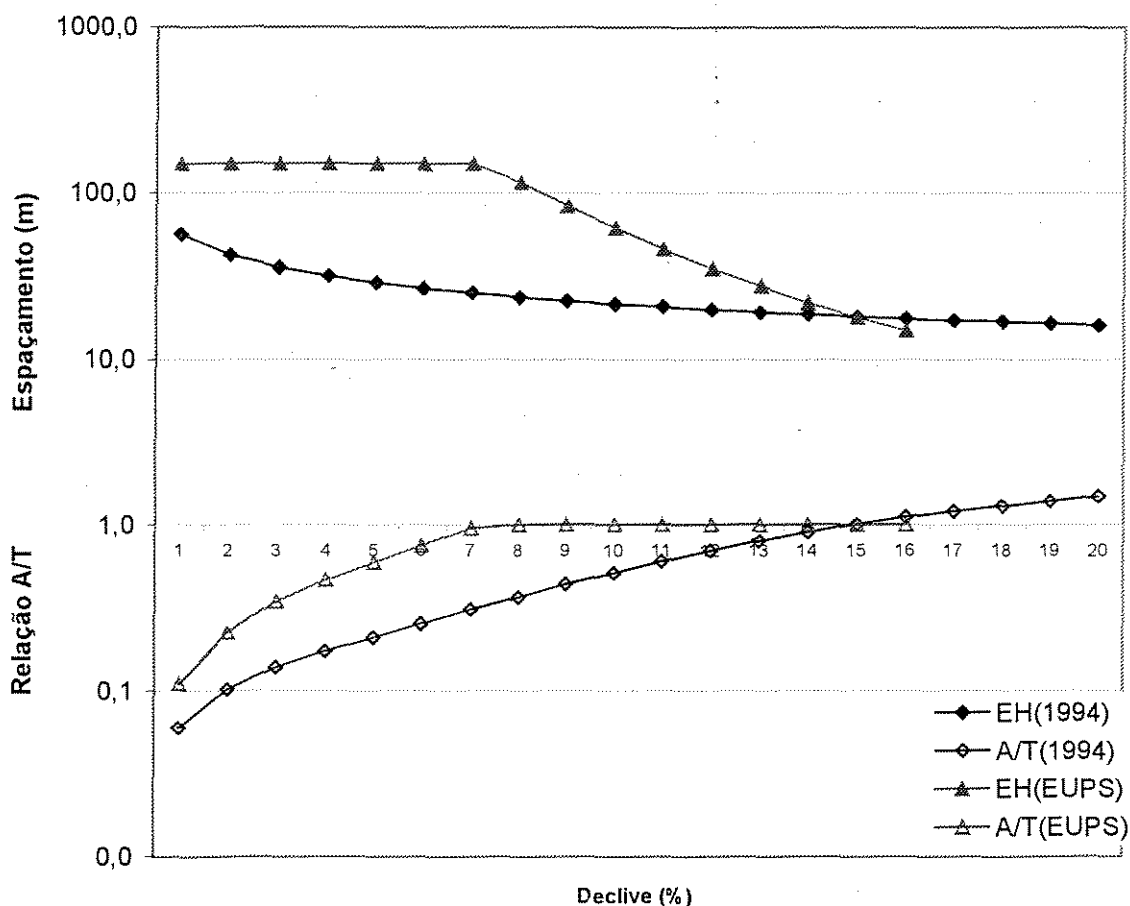


Figura 13. Espaçamentos entre terraços para solos do grupo A e cultura da cana-de-açúcar, determinados pelos EUPS e LOMBARDI NETO et al. (1994), e suas relações de perdas/tolerância (A/T).

Solo do grupo B

Para o solo do grupo B, o valor limite obtido pelo método LOMBARDI NETO et al. (1994) é restrito a 12 % de declive máximo, com 17,5 m de espaçamento, quando ocorre a igualdade entre perda e tolerância. Pelo método EUPS o valor mínimo ocorre a 12% de declive, com uma distância entre terraços de 19 m (Quadro 12). O valor máximo de espaçamento entre terraços (150 m) para a cultura da cana, varia de 1 a 5% de declive.

Os dois métodos aproximam-se em valor de espaçamento a 12% de declive, com espaçamento de 17,5 m para o método LOMBARDI NETO et al. (1994) e 18,5 m para o método EUPS. A partir de 13% de declive a relação A/T para o método LOMBARDI NETO et al. (1994) passa a ser maior do que 1, sendo que a 20% de declive a perda é duas vezes maior que o valor da tolerância.(Figura 14).

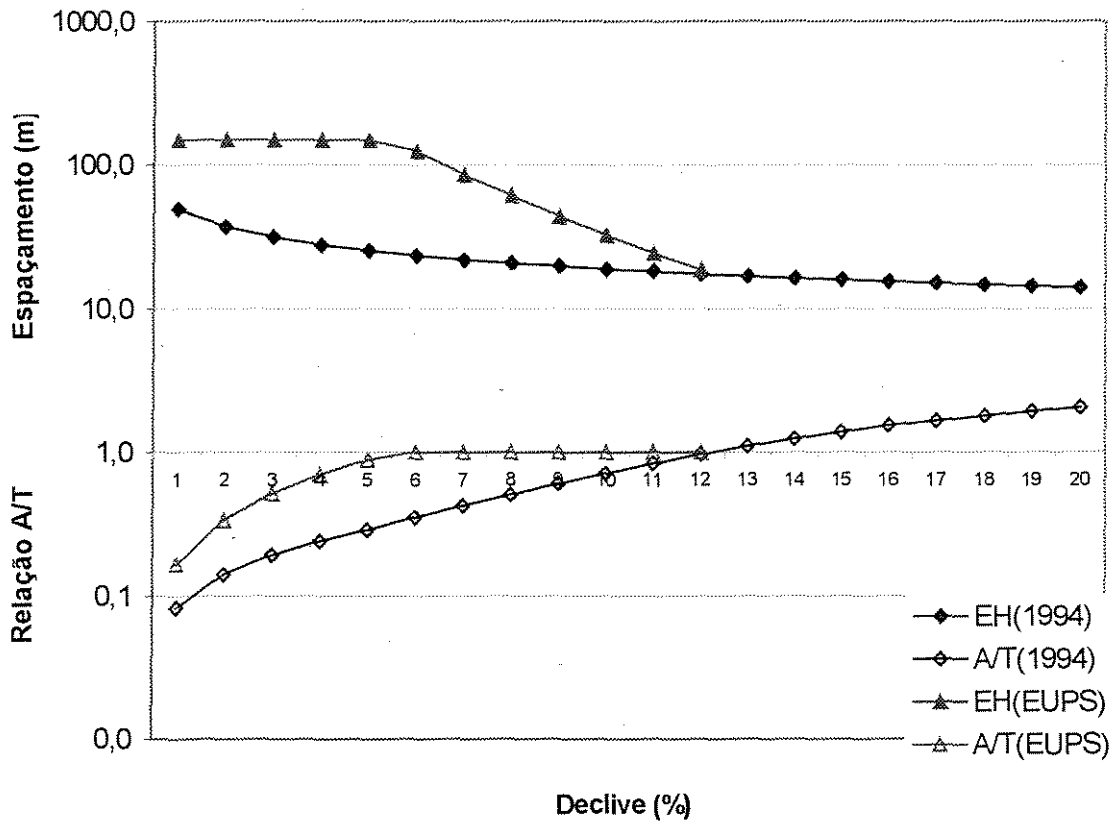


Figura 14. Espaçamentos entre terraços para solos do grupo B e cultura da cana-de-açúcar, determinados pelos métodos EUPS e LOMBARDI NETO et al. (1994), e suas relações de perdas /tolerância (A/T).

Transformando para comprimento de declive, a 5% de declive, quando acontece a maior diferença de espaçamentos entre os métodos, pelo método EUPS, estima-se um comprimento de terraço 83,13% menor que o valor obtido pelo método LOMBARDI NETO et al. (1994), de 395,26 m, e sem que a perda de solo alcance 30% do valor da tolerância.

4.4. Algodão

Solo do grupo A

A cultura do algodão representa, entre todas as culturas estudadas, a que obteve os menores valores de espaçamentos entre terraços, devido a pouca cobertura vegetal que proporciona em seu ciclo.

Dos valores obtidos pelo método LOMBARDI NETO et al. (1994), observados no Quadro 13, as perdas de solo previstas pela EUPS, igualam-se à tolerância entre 6 e 7% de declive, para o solo do grupo A. A partir de então, os demais declives são inviabilizados à produção da cultura do algodão, quando introduzindo, apenas, os sistemas de terraceamento. Deveriam ser, paralelamente, aplicadas outras práticas conservacionistas, manejo ou, até mesmo, inviabilizar a produção da cultura.

Esta cultura admite espaçamentos de 15 m a 11% de declive quando determinados pelo método LOMBARDI NETO et al. (1994), sendo que, nestas condições, é obtida uma relação A/T de 2 para 1, ou seja, as perdas dobram de valor sobre à tolerância.

Quadro 13. Espaçamentos entre terraços determinados pelos métodos LOMBARDI NETO et al. (1994) e EUPS, suas perdas (A) e relações com a tolerância (A/T) para a cultura do algodão.

Algodão												
S	LOMBARDI NETO et al. (1994)						EUPS					
	Solo A			Solo B			Solo A			Solo B		
	EH (m)	A (t.ha ⁻¹)	A/T	EH (m)	A (t.ha ⁻¹)	A/T	EH (m)	A (t.ha ⁻¹)	A/T	EH (m)	A (t.ha ⁻¹)	A/T
1	42,4	2,6	0,21	37,3	3,8	0,28	150,0	5,7	0,46	150,0	9,1	0,68
2	31,7	4,4	0,35	27,9	6,5	0,48	150,0	11,7	0,93	88,8	13,4	1,00
3	26,7	6,0	0,48	23,5	8,9	0,66	85,6	12,6	1,00	45,3	13,4	1,00
4	23,7	7,6	0,60	20,8	11,1	0,83	53,1	12,6	1,00	28,1	13,4	1,00
5	21,5	9,1	0,72	19,0	13,3	1,00	36,1	12,6	1,00	19,1	13,4	1,00
6	20,0	11,0	0,87	17,6	16,1	1,20	24,8	12,6	1,00			
7	18,7	13,4	1,06	16,5	19,6	1,46	17,0	12,6	1,00			
8	17,7	16,0	1,27	15,6	23,4	1,74						
9	16,8	19,0	1,51	14,8	27,9	2,08						
10	16,1	22,3	1,77	14,2	32,7	2,44						
11	15,5	26,2	2,08	13,6	38,4	2,87						
12	14,9	30,4	2,42	13,1	44,6	3,33						
13	14,4	34,9	2,77	12,7	51,2	3,82						
14	14,0	39,3	3,12	12,3	57,5	4,29						
15	13,6	43,8	3,48	12,0	64,2	4,79						
16	13,2	48,6	3,86	11,6	71,2	5,31						
17	12,9	52,5	4,17	11,3	76,9	5,74						
18	12,6	56,5	4,48	11,1	82,7	6,17						
19	12,3	60,6	4,81	10,8	88,7	6,62						
20	12,0	64,8	5,14	10,6	94,9	7,08						

Pelo método EUPS é admitido um valor máximo de espaçamento a 1% de declive e seu valor mínimo, de 17 m, a 7% de declive (Quadro 13). Na Figura 15 observa-se o quão restrita é a implantação de terraços em áreas de produção desta cultura, pertencentes a este tipo de solo. A igualdade entre perdas e tolerância é dada entre 6 e 7% de declive, dobram entre 10 e 11%, triplicam entre 13 e 14% e quadruplicam entre 16 e 17%, quando o espaçamento ainda está dentro do limite proposto por LOMBARDI NETO et al. (1994).

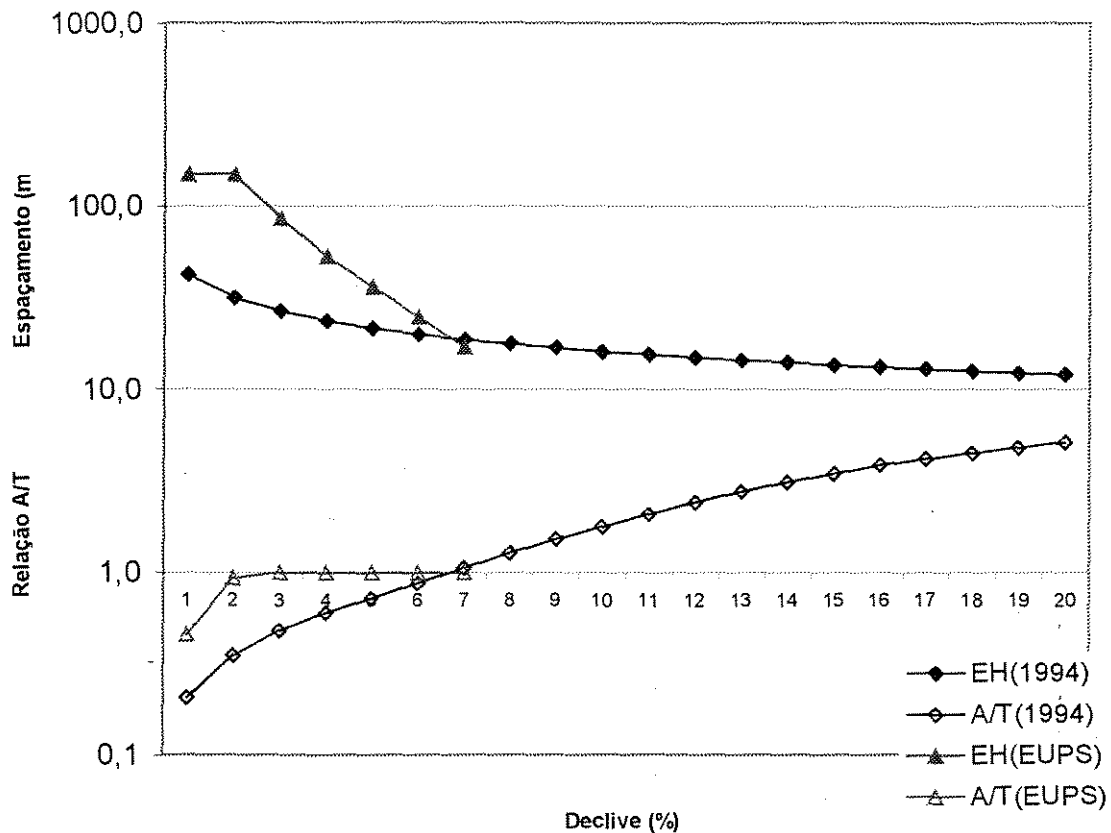


Figura 15. Espaçamentos entre terraços para solos do grupo A e cultura do Algodão, determinados pelos métodos, EUPS e LOMBARDI NETO et al. (1994), e suas relações de perdas/tolerância (A/T).

Fazendo uma relação com as demais culturas analisadas, a 7% de declive, pelo método EUPS, quando a cultura do algodão alcançou limite de espaçamento mínimo (17 m) em solo do grupo A, foi obtido um comprimento de terraço de 588 m.ha⁻¹. Para demais culturas, com espaçamento de 150 m (a 17% de declive), obteve-se um comprimento total de terraço de 67 m.ha⁻¹. Assim, para uma área com solo do grupo A, nestas condições de declive, para a cultura do algodão, seria implantado um sistema de terraceamento com maior comprimento de terraço que, se nesta mesma área, fosse produzido o citros, o eucalipto ou a cana. A diminuição do comprimento do terraço para estas culturas representa 88,6% do comprimento obtido para a cultura do algodão.

Por outro lado, destaca-se que este espaçamento foi determinado apenas considerando o sistema convencional de preparo do solo. A introdução de outros tipos de manejo (como exemplo, capinas em ruas alternadas) ao sistema de produção da cultura do algodão,

exemplo: capinas em ruas alternadas) ao sistema de produção da cultura do algodão, proporcionaria espaçamentos maiores, viabilizando a produção desta cultura em condições menos favorecidas.

Solo do grupo B

No Quadro 13 é observado que na coluna da relação entre perdas e tolerância do método LOMBARDI NETO et al. (1994), a unidade é alcançada a 5% de declive, com espaçamento de 19 m. A 2% de declive as perdas representam 50% do valor da tolerância.

O espaçamento máximo de 150 m, determinado pelo método EUPS, é obtido para o declive de 1% (Quadro 13), sendo que para o declive de 5%, o limite mínimo de espaçamento de 15 m também é alcançado, igualando esse valor ao obtido pelo método LOMBARDI NETO et al. (1994).

Para a cultura do algodão nos solos do grupo B deve-se alterar o manejo proposto pois, caso contrário, para declives superiores a 5%, as perdas de solo seriam maiores que as perdas toleráveis.

Na Figura 16, observa-se que entre os valores de espaçamento, aqueles propostos por LOMBARDI NETO et al. (1994) representam a metade dos valores obtidos pelo método EUPS a 3% de declive. Neste, os comprimentos de terraços obtidos com os espaçamentos determinados pelo método de LOMBARDI NETO et al. (1994), em um hectare a 3 e 4% de declive, é de 425,5 m e 480,8 m, respectivamente. Da mesma forma, para o método EUPS os valores obtidos foram de 222,2 m e 357,1 m. A diferença entre os métodos a 3% de declive foi de 203,3 m, o que corresponde a 48% a menos de comprimento de terraços para o método EUPS. A 4% de declive a diferença é de 123,7 m, correspondendo a 26% do comprimento obtido pelo método LOMBARDI NETO et al. (1994). Assim, os espaçamentos entre terraços dimensionados pelo método LOMBARDI NETO et al. (1994) poderiam dobrar de medida a 3% de declive e admitir um aumento de 20% para o espaçamento obtido a 4% de declive (Quadro 13, coluna A/T), diminuindo o número de terraços construídos, sem ultrapassar o valor da tolerância de perda do solo.

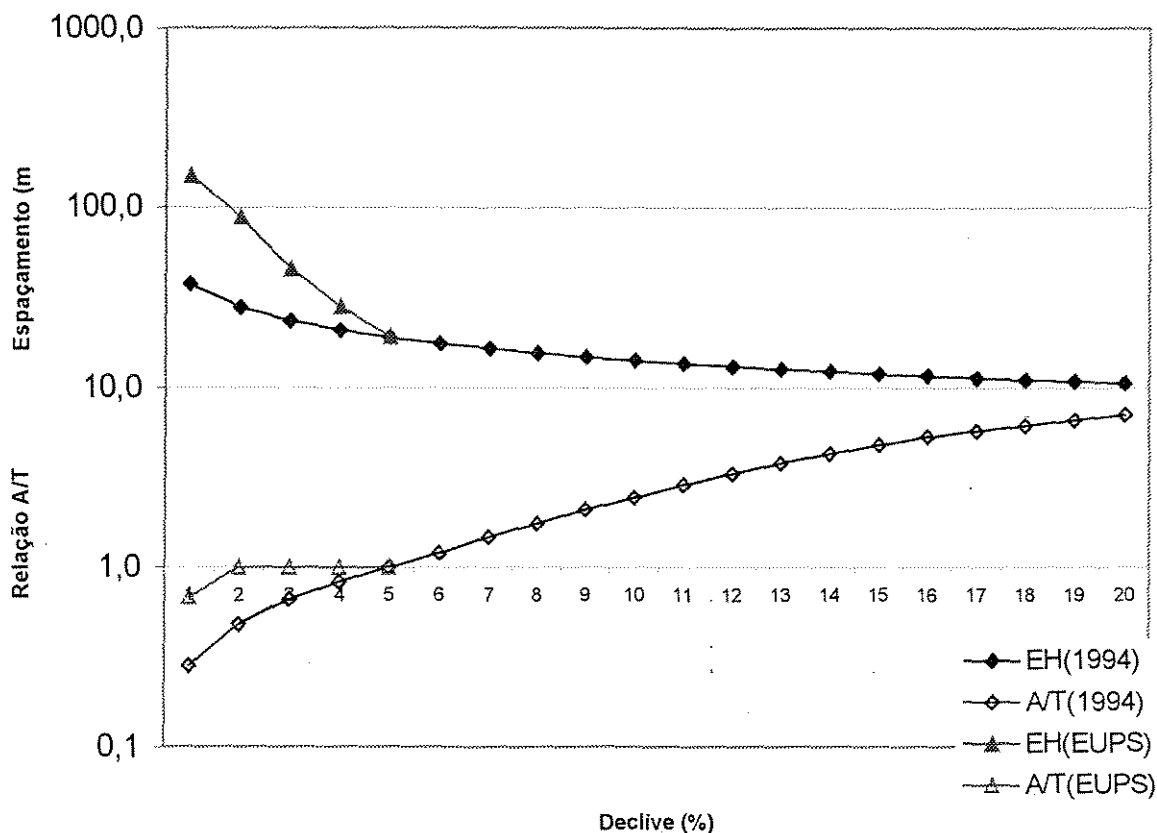


Figura 16. Espaços entre terraços para solos do grupo B e cultura do algodão, determinados pelos métodos, EUPS e LOMBARDI NETO et al. (1994), e suas relações de perdas /tolerância (A/T).

4.5. Relação entre os métodos comparados.

Tanto o método LOMBARDI NETO et al. (1994) quanto o método EUPS consideram diferentes limites máximos de declive para cada cultura e tipo de solo, a partir do qual, as perdas passam a superar a tolerância (no caso do primeiro método), ou os 15 m de espaçamento mínimo (método EUPS). No Quadro 14, apresenta-se a relação dos valores de espaçamentos obtidos pelo método EUPS sobre o método LOMBARDI NETO et al. (1994) ($EH_{EUPS}/EH_{LN(1994)}$), ou seja, a proporção que os valores do primeiro método representa do segundo.

Quadro 14. Relação $E_{H_{EUPS}}/E_{H_{LN(1994)}}$ para as culturas do algodão, cana, eucalipto e citros, para os dois grupos de solo.

S (%)	$E_{H_{EUPS}}/E_{H_{LN(1994)}}$							
	Citros		Eucalipto		Cana-de açúcar		Algodão	
	Solo A	Solo B	Solo A	Solo B	Solo A	Solo B	Solo A	Solo B
1	2,36	2,68	1,93	2,20	2,66	3,02	3,54	4,02
2	3,16	3,59	2,59	2,94	3,55	4,04	4,74	3,19
3	3,74	4,26	3,06	3,48	4,21	4,79	3,21	1,93
4	4,23	4,81	3,46	3,93	4,75	5,40	2,24	1,35
5	4,64	5,28	3,80	4,31	5,22	5,93	1,67	1,01
6	5,02	5,70	4,10	4,66	5,64	5,34	1,25	
7	5,34	4,83	4,37	4,97	6,01	3,90	0,91	
8	5,66	3,66	4,63	5,26	4,90	2,95		
9	4,60	2,76	4,85	5,17	3,71	2,23		
10	3,56	2,14	5,08	4,01	2,88	1,73		
11	2,76	1,66	5,16	3,10	2,23	1,34		
12	2,18	1,31	4,09	2,45	1,76	1,06		
13	1,75	1,05	3,28	1,97	1,41			
14	1,45	0,87	2,73	1,64	1,17			
15	1,22		2,29	1,38	0,99			
16	1,04		1,94	1,17	0,84			
17	0,92		1,72	1,03				
18	0,82		1,53	0,92				
19			1,37	0,82				
20			1,23					

Esta diferença é a que poderia proporcionar maiores espaçamentos condizentes com a cultura a ser utilizada, manejo utilizado e práticas conservacionistas possíveis de serem introduzidas. Relaciona-se o método EUPS sobre o método LOMBARDI NETO et al. (1994), por este obter espaçamentos que consideram perdas até o nível de tolerância do solo, alcançando medidas máximas para cada declive, representando um menor custo de construção e manutenção.

Os valores das proporções obtidas da relação $E_{H_{EUPS}}/E_{H_{LN(1994)}}$ (Quadro 14) mostram o número de vezes que podem ser aumentados os espaçamentos determinados pelo método LOMBARDI NETO et al. (1994), sempre que forem cumpridos os limites de capacidade de contenção do volume escoado nos canais de terraços. Os valores menores que 1 mostram que o

espaçamento obtido pelo método EUPS é menor que o obtido pelo método LOMBARDI NETO et al. (1994) e, que este, nestes declives, não esta respeitando a relação $A/T=1$.

Entre as culturas analisadas, os espaçamentos obtidos pelo método EUPS são maiores que aqueles obtidos pelo LOMBARDI NETO et al. (1994) em proporções como máximo de 6 vezes. No caso do citros e solo do grupo A, esta proporção acontece entre 6 e 8% de declive e, se for considerado as aproximações, este intervalo se estende entre 5 e 9%. De 1 a 12% de declive os espaçamentos obtidos pelo método LOMBARDI NETO et al. (1994) são, como mínimo, duas vezes menores que os do método EUPS. Para a cana-de-açúcar e solo do grupo A, o método LOMBARDI NETO et al. (1994) tem seu valor de espaçamento obtido a 7% de declive 6 vezes menor que o método EUPS, o mesmo acontecendo para solo do grupo B a 5% de declive.

Os métodos tem seus espaçamentos viabilizados até 16% e 13% de declive (solo do grupo A e B, respectivamente) para a cultura do citros, até 20% e 17% de declive para a cultura do eucalipto, até 14 % e 12% de declive para a cultura da cana-de-açúcar e até 5% e 6% de declive para a cultura do algodão, respeitando os limites de 15m de espaçamento mínimo e relação $A/T=1$.

5. Conclusões

As conclusões dizem respeito às condições analisadas, propostas neste trabalho.

- O método EUPS contribui para o planejamento de sistemas conservacionistas por representar, além de uma medida de espaçamento a ser adotada em projeto, um limite máximo baseado nas características naturais apresentadas em campo, com a intenção de se perder em terra a mesma quantidade que representa a tolerância do solo. Portanto, o método disponibiliza uma maior distância de seus espaçamentos a aqueles determinados pelo método LOMBARDI NETO et al. (1994), podendo ser ainda maiores ao possibilitar alterações e interações dos parâmetros que o compõe, otimizando o sistema de terraceamento em função das condições impostas em projeto.
- O fator C de uso e manejo, a partir da EUPS, pode ser considerado como uma ferramenta de projeto, ao serem distribuídas as relações de perdas nos diversos períodos de desenvolvimento da cultura. Da troca de cobertura vegetal por outro cultivo ou na manutenção de restos culturais até a implantação de outros tipos de manejo do solo, possibilita-se maiores distâncias de espaçamento entre terraços.
- No caso da cultura do eucalipto os métodos viabilizaram a utilização de terraceamento em áreas com declives de 20%, exceto o solo do grupo B, que alcançou a relação $A/T=1$ entre 17 e 18% de declive pelo método LOMBARDI NETO et al. (1994) e espaçamento menor que 15 m a 20% de declive com o método EUPS. As demais culturas não obtiveram os mesmos resultados, uma vez que o tipo de manejo considerado foi apenas o plantio em contorno. No caso de ser modificado o manejo, para as demais culturas, o sistema de terraceamento poderá ser implementado em declives mais acidentados, sempre que seja levado em consideração os limites de dimensões para o canal do terraço.
- A determinação do espaçamento entre terraços pela EUPS, pode ser considerada como uma excelente contribuição, por abordar o fator chuva, o que não acontece nas fórmulas de DEMACATI e LOMBARDI NETO et al. (1994). Por este motivo, o fato de não serem encontrados valores de espaçamentos menores que os demais métodos, deve-se à possibilidade de ser introduzido ao cálculo do método EUPS, como fator limitante, a tolerância de perda do solo.

- O método EUPS não exclui a utilização de outros limites de perda de solo, mas quando utilizado o valor máximo, a tolerância, são obtidos os menores valores de comprimento de terraços e que resultam em um menor custo de construção por hectare.
- O método EUPS possibilita a simulação das condições encontradas em campo para a implantação de uma determinada cultura, prevendo as possíveis perdas de solo, como também, as alternativas quanto ao manejo e preparo do solo, em dadas condições de chuvas possíveis de serem implantadas, para obter uma maior otimização nos projetos conservacionistas.

BIBLIOGRAFIA

- ALVARENGA, R. C.; CRUZ, J. C.; PACHECO, E. B. Preparo do solo. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 13, n. 147, 40-45 p., 1987.
- BARUQUI, A. M.; FERNANDES, M. R. Práticas de conservação do solo. Informe Agropecuário. Belo Horizonte, v.11, n.128, 55-68 p., 1985.
- BARUQUI, A. M. Práticas conservacionistas. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.7, n.80, 31-37 p., 1981.
- BEASLEY, R. P. Erosion and sediment pollution control. Iowa: University Press, 1972.
- BEAUCHAMP, K. H. Terracement. In: USDA (ed.). Engineering field manual for conservation practice. Washington: U. S. Soil Conservation Service (SCS), 1979. 8.1-8.102 p.
- BERTOL, I.; COGO, P. C. Terraceamento em sistemas de preparo conservacionista de solo: um novo conceito. Lages: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul., 1996, 41 p., (boletim técnico nº 1).
- BERTOL, I. Comprimento crítico de declive em sistemas de preparos conservacionistas de solo. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 185 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Agronomia, UFRGS, 1995.
- BERTOLINI, D.; GALETI, P. A.; DRUGOWICH, M. I. Tipos e formas de terraços. In: Simpósio sobre terraceamento agrícola, 1, 1988; Campinas. Anais... Campinas: Fundação Cargill, 1989. 79-97 p.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do Solo. Piracicaba: Livroceres, 1990. 392p.

- BERTONI, J. O espaçamento de terraços em culturas anuais, determinação em função das perdas por erosão. Bragantia, Campinas, v.18, p.113-140, 1959
- BORGES, L. C. V.; COSTA, C. V.; SÁ, L. F. Terraceamento na região centro-oeste. In: Simpósio sobre terraceamento agrícola, 1, 1988, Campinas. Anais... Campinas: Fundação Cargill; 1989. 11-16 p.
- COORDENADORIA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA INTEGRAL. Práticas de controle à erosão: instruções para o uso das tabelas de espaçamentos. Campinas: 1973. 18p. (instrução prática 134).
- CASTRO, A. G.; VALÉRIO FILHO, M. Simulação da expectativa de perdas de solo em microbacia sob diferentes manejos florestais. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.21, p.419-426, 1997.
- CASTRO, O. M. Degradação do solo pela erosão. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.13, n.147, p. 64 -72, 1987.
- CAVALIERI, A. Aplicações de métodos para avaliação de terras na quadrícula de Moji Mirim. Campinas: UNICAMP, 1998. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola - Água e Solo) - FEAGRI, UNICAMP, 1998.
- COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO AGRÍCOLA DE SÃO PAULO. Manual técnico de mecanização agrícola. São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, 1994. 101 p.
- CRUCIANI, D. E. Dimensionamento de sistemas de drenagem superficial e terraços com base nas características hidrológicas locais. In: Simpósio sobre terraceamento agrícola; 1, 1988, Campinas. Anais... Campinas: Fundação Cargill; 1989. 26-54 p.
- DE MARIA, I. C.; LOMBARDI NETO, F. Razão de perdas de solo e fator C para sistemas de manejo da cultura do milho. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.21, p.263-270, 1997.

- FORNASARI FILHO; BRAGA, T. O.; GAVES, M. L.; BITAR, O. Y.; AMARANTE, A. Alterações no meio físico decorrentes de obras de engenharia. São Paulo: IPT, 1992. 165 p., (boletim 61).
- GRIEBELER, N. P. Software para o planejamento e a racionalização do uso de sistemas de terraceamento em nível Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1998. 87 p. Tese (Mestrado em Engenharia Agrícola). Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, 1998.
- GRIEBELER, N. P.; CARVALHO, D. F.; MATOS, A.T. Estimativa do custo de implantação de sistema de terraceamento, utilizando o sistema de informações geográficas. Estudo de caso: Bacia do Rio Caxangá (PR). In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 26, 1997, Campina Grande. [CD-ROM]. Campina Grande: SBEA, 1997.
- HIGHFILL, R. E. USLE "P" factor for terraces. In: Summer meeting American Society of Agricultural Engineers. American Society of Agricultural Engineers, Orlando. Anais... Orlando, 1981.
- HUDSON, N. Soil Conservation. Second edition. Ithaca: Cornell University Press; 1981. 320p.
- LAGROTTI, C. A. A. Espaçamento e dimensionamento de terraços agrícolas: automatização na linguagem de programação visual basic. Campinas: UNICAMP, 1995. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola - Água e Solo) - FEAGRI, UNICAMP, 1995.
- LOMBARDI NETO, F.; BELLINAZZI JUNIOR, R. Nova Abordagem para cálculo de espaçamento entre terraços. In: Simpósio sobre terraceamento agrícola; 1, 1988, Campinas. Anais... Campinas: Fundação Cargill; 1989. 99-122 p.
- LOMBARDI NETO, F.; MODENHAUER, W. C. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com as perdas de solo em Campinas (SP). Bragantia, Campinas, v.51, n.2, p.190-196, 1992.

- LOMBARDI NETO, F.; BELLINAZZI JÚNIOR, R.; LEPSH, I. F.; OLIVEIRA, J. B.; BERTOLINI, D.; GALETI, P. A.; DRUGOWICH, M. I. Terraceamento agrícola. Campinas: CATI, 1994. 39 p. (Boletim Técnico - CATI, 206).
- LUCARELLI, J. R. F.; DANIEL, L. A.; ESPÍNDOLA, C. R. Efeitos de sistemas de preparo do solo na erosão laminar e perdas de matéria orgânica e nutrientes. In: Congresso BRASILEIRO de Engenharia Agrícola, 25, 1996, Bauru e In: Congresso Latinoamericano de Ingeniería Agrícola; 2, 1996, Bauru. Anais... Bauru: SBEA, 1996. p.201
- OLIVEIRA, J. B. Atributos do solo e suas implicações em práticas conservacionistas. In: Simpósio sobre terraceamento agrícola; 1, 1988, Campinas. Anais... Campinas: Fundação Cargill; 1989. 63-78 p.
- OLIVEIRA, J. B. Levantamento pedológico semidetalhado do Estado de São Paulo: quadrícula de Moji Mirim. São Paulo: IGC, 1992. Escala 1:100.000.
- PRUSKI, F. F. Desenvolvimento de metodologia para o dimensionamento de canais de terraços. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1993. 96 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, 1993.
- PRUSKI, F. F.; SILVA, J.M.A.; CALIJURI, M. L. et al.; SILVA, J. M. A.; BHERING, E. M.; Terraços for Windows v. 1.0: dimensionamento e manejo de sistemas de conservação de solos e drenagem de superfície. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1996. (manual do usuário)
- PRUSKI, F. F. Aplicação de Modelos Físicos Matemáticos para a Conservação de Água e Solo. In: SILVA, D.D.; PRUSKI, F.F. (Eds.) Recursos hídricos e desenvolvimento sustentável da agricultura. Brasília, DF: MMA; SRH; ABEAS; Viçosa: Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, 1997. p.129-172.
- PUNDEK, M. Levantamento e planejamento conservacionista de propriedades rurais em microbacias. In: Santa Catarina. Secretaria de Estado da Agricultura e Abastecimento.

- Manual de uso, manejo e conservação do solo e da água: projeto de recuperação, conservação e manejo de recursos naturais em microbacias hidrográficas. Florianópolis: EPAGRI, 1994. p.357-384.
- RESENDE, M.; ALMEIDA, J. R. Modelos de predição de perda de solo: uma ferramenta para manejo e conservação do solo. Informe Agropecuário. Belo Horizonte, v.11, n.128, p. 38-54, 1985.
- REZENDE, J. O. Compactação e adensamento do solo, metodologia para avaliação e práticas agrícolas recomendadas. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 26, Campina Grande. [CD-ROM]. Campina Grande: SBEA, 1997.
- RISSE, L. M.; NEARING, M. A.; NICKS, A. D.; LAFLEN, J. N. Error assesment in the Universal Soil Loss Equation. Soil Science Society of America Journal, v. 57, p.825-833, 1993.
- ROCHA, J. V.; CAVALIERI, A.; ESPÍNDOLA, C. R.; LOMBARDI NETO, F.; HAMADA, E. Avaliação da aptidão agrícola das terras e estudo de degradação do solo da quadrícula de Moji-Mirim para fins de planejamento agro-ambiental. Campinas: FEAGRI – UNICAMP, 1997. 59 p. (Relatório parcial, projeto de pesquisa). (Inédito)
- SCHWAB, G. O.; FANGMEIER D. D.; ELLIOT W. J.; FREVERT R. K. Soil and water conservation engineering; 1993
- SPAVOREK, G.; JONGVANLIER, Q. Definition of tolerable soil erosion values. Revista Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa, v.21, p.467-471, 1997.
- STEIN, D. P.; DONZELI, P. L; GIMENEZ, A. F.; PONÇANO, W. L.; LOMBARDI NETO, F.. Potencial de erosão laminar, natural e antrópica, na Bacia do Peixe - Paranapanema. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSIÃO, 4, 1987, Marília. Anais... Marília: ABGE/DAEE, 1987. p.105-135.

USDA. Manual de conservação do solo. Washington: Secretaria da agricultura dos Estados Unidos da América, 1951.

VEIGA, M.; AMADO, T. J. Degradação do solo e da água. In: Santa Catarina. Secretaria de Estado da Agricultura e Abastecimento. Manual de uso, manejo e conservação do solo e da água: projeto de recuperação, conservação e manejo de recursos naturais em microbacias hidrográficas. Florianópolis: EPAGRI, 1994. p.73-97.

WILDNER, L. do P. Terraceamento. In: Santa Catarina. Secretaria de Estado da Agricultura e Abastecimento. Manual de uso, manejo e conservação do solo e da água: projeto de recuperação, conservação e manejo de recursos naturais em microbacias hidrográficas. Florianópolis: EPAGRI, 1994. p.271-325.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. Predicting rainfall-erosion losses from cropland east of the rocky mountains: guide for selection of practices for soil and water conservation. Washington: USDA, 1972. 47 p. (Agricultural Handbook, 282).

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

ANEXOS

ANEXO 1

Correspondência predominante das unidades de solos identificadas em São Paulo pela Comissão de Solos com as classificações que vêm sendo utilizadas em levantamentos pedológicos mais recentes (1980 – 1986).

	Classificação de solos segundo Comissão de Solos	Correspondência predominante na classificação atual
PV	Podzólico Vermelho-Amarelo orto	Podzólico Vermelho-Amarelo Tb Distrófico ou Álico (alguns Eutróficos) ou Podzólico Vermelho-Amarelo Eutrófico (ou Distrófico), ambos A moderado textura média/argilosa (ou simplesmente argilosa), fase relevo forte ondulado, ondulado ou montanhoso.
Pvp	Podzólico Vermelho-Amarelo variação Piracicaba	Podzólico Vermelho-Amarelo Tb álico (alguns Eutróficos) ou Podzólico Vermelho-Escuro Tb Eutrófico ou Distrófico, ambos A moderado textura argilosa/muito argilosa (ou simplesmente argilosa), fase relevo ondulado.
PVIs	Podzólico Vermelho-Amarelo variação Laras	Podzólico Vermelho-Amarelo Tb (ou Ta) Álico (alguns Distróficos), (abruptos ou não), A moderado textura arenosa/média, fase relevo ondulado.
PVL	Podzólico Vermelho-Amarelo "intergrade" para Latosol Vermelho-Amarelo	Podzólico Vermelho-amarelo Latossólico Álico, textura argilosa/muito argilosa, fase relevo, forte ondulado ou montanhoso.
Pc	Solos Podzolizados com cascalho	Podzólico Vermelho-Amarelo Tb Eutrófico (alguns Distróficos) textura média cascalhenta/argilosa com cascalho, fase pedregosa e/ou rochosa relevo montanhoso ou forte ondulado.
Pln	Podzolizados de Lins e Marília variação Lins	Podzólico Vermelho-Amarelo Tb Eutrófico (alguns Distróficos) textura arenosa/média, fase relevo suave ondulado (ou ondulado).
Pml	Podzolizado de Lins e Marília variação Marília	Podzólico Vermelho-Amarelo Tb Eutrófico textura arenosa/média abrupto, fase relevo ondulado (ou forte ondulado).
M	Mediterrâneo Vermelho-Amarelo	Brunizen Avermelhado ou Podzólico Vermelho-Escuro Tb Eutrófico A moderado, ambos textura argilosa, fase relevo ondulado e forte ondulado.
TE	Terra Roxa estruturada	Terra Roxa Estruturada Eutrófica, A moderado (alguns chernozênicos), textura argilosa ou muito argilosa, fase relevo ondulado.
LR	Latosol Roxo	Latossolo Roxo Distrófico (ou Eutrófico) A moderado textura argilosa (ou muito argilosa), fase relevo suave ondulado.
LE	Latosol Vermelho-Escuro orto	Latossolo Vermelho-Escuro Álico (ou Distrófico) A moderado textura argilosa (ou muito argilosa), fase relevo suave ondulado.
LEa	Latosol Vermelho-Escuro fase arenosa	Latossolo Vermelho-Escuro Distrófico (ou Álico) A moderado textura média fase relevo suave-ondulado.

	Classificação de solos segundo Comissão de Solos	Correspondência predominante na classificação atual
LV	Latosol Vermelho-Amarelo orto	Latossolo Vermelho-Amarelo Álico (ou Distrófico) A moderado (alguns proeminentes) textura argilosa (ou muito argilosa), fase relevo ondulado, forte ondulado ou montanhoso.
LVr	Latosol Vermelho-Amarelo fase rasa	Latossolo Vermelho-Amarelo Álico pouco profundo ou Latossolo Vermelho-Amarelo Câmbico Álico ou Cambissolo Latossólico Álico, todos textura argilosa A moderado (ou proeminente), fase relevo forte ondulado (ou montanhoso).
LVa	Latosol Vermelho-Amarelo fase arenosa	Latossolo Vermelho-Amarelo Álico (ou Distrófico) A moderado (alguns proeminentes) textura média, fase relevo suave ondulado.
LVt	Latosol Vermelho-Amarelo fase terraço	Latossolo Vermelho-Amarelo e Latossolo Amarelo, ambos Álicos, A moderado (alguns com A proeminente) textura argilosa (alguns, textura média) fase relevo suave ondulado.

Fonte: LOMBARDI NETO et al. (1994).

ANEXO 2

Determinação do fator C para o Algodão

Operações	Data	Ei acum	Ei período	Rel. Perdas	C	C total
preparo	15/Ago	1,19				
			0,0664	0,40	0,0266	
plantio	15/Out	7,83				
			0,0947	0,60	0,0568	
1 mes	15/Nov	17,30				
			0,1629	0,40	0,6520	
2 meses	15/Dez	33,59				
			0,5362	0,50	0,2681	
colheita	15/Mar	87,21				0,4166
			0,1398	0,20	0,0280	
preparo	15/Ago	101,19				0,4446

Fonte: LOMBARDI NETO (comunicação pessoal)

Determinação do fator C para a cana-de-açúcar

Operações	Data	Ei acum	Ei período	Rel Perdas	C	C total
preparo	01/Ago	0,83				
			0,0700	0,35	0,0245	
plantio	15/Out	7,83				
			0,2576	0,23	0,0592	
2 meses	15/Dez	33,59				
			0,4062	0,37	0,1503	
4 meses	15/Fev	74,21				
			0,3014	0,10	0,0301	
1 corte	01/Out	104,35				
			0,9733	0,05	0,0487	
2 corte	01/Set	201,68				
			0,9835	0,01	0,0098	
3 corte	01/Jul	300,03				
			0,0080	0,01	0,0001	
preparo	01/Ago	300,83				
		300	3,0000			0,1076

Fonte: LOMBARDI NETO (comunicação pessoal)

Determinação do fator C para a citros

Operações	Data	Ei acum.	Ei período	Rel. Perdas	C	C total
preparo	01/Out	4,35				
			0,1917	0,75		
plântio	01/Dez	23,52				
			0,5836	0,72		
3 meses	01/Mar	81,88				
			0,1706	0,50		
6 meses	01/Jun	98,94				
			0,2458	0,35	0,7353	
1 ano	01/Dez	123,52				
			1,0000	0,30		
2 anos	01/Dez	223,52				
			1,0000	0,24		
3 anos	01/Dez	323,52				
			1,0000	0,16		
4 anos	01/Dez	423,52				
			1,0000	0,11		
5 anos	36130	523,52				
			1	0,08		
6 anos	01/Dez	623,52				
			1	0,08		
7 anos	01/Dez	723,52				
			1	0,06		
8 anos	01/Dez	823,52				
			1	0,06		
9 anos	01/Dez	923,52				
			1	0,05		
10 anos	01/Dez	1023,5				
			1	0,05		
11 anos	01/Dez	1123,5				continua

Fonte: LOMBARDI NETO (comunicação pessoal)

Continuação:

Determinação do fator C para a citros.

Operações	Data	Ei acum.	Ei período	Rel. Perdas	C	C total
			1	0,04		
12 anos	01/Dez	1223,5	1	0,04		
13 anos	01/Dez	1323,5	1	0,03		
14 anos	01/Dez	1423,5	1	0,03		
15 anos	01/Dez	1523,5	1	0,02		
16 anos	01/Dez	1623,5	1	0,02		
17 anos	01/Dez	1723,5	1	0,01		
18 anos	01/Dez	1823,5	1	0,01		
19 anos	01/Dez	1923,5	1	0,01		
20 anos	01/Dez	2023,5	1	0,01 -		
21 anos	01/Dez	2123,5	1	0,01		
22 anos	01/Dez	2223,5	1	0,01		
23 anos	01/Dez	2323,5	1	0,01		
24 anos	01/Dez	2423,5	0,8083	0,01		
25 anos	01/Out	2504,4				
		2500	25		2,183	0,0873

Fonte: LOMBARDI NETO (comunicação pessoal)

Determinação do Fator C para cultura do eucalipto

Operações	Data	Ei acum.	Ei per.	RP boa	RP média	RP ruim	C bom	C médio	C ruim
preparo	01/Out	4,35							
			0,192	0,24	0,48	0,9	0,0460	0,0920	0,1725
plantio	01/Dez	23,52							
			0,584	0,18	0,33	0,57	0,1050	0,1926	0,3327
3 meses	01/Mar	81,88							
			0,182	0,15	0,25	0,42	0,0272	0,0454	0,0762
7 meses	01/Jul	100,03							
			0,235	0,12	0,19	0,28	0,0282	0,0446	0,0658
1 ano	01/Dez	123,52							
			1,000	0,04	0,06	0,09	0,0400	0,0600	0,0900
2 anos	01/Dez	223,52							
			1,000	0,04	0,06	0,09	0,0400	0,0600	0,0900
3 anos	01/Dez	323,52							
			1,000	0,02	0,04	0,05	0,0200	0,0400	0,0500
4 anos	01/Dez	423,52							
			1,000	0,02	0,04	0,05	0,0200	0,0400	0,0500
5 anos	01/Dez	523,52							
			1,000	0,02	0,04	0,05	0,0200	0,0400	0,0500
6 anos	01/Dez	623,52							
			0,782	0,02	0,04	0,05	0,0156	0,0313	0,0391
cutte	01/Set	701,68							
			0,027	0,02	0,04	0,05	0,0005	0,0011	0,0013
preparo	01/Out	704,35							
		700,00	7,000				0,0518	0,0924	0,1454

Fonte: LOMBARDI NETO (comunicação pessoal)

ANEXO 3

Cálculo do espaçamento entre terraços pelo método EUPS, para São João da Boa Vista, para um solo do grupo A, cultura da cana-de-açúcar e declive de 7%.

$$A = R K L S C P$$

$$A = T = 12,6 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$$

$$K = 0,0114 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$$

$$R = 7901 \text{ MJ} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$$

$$C = 0,1076 \text{ (adimensional)}$$

$$P = 0,54 \text{ (adimensional)}$$

$$S = 7\%$$

$$L = EH$$

$$EH = \left(\frac{T}{R \cdot K \cdot 0,00984 S^{1,18} \cdot C \cdot P} \right)^{1/0,63}$$

$$EH = \left(\frac{12,6}{7901 \cdot 0,0114 \cdot 0,00984 \cdot 7^{1,18} \cdot 0,1076 \cdot 0,54} \right)^{1/0,63}$$

$$EH = 161,62 \text{ m}$$

$$161,62 > 150,00$$

$$EH = 150,00 \text{ m}$$