

MEDIOAMBIENTE EN IBEROAMÉRICA

Visión desde la Física y la Química en los albores del Siglo XXI

Juan F. Gallardo Laucho
(Editor y coordinador)



**Sociedad Iberoamericana
de Física y Química Ambiental**



Tomo II

Fotografía portada: Cataratas de Iguazu.

Copyright: Juan F. Gallardo Lancho.

ISBN-13: 978-84-611-0352-2

978-84-611-0393-5

ISBN-10: 84-611-0352-1

84-611-0393-9

Depósito Legal: BA-189/2006

Imprime: Gráficas Diputación de Badajoz (España).

Tome: II

EROSÃO HÍDRICA EM POVOAMENTOS FLORESTAIS RECENTEMENTE INSTALADOS: ASPECTOS QUANTITATIVOS E QUALITATIVOS

T. de Figueiredo⁽¹⁾; F. Fonseca⁽¹⁾; A. Guerra⁽¹⁾; C. Nogueira⁽¹⁾ & A. Martins⁽²⁾

⁽¹⁾ Dep. de Geociências, Escola Superior Agrária de Bragança, Campus de Sta. Apolónia, ap. 172, 5301-855, Bragança. Telefone: 273303253;

Fax: 273325405; <tomasfig@ipb.pt>.

⁽²⁾ Dep. Edafologia, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, ap. 1013, 5001-911

Vila Real; Telef.259350209 Fax 259 350480; <amartins@utad.pt>.

Rainfall erosion in young forest stands: quantitative and qualitative losses

Abstract

*In order to compare their effectiveness for erosion control, five site-preparation techniques were applied prior to installing a mixed stand (*Pseudotsuga menziesii* and *Castanea sativa*) and runoff and soil loss were monitored for two years. The experiment was conducted near Bragança, NE Portugal, at 700m elevation, where mean annual rainfall and temperature are, respectively, 800mm and 12°C, under Mediterranean climatic regime. Experimental design comprised contiguous three blocks (near flat plateau, gentle slope shoulder, steep mid-slope), where treatments, including two controls (original land use and potential erosion), were randomly distributed in 375m² plots. Soil and water lost from 2.5m² microplots (two replicates per treatment and block) were collected after each rainfall event (twenty one in number, summing 1800mm, in two years). Samples for qualitative evaluations assembled sediment lost during the first year Spring/Summer and Autumn/Winter periods. Runoff and soil loss in the original abandoned field averaged 3.4mm and 11.6g m⁻² per year, respectively. In all areas treated and planted, values were 2.5 to 7 times higher, for runoff, and 5 to 11.5 times higher, for soil loss. Sediment grain-size and chemical composition were similar to those of original soil in Spring/Summer, but chemicals concentrations were considerably higher in Autumn/Winter. Differences in soil loss and runoff as affected by site-preparation techniques are not substantial; nevertheless, they tend to increase with tillage intensity. Impacts of site-preparation techniques in soil and water losses are not relevant under conditions tested, either in quantitative or in qualitative terms.*

Key words: Water erosion, sediment yield, runoff, forest soils.

Resumo.

O presente estudo tem por objectivo testar a eficácia no controlo da erosão (produção de sedimento e escoamento superficial), de cinco técnicas de preparação do solo utilizadas na instalação de um povoamento florestal misto (*Pseudotsuga menziesii* e *Castanea sativa*), em antigos solos agrícolas. O ensaio foi instalado próxi-

mo de Bragança, NE de Portugal, a 700m de altitude, com média anual de precipitação e temperatura de 800mm e 12°C, respectivamente, sob clima mediterrânico. O delineamento experimental incluiu 3 blocos (planalto, encosta de declive moderado, encosta de declive acentuado), onde foram distribuídos aleatoriamente os tratamentos, incluindo duas testemunhas (terreno original e erosão potencial), em parcelas de 375m² cada. Os resultados apresentados referem-se aos primeiros vinte e um eventos, num total de 1800mm de precipitação em dois anos, durante os quais se acompanharam as perdas de água e sedimento em micro-parcelas de 2,5m² (duas por bloco e tratamento). Tomaram-se amostrás compósitas relativas aos períodos de Primavera/Verão e Outono/Inverno para avaliação da qualidade do sedimento. O escoamento superficial e a produção de sedimento no terreno original (sem intervenção mecânica), foram em média de, respectivamente, 3,4mm e 11,6g m⁻², por ano. Nas áreas sujeitas a preparação do terreno e plantadas, os valores médios foram superiores 2,5 a 7 vezes no escoamento superficial e 5 a 11,5 vezes na produção de sedimento. A granulometria e a composição química do sedimento foram semelhantes às do solo original no período de Primavera/Verão, aumentando esta última consideravelmente no Outono/Inverno. O impacto das técnicas de preparação do terreno na produção de sedimento e no escoamento superficial não é muito expressivo, tendendo a aumentar, todavia, com a intensidade da mobilização.

Palavras Chave: Erosão hídrica, produção de sedimento, escoamento superficial, solos florestais.

Introdução.

As florestas proporcionam uma cobertura vegetal eficaz no controlo da perda de solo, registando-se as menores taxas de erosão do solo em áreas florestadas. No entanto, a fase de instalação dos povoamentos florestais e as fases iniciais do desenvolvimento das árvores são críticas, dado que, normalmente, nestas fases, a vegetação ainda não assegura uma cobertura do solo suficientemente eficaz (Lucci *et al.*, 1994). As elevadas taxas de erosão que se verificam na região mediterrânea são atribuídas ao regime climático, sendo geralmente nestas áreas o coberto vegetal escasso. A vegetação e o uso da terra são factores muito importantes no controlo da intensidade e frequência dos processos erosivos do solo. Muitas vezes as elevadas taxas de erosão estão relacionadas com o elevado escoamento produzido em solos com baixa taxa de infiltração. A incapacidade do solo armazenar água está geralmente relacionada com elevada compactação do solo, por sua vez relacionada com escassez de matéria orgânica e uma estrutura débil no horizonte superficial (Bienes *et al.*, 1999). A erosão hídrica é um processo natural que, sendo acelerada por uma simples lavoura inadequada (Basic *et al.*, 2001), constitui então problema que pode acarretar elevados prejuízos do ponto de vista económico, social e ambiental. O escoamento e a erosão hídrica do solo dependem da eficácia dos processos de colonização vegetal e, só nos casos em que esta é incapaz de proteger de forma eficaz os terrenos abando-

nados pela agricultura, aqueles parâmetros podem atingir proporções graves (Bienes *et al.*, 1999). O papel da preparação do terreno à instalação pode pois ser crucial para o controlo da erosão hídrica em áreas florestadas. Com o presente trabalho, pretende-se estudar os impactos de diferentes técnicas de preparação do terreno para instalação de povoamentos florestais em antigos solos agrícolas, nas perdas de solo por erosão, quantitativa e qualitativamente avaliadas.

Material e métodos.

O campo experimental foi instalado entre Novembro de 2001 e Março de 2002 em Lamas de Podence, Macedo de Cavaleiros (próximo de Bragança, NE de Portugal), com as coordenadas geográficas 41° 35' N e 6° 57' W, situado entre os 660 e os 701m de altitude. A precipitação média anual é de 800mm e a temperatura média anual de 12°C, com uma distribuição sazonal tipicamente mediterrânica (INMG, 1991). O relevo varia de ondulado suave a ondulado, e os solos originais integram-se na associação de unidades FAO Leptosolos dístricos órticos de xistos e Cambissolos dístricos crómicos de xistos (Agroconsultores e Coba, 1991). O ensaio engloba três blocos, em áreas contíguas, mas com litologia e topografia diferentes. O bloco I situa-se na parte mais elevada da parcela, numa área sedimentar, aplanada, de relevo residual, com declive de 6% e os blocos II e III, ambos de litologia xistenta, desenvolvem-se em encosta com declives de 22% e 12%, respectivamente.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado dentro de cada um dos três blocos e compreendeu cinco modalidades de preparação do terreno, que abrangem mobilização e armação do terreno com diferentes intensidades (Quadro 1). Duas testemunhas (terreno original e erosão potencial), completam o conjunto dos tratamentos testados. As parcelas de 25×15m cada (375m²) distribuem-se por uma área experimental de cerca de 0,8ha. As espécies seleccionadas, *Pseudotsuga menziesii* (PM) e *Castanea sativa* (CS), foram plantadas num compasso de 4'2m, em linhas alternadas, num total por parcela de quatro linhas (2 de PM e 2 de CS), com 12 plantas cada, num total de 24 PM e 24 CS.

Para avaliar a produção de sedimento e o escoamento superficial, delimitaram-se micro-parcelas de erosão rectangulares com chapas galvanizadas enterradas cerca de 10/15 cm no solo, com áreas entre 2,3m² e 2,9m² (largura fixa de 1m e comprimento variável, de acordo com a possibilidade de instalação no terreno), com duas repetições por tratamento e bloco. Na frente de cada micro-parcela, foi colocada, ao nível do solo, uma peça metálica de base triangular, destinada a concentrar e evacuar escoamento e sedimento através de um tubo de plástico flexível para um depósito enterrado no solo, com 10L de capacidade.

As colheitas foram realizadas após cada período de precipitação (evento), completando-se 21 colheitas no período de Março de 2002 a Abril de 2004 (2 anos). Em cada evento, o sedimento depositado na peça metálica frontal, foi recolhido com o auxílio de espátulas e pincéis, seco a 105°C e contabilizado juntamente com o sedi-

mento em suspensão na água de escoamento. Em laboratório foi quantificado o volume de água proveniente de cada micro-parcela e, depois de agitação enérgica da água, foi retirada uma amostra de 100mL, seca a 105°C, para avaliação da quantidade de sedimento em suspensão. Por serem reduzidas as quantidades recolhidas, a qualidade do sedimento produzido (granulometria e composição química) avaliou-se em amostras compósitas referentes aos períodos Primavera/Verão e Outono/Inverno. Os resultados aqui apresentados dizem respeito à totalidade dos eventos, perfazendo cerca de 1800mm de precipitação, medida em estação meteorológica automática com discriminação temporal dos registos de 10min.

O tratamento estatístico dos dados compreendeu análise de variância e teste de comparação múltipla de médias (Tukey, 5%), tendo blocos e tratamentos como factores, e análise de regressão.

Tratamentos	Gradagem	Ripagem contínua	Ripagem localizada	Vala e câmoros com 2 lavours	Lavoura contínua	Aivequilhos	Covas
TSMO							
SMPC	•						•
RCAV	•	•				•	
SRVC	•			•			
RLVC	•		•	•			
RCVC	•	•		•			
TERO	•	•			•		

TSMO – testemunha do terreno original: sem qualquer mobilização

SMPC – sem mobilização, com plantação à cova com broca rotativa até 80cm de profundidade;

RCAV – ripagem contínua profunda, até cerca de 70cm, com ripper equipado com aivequilhos e plantação no covacho na linha de mobilização;

SRVC – sem ripagem prévia, com armação do terreno em vala e câmoros por lavoura profunda, até cerca de 90cm, com duas passagens;

RLVC – ripagem localizada profunda, até cerca de 70cm, com armação do terreno em vala e câmoros por lavoura profunda, até cerca de 90cm, com duas passagens;

RCVC – ripagem contínua profunda, até cerca de 70cm, com armação do terreno em vala e câmoros por lavoura profunda, até cerca de 90cm, com duas passagens;

TERO – testemunha do potencial de erosão: ripagem contínua profunda, até cerca de 70cm, seguida de lavoura contínua, segundo o maior declive.

Quadro 1.-Técnicas de preparação do terreno ensaiadas, da menor para a maior intensidade de mobilização

Resultados e discussão.

Os resultados da produção de sedimento apresentam apenas diferenças significativas entre tratamentos. Pelo contrário, os blocos também afectam os de escoamento superficial (Quadro 2).

Efeitos testados	Graus de liberdade	Produção de sedimento		Escoamento superficial	
		F	P ^a	F	P ^a
Tratamento	2	0,638	0,538	3,522	0,048*
Bloco	6	3,648	0,012*	7,064	0,000***
Tratamento × bloco	12	1,339	0,269	1,452	0,219

^a * para $0,05 > P > 0,01$; ** para $0,01 > P > 0,001$; *** para $P < 0,001$

Quadro 2.- Análise de variância a dois critérios de classificação (tratamentos e blocos) para produção de sedimento ($g\ m^{-2}$) e escoamento superficial (mm) registados em dois anos

A produção de sedimento e o escoamento superficial na situação original (TSMO) foram em média de 3,4mm e 11,6g m^{-2} , por ano, respectivamente (Figura 1). Nas áreas submetidas a preparação do terreno e plantadas (SMPC, RCAV, SRVC, RLVC, RCVC) os valores médios foram superiores 2,5 a 7 vezes, no caso do escoamento, e 5 a 11,5 vezes, na produção de sedimento. Como esperado, a produção de sedimento foi superior no tratamento TERO (equivalente a 2,3t $ha^{-1}\ ano^{-1}$). O efeito das técnicas de preparação do terreno (tratamentos) na produção de sedimento e no escoamento superficial não é muito expressivo, revelando no entanto, que estas variáveis tendem a aumentar com a intensidade da mobilização. Relativamente ao efeito dos blocos, a produção de sedimento e o escoamento superficial foram inferiores no bloco com declive intermédio (bloco III). Para o conjunto das técnicas testadas, a produção média de sedimento foi de cerca de 1t $ha^{-1}\ ano^{-1}$ e o escoamento superficial médio de cerca de 20mm ano^{-1} (com um coeficiente de escoamento de 2%).

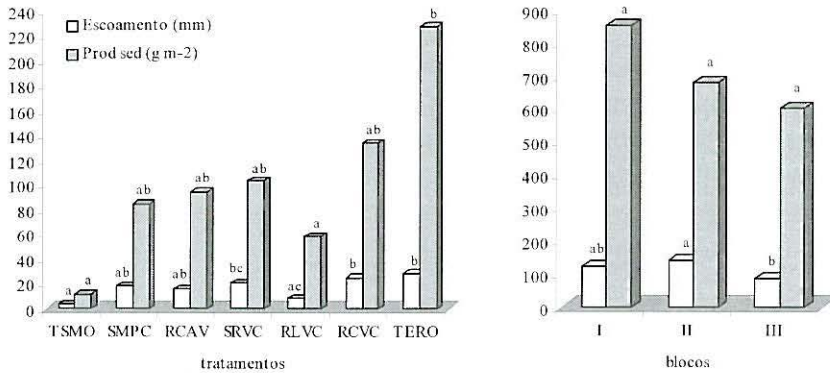


Figura 1.- Comparação de médias anuais de escoamento (mm) e de produção de sedimento ($g\ m^{-2}$), por tratamento e por bloco (letras diferentes em colunas da mesma variável indicam diferenças significativas entre tratamentos (esquerda) e entre blocos (direita), $P < 0,05$).

A distribuição sazonal da precipitação, da produção de sedimento e do escoamento superficial é apresentada na Figura 2. A precipitação no primeiro ano foi claramente mais elevada que no segundo e, com Efeitos locais, ao nível da micro-parcela, como declive, rugosidade superficial, pedregosidade e cobertura do solo por vegetação, contribuem para explicar os resultados obtidos. O seria de esperar, o período Outono/Inverno foi o que mais contribuiu para o total anual de precipitação. A resposta nas micro-parcelas de erosão a estas precipitações, resultou numa distribuição sazonal semelhante no escoamento, e diferente na produção de sedimento. As primeiras chuvas (Primavera/Verão de 2002) foram responsáveis por 80 a 95% do total da produção de sedimento registada nos dois anos (excepto no tratamento TERO, onde este valor foi de cerca de 65%). Em todos os tratamentos, o primeiro ano contribuiu com mais de 90% da produção de sedimento registada.

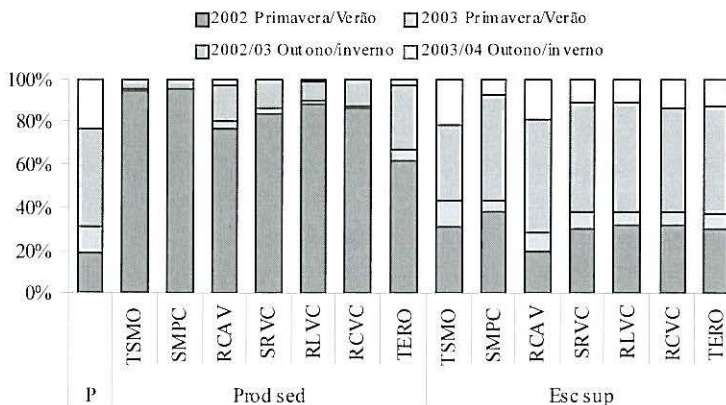


Figura 2.- Distribuição sazonal da precipitação (P), da produção de sedimento (Prod sed) e do escoamento superficial (Esc sup), segundo os tratamentos, nos dois anos de ensaio

Os índices de erosividade que melhor explicam a produção de sedimento e o escoamento superficial são coincidentes nos períodos Primavera/Verão, estando estas variáveis bem correlacionadas com a intensidade da precipitação no período de uma hora (Quadro 3). Por outro lado, nos períodos Outono/Inverno não existe uma relação clara entre os índices de erosividade e a produção de sedimento, sendo que grande parte do escoamento é explicado pelo total de precipitação por evento e pela intensidade da precipitação no período de uma hora.

Índices de erosividade (X)	Parâmetros da regressão (Y = aX + b)					
	Produção de sedimento (Y, g m ⁻²)			Escoamento superficial (Y, mm)		
	a	b	r ²	a	b	r ²
			Primavera/Verão 2002			
I1h	43,979	-84,912	0,934	2,012	-0,665	0,907
P1h	43,886	-84,140	0,934	2,008	-0,632	0,906
EI30'	1,002	103,830	0,732	0,044	8,179	0,643
EI1h	1,908	95,162	0,738	0,083	7,784	0,653
PI1h	0,3805	87,672	0,746	0,017	7,437	0,666
			Outono/Inverno 2002-2003			
I20'	5,146	-44,515	0,613			
I12h				11,851	-8,432	0,822
P20'	15,438	-44,515	0,613			
Pev				0,180	-4,752	0,838
EI30'	0,099	14,551	0,403	0,059	4,884	0,724
EI1h	0,126	15,717	0,411			
PI1h	0,0227	14,948	0,400			
PI12h				0,050	6,166	0,786
			Primavera/Verão 2003			
I1h	3,131	-24,723	0,969	1,3127	-11,015	0,989
Peh	-1,850	71,380	0,929	-0,781	29,438	0,960
EI30'	0,210	-10,646	0,445	0,080	-4,164	0,377
EI6h	0,827	-4,6445	0,959	0,347	-2,597	0,979
PI6h	0,1318	-2,2846	0,655	0,057	-1,877	0,720
			Outono/Inverno 2003-2004			
I30'	0,681	-2,487	0,257			
I1h				0,775	-0,102	0,978
Peh	0,128	0,018	0,347			
Pev				0,033	3,134	0,181
EI10'				0,024	2,755	0,580
EI30'	0,030	1,679	0,170	0,027	3,379	0,533
PI10'				0,004	2,761	0,366
PI20'	0,004	3,123	0,325			

Quadro 3.- Índices que melhor relacionam a erosividade da precipitação com a produção de sedimento e o escoamento superficial, nos quatro períodos considerados

A granulometria e a concentração de elementos químicos no sedimento são, de um modo geral, próximas das da matriz original do solo no período Primavera/Verão, aumentando esta última consideravelmente no período Outono/Inverno (Figura 3). No entanto, dado que a produção de sedimento e o escoamento superficial se encontram dentro de limites toleráveis, o impacto das diferentes técnicas de preparação do solo foi pouco expressivo.

Conclusões.

Globalmente, a produção de sedimento é de cerca de $1\text{ t ha}^{-1}\text{ ano}^{-1}$ e o escoamento superficial de 20 mm ano^{-1} (coeficiente de escoamento, 2%). Os valores indicados encontram-se dentro de intervalos toleráveis para as variáveis em estudo, pelo que, aparentemente, o impacto das diferentes técnicas de preparação do solo foi pouco expressivo. No entanto, a produção de sedimento e o escoamento superficial, tendem a aumentar com a intensidade de mobilização do solo, sendo sempre mais elevados no primeiro ano (ano de instalação do povoamento) e com maior produção de sedimento no período Primavera/Verão.

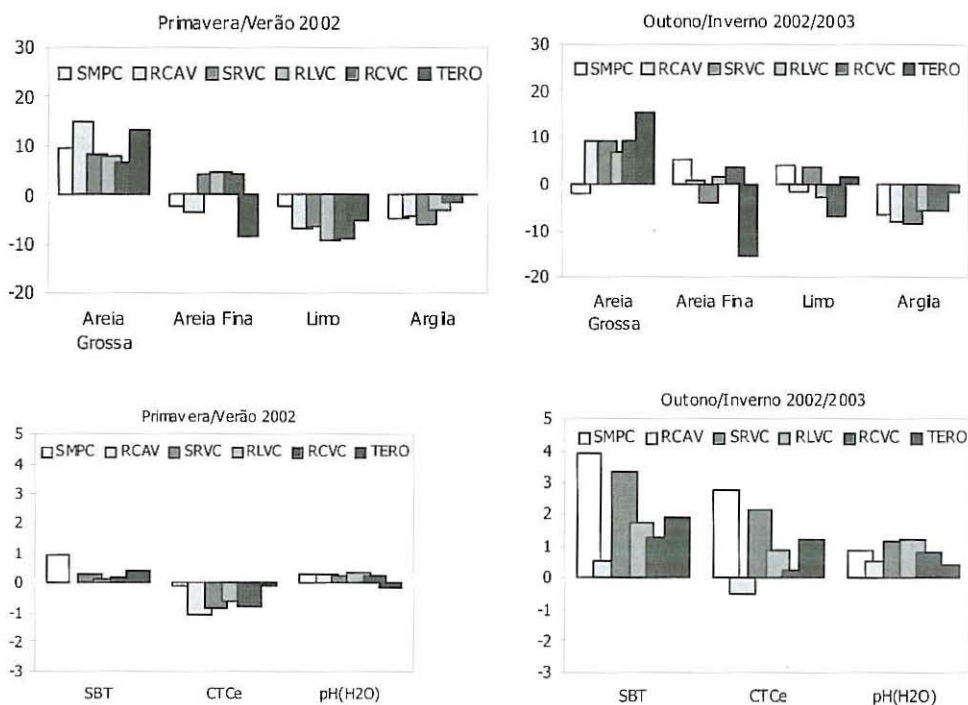


Figura 3.- Diferenças entre sedimento e solo original quanto a granulometria, soma de bases (SBT), capacidade de troca catiónica efectiva (CTCe) e reacção em dois períodos (ordenada dos gráficos: $Y = \text{Factor de enriquecimento} - 1 = \text{valor no sedimento} / \text{valor no solo} - 1$).

Agradecimentos.

Os autores agradecem ao Programa Agro, Medida 8, Acção 8.1 (Projecto AGRO nº 156), o suporte financeiro que permitiu a realização deste estudo.

Referências:

Agroconsultores & Coba. 1991. Carta dos Solos, Carta do Uso Actual da Terra e Carta de Aptidão da Terra do Nordeste de Portugal. UTAD/PDRITM, Vila Real.

Basic, F., Kisić, I., Butorac, A., Nestroy, O. & Mesic, M. 2001. Runoff and soil loss under different tillage methods on Stagnic Luvisols in central Croatia. *Soil & Till. Res.*, **62**: 145-151.

Bienes, R., Guerrero, J., Gómez, B., Nicolau, J. M. & Espigares, T. 1999. Influencia de la cubierta vegetal sobre la evolución del coeficiente de escorrentía en campos agrícolas. *XIV Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo*, 4 pp (CD-ROM). Pucon, Chile.

Ferreira, A. G. 1996. Utilização dos Recursos Naturais e Conservação do Solo. Universidade de Évora (não publicado).

INMG. 1991. Normais Climatológicas da Região de «Trás-os-Montes e Alto Douro» e «Beira Interior» Correspondentes a 1951-1980. Fascículo XLIX, Volume 3, 3ª Região, Lisboa.

Lucci, S. & Della Lena, S. 1994. Effect of different site preparation techniques on runoff and erosion in plantation forestry. In: R. J. Rickson (ed.) *Conserving Soil Resources*, pp. 379-386. CAB International, Wallingford, UK.

Olarieta, J. R., Rodriguez, R., Besga, G., Rodriguez, M., Virgel, S. & Domingo, M. 1997. Efecto de las labores mecanizadas de preparacion del terreno para plantaciones de pino radiata en algunas propiedades fisico-químicas del suelo. *I Congreso Forestal Hispano Luso – II Congreso Forestal Español*, Libro de Actas, Pamplona.