

ARTÍCULO CIENTÍFICO

MÉTODO FOTOGRÁFICO DE EVALUACIÓN DEL PORCENTAJE DE COBERTURA VEGETAL DEL SUELO: ESTUDIO DE MUESTREO ¹

J. R. Paniagua A. ²

J. Vasques Filho ³

L. A. C. Jorge ⁴

H. De Campos ⁵

ABSTRACT

At the Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", São Paulo University in Piracicaba (SP), Brazil, 36 representative plots of an area cultivated with corn were photographed, 14 times from 5 meters above the soil surface, during the crop cycle at intervals of 5 to 16 days. The pictures were transferred to a computer with a scanner, to calculate the vegetable cover percentage of the soil, according to the SIARCS 3.0. software. At each data collection interval, the mean, variance, standard deviation and the variation coefficient of vegetable cover of the soil was determined, aiming to establish the minimum number of pictures and consequently, the minimum percentage of total cultivated area to be sampled, in order to obtain a soil vegetable cover percentage. The objective was to verify the effect of area in the statistics parameters, these were determined with data obtained in 1/2, 1/4 and 1/8 of the total area, and the relation curve, between the total area and the percent of minimum area to be sampled, was obtained. With the average values, the evolution curve of vegetative covering percent in function of time was obtained, and the corresponding dates of the occurrence of the crops period, presented by Wischmeier & Smith (1978), was determined. The photographic method showed higher efficiency in more homogeneous covered areas, which allow the use of smaller sampling areas. The photographic method showed less efficiency in the early crop stages, when variability in terms of vegetable cover, determined the increase in sampling area, with utilization of more pictures, with consequent increasing costs and use of time.

Key words: Photographic method, Use and management factor, vegetative covering, Sampling.

RESUMEN

En la Escuela Superior de Agricultura «Luiz de Queiroz», de la Universidad de São Paulo en Piracicaba (SP), Brasil, 36 parcelas representativas de una parcela cultivada con maíz, fueron fotografiadas 14 veces desde una altura de 5 metros durante el ciclo del cultivo, en intervalos con duración de 5 a 16 días. Por medio de un scanner, las imágenes fotográficas fueron transferidas a un computador, a través del cual se realizó el cálculo del porcentaje de cobertura vegetal del suelo utilizando el programa SIARCS 3.0. En cada intervalo de colecta de datos, fue determinada la media, la varianza, el desvío estándar y el coeficiente de variación del porcentaje de cobertura vegetal del suelo con el fin de establecer el número mínimo de fotos, y, consecuentemente, el porcentaje mínimo del área total cultivada a ser muestreada, para la obtención de la media del porcentaje de cobertura vegetal. Con la finalidad de verificar el efecto del área sobre los parámetros estadísticos estos fueron determinados con datos obtenidos en la mitad, 1/4, y 1/8 del área total del experimento, obteniéndose la curva de la relación entre el área total y el porcentaje de área mínima a ser muestreada. También, fue obtenida, con los valores medios de cobertura vegetal, la curva de evolución del porcentaje de cobertura vegetal en función del tiempo, y fueron determinadas las fechas correspondientes a la ocurrencia de los periodos de los cultivos presentados por Wischmeier & Smith (1978). El método fotográfico tuvo su eficiencia aumentada en áreas con cobertura más homogénea que permiten la utilización de pequeñas áreas de muestreo. El método fotográfico mostró menor eficiencia en los primeros estados del cultivo, cuando la variabilidad en términos de porcentaje de cobertura determinó la necesidad de aumento del área muestreada y, por lo tanto, de la utilización de un número muy elevado de fotos, con las consecuentes elevaciones de costo y consumo de tiempo.

Palabras claves: Método fotográfico, Factor uso y manejo, Cobertura vegetal, Muestreo.

¹Parte de la Disertación del primer autor, presentada a la Escuela Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ)/ Universidad de Sao Paulo, Piracicaba (SP)

²Ing. Agr. M. Sc. Docente Investigador del Departamento de Suelos de la Facultad de Ciencias Agrarias - Universidad Nacional de Asunción. Casilla de Correo 1618. Asunción - Paraguay.

³Dr. Profesor del Departamento de Ciencias del Suelo, ESALQ-USP, Caixa Postal 9, CEP 13418-900, Piracicaba (SP) Brasil.

⁴Dr. Investigador Científico de la EMBRAPA/CNPq, Caixa Postal 741, CEP 13560-970 - Sao Carlos (SP) Brasil.

⁵Dr. Profesor del Departamento de Matemática y Estadística, ESALQ-USP, Caixa Postal 9, CEP 13418-900, Piracicaba (SP), Brasil.

INTRODUCCIÓN

Según ADAMS & ARKIN (1977) el índice de área foliar no puede ser utilizado como un índice exacto de la cobertura vegetal, una vez que ese parámetro incluye todas las hojas de la planta, muchas de las cuales no interceptan directamente la luz solar ni las gotas de lluvia, por lo que no son consideradas como integrantes de la cobertura vegetal en lo que concierne a la participación de las plantas en el proceso erosivo.

El porcentaje de la superficie de suelo, que está cubierta por residuos o plantas, puede ser estimada cualitativamente según juzgamiento arbitrario de un observador, siendo la subjetividad la mayor desventaja de este método. Idealmente, el porcentaje de cobertura vegetal debería ser determinado por medición directa del área cubierta en relación al área total de suelo (CORAK et al., 1993).

Varios métodos fueron utilizados para la determinación del porcentaje de cobertura vegetal del suelo, así se pueden citar: el método de la regla métrica (ADAMS & ARKIN, 1977; HARTWIG & LAFLEN, 1978); el método del caballete con visores (ELWELL & GARDNER, 1976); el método de la cuerda con marcas (SLONEKER & MOLDENHAUER, 1977; LAFLEN et al., 1981); el método de la intercepción de la luz (ADAMS & ARKIN, 1977); el método del ancho del dosel vegetativo (ARRUDA, 1984); y los métodos iconográficos (WINBUSH et al., 1967; ELWELL & GARDNER, 1976; SLONEKER & MOLDENHAUER, 1977; MEYER et al., 1988; MORRISON et al., 1989; JORGE et al., 1993; y JONG VAN LIER et al., 1993).

El estudio de muestreo y de la eficiencia de los diversos métodos fue realizado por ELWELL & GARDNER (1976), ELWELL & WENDELAAR (1977), WILLIAMS (1979), ARRUDA (1984), LOWERY et al. (1984), SALLAWAY et al. (1988), MORRISON et al. (1989) y JONG VAN LIER et al. (1993).

Con los datos obtenidos del muestreo en varios estados de desarrollo de los cultivos fueron encontradas curvas de crecimiento de la cobertura vegetal como reportado por MANNERING & JOHNSON (1969), ELWELL & WENDELAAR (1977) y ARRUDA (1984).

WISCHMEIER & SMITH (1978) definieron varios periodos de eficacia en el control de la erosión en función de la cobertura vegetal. DE MARIA (1995) presentó los periodos para el cultivo del maíz basados en las defini-

ciones arriba citadas.

El presente trabajo tuvo por objetivos determinar el número mínimo de fotografías, o el porcentaje del área total cultivada a ser muestreada, para estimar el porcentaje medio de cobertura vegetal en un área cultivada con maíz (*Zea mays* L.); y de contribuir para la definición, para esa especie, de la curva de evolución del porcentaje medio de cobertura vegetal en función del tiempo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Fue realizado un experimento de campo, con maíz cultivado en el sistema convencional, en una parcela de 5.460 m², en la Escuela Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", de la Universidad de São Paulo en Piracicaba (SP), Brasil. El local del experimento se caracteriza por presentar suelo clasificado como Terra Roxa Estructurada Latossólica eutrófica (Kandiudalfic Eutradox) (VIDAL-TORRADO et al.⁶, 1993).

El híbrido triple de maíz de ciclo normal, XL-380, de la BRASKALB, fue cultivado según las recomendaciones técnicas convencionales e irrigado, a una densidad de 55.000 plantas por hectárea.

Del área total de la parcela fueron sorteadas y marcadas 36 cuadrículas, por muestreo simple al azar sin reposición, y fueron fotografiadas 14 veces durante el ciclo del cultivo, en Intervalos de Colecta de Datos (ICD) con duración de 5 a 16 días. El primer dimensionamiento de la muestra correspondió a 9,8% del área total del experimento, muy próximo de los 10% del área total recomendada por CAMPOS⁷ (1996).

Fue seleccionada la parte central de las fotografías (cuadrículas de 0,03x0,03 metros), de acuerdo a lo recomendado por WILLIAMS (1979) y para el análisis de las fotos fue utilizado el programa SIARCS 3.0 (Sistema Integrado para Análisis de Raíces y Cobertura del Suelo) (JORGE et al., 1993).

⁶ VIDAL-TORRADO, P.; SPAROVEK, G.; COOPER, J.; OLIVEIRA, M.C. Mapa pedológico detalhado do Campus "Luiz de Queiroz". Escuela Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. 1993. No publicado.

⁷ CAMPOS, H. De. (Escuela Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" / USP, Piracicaba, (SP) Comunicación personal, 1996.

Fue realizado el análisis estadístico de los datos obtenidos, el cual consistió en el cálculo de la media, el desvío estándar, y el coeficiente de variación, para establecer el número mínimo de fotos (redimensionamiento de la muestra, y, consecuentemente, el porcentaje mínimo del área total cultivada a ser muestreada, para la obtención del porcentaje medio de cobertura vegetal, según lo recomendado por GOMES (1986).

Con el fin de verificar el efecto del área sobre los parámetros estadísticos, estos fueron determinados con datos obtenidos en la mitad, 1/4 y 1/8 del área total del experimento, obteniéndose la curva de la relación entre el área total y el área mínima a ser muestreada.

Fue obtenida, con los valores medios de la cobertura vegetal, la curva de evolución del porcentaje de cobertura vegetal en función del tiempo. Mediante la utilización de la curva ajustada a los valores medios de cobertura vegetal, fueron determinadas las fechas correspondientes a la ocurrencia de los periodos del cultivo presentados por WISCHMEIER & SMITH (1978).

RESULTADOS Y DISCUSIONES

La media de la cobertura vegetal del maíz varió, en el periodo del 1 de noviembre de 1995 al 13 de marzo de 1996, asumiendo los valores presentados en el Cuadro 1, con tasa media de incremento de 0,14; 0,45; 1,52; 2,79; 2,85; 0,84; 0,05; 0,2; y tasa media de reducción de -0,44; -0,32; -0,61; -0,02; -0,58 y -1,32 por ciento, por día. Se observa que la media aumentó hasta el 76° día después de la siembra, decreciendo a partir de ahí hasta alcanzar valores próximos de 50%, de acuerdo con los estados de crecimiento, para el cultivo de maíz, presentados por FANCELLI (1990).

Los valores observados de las tasas caracterizan la existencia de tres fases de evolución de la cobertura vegetal: La primera, de aumento rápido y creciente, que va hasta el 5° ICD; la segunda, de aumento lento y decreciente, que va del 5° al 8° ICD; y la tercera, de disminución, del 8° ICD al 14° ICD. La evolución de la tasa de crecimiento del porcentaje de cobertura vegetal tiene su explicación en las transformaciones morfológicas ocurridas en las plantas de acuerdo a los estados descriptos por FANCELLI (1990), de modo que la reducción de la cobertura vegetal como función de la senescencia de las plantas confirma lo expuesto por ARRUDA (1984).

La observación de los valores del coeficiente de variación, del número de muestras y del porcentaje del área

necesaria para estimar la media muestran también la existencia de tres fases en la evolución de la cobertura vegetal.

No habiendo simultaneidad en el desarrollo de las plantas (algunas germinan antes, y hay inicialmente mayor sensibilidad a las condiciones próximas a la planta) la variación de los parámetros estadísticos muestra que la cobertura vegetal es más heterogénea en los estados que corresponden a una fase de desarrollo vegetativo más intenso, con mayores diferencias individuales en el área foliar, y plantas todavía relativamente distanciadas. Esa heterogeneidad inicial es más pronunciada en la primera subfase de la primera fase, del 1° al 3° ICD's, de acuerdo a lo expuesto por ARRUDA (1984), disminuyendo un poco en la segunda subfase cuando alguna superposición de hojas compensa las diferencias individuales. Seguidamente, entrando en la fase reproductiva del cultivo, algunas plantas tienen la tasa de crecimiento disminuida y van siendo alcanzadas por otras con tasa de crecimiento todavía elevada, aunque haya aumento de la cobertura vegetal, ese aumento es lento y decreciente y la cobertura se va tornando más homogénea, cuando van disminuyendo las alteraciones en las hojas y la superposición de hojas es mayor, lo que ocurre hasta el 8° ICD. Finalmente, en el 9° ICD, correspondiendo aproximadamente al Estado 6, coincidente con la aparición de granos lechosos (Fancelli, 1990), las plantas con desarrollo más adelantado inician antes, la pérdida de hojas, en la fase de formación y maduración de los granos, y nuevamente aumenta la heterogeneidad de la cobertura vegetal.

Esa heterogeneidad inicial no puede ser explicada de acuerdo con ELWELL & GARDNER (1976) una vez que en los estados posteriores haya ocurrido la tendencia a la homogeneización, siendo por lo tanto esa heterogeneidad, de acuerdo con FANCELLI (1990), consecuencia de la presencia de diferencias localizadas en las condiciones de suelo (alta rugosidad) en el momento de la siembra mecanizada, asociadas a diferencias en la profundidad de siembra. Los parámetros estudiados disminuyeron en la medida que la cobertura vegetal aumentó, de acuerdo con MORRISON et al. (1989).

En promedio fueron necesarias 30 fotografías, lo que equivale a 8,2% del área total, para estimar la media de la muestra para un área de 5.460 m². Este dato es semejante al encontrado por ELWELL & GARDNER (1976) para las dos alturas estudiadas con una precisión de $\pm 5\%$ de la media.

Cuadro 1. Valores de la media de cobertura vegetal (%), desvío estándar, varianza, coeficiente de variación %, dimensionamiento de la muestra, porcentaje del área a ser muestreada del área total. Escalar, Piracicaba, 1995/96.

DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA														
	10	18	28	38	43	59	68	76	84	91	98	103	120	128
Media	1,40	5,00	20,20	48,08	62,33	75,79	76,24	77,84	74,36	72,13	67,88	67,77	57,94	47,36
Des. Std.	0,68	2,82	9,86	12,20	11,22	8,47	9,52	7,53	11,28	11,82	13,14	13,71	14,28	15,40
Variancia	0,47	7,93	97,23	148,85	125,9	71,67	90,69	56,7	127,2	139,74	172,7	188,07	203,87	237,27
C.V.	48,78	56,27	48,81	25,37	18,00	11,17	12,49	9,67	15,17	16,39	19,36	20,23	24,64	32,52
Muestra	76	94	76	25	13	5	7	4	9	11	15	16	23	38
% área	20,88	25,82	20,88	6,87	3,57	1,37	1,92	1,10	2,47	3,02	4,12	4,40	6,32	10,44

En los Cuadros 2, 3 y 4 son presentados los resultados medios obtenidos cuando el área total del experimento fue dividido en dos sub-áreas de 2730 m², en cuatro de 1365 m² y en ocho de 682,5 m², respectivamente. En todos los casos es visible la necesidad de mayor número de muestras en los primeros estados del cultivo debido a la alta variación de los datos indicados por el coeficiente de variación elevado de acuerdo con ELWELL & GARDNER (1976).

El número de fotografías necesario para estimar la media disminuyó en la medida que disminuyó el área total a ser muestreada de acuerdo a lo expuesto por CURRAM & WILLIAMSON⁸ citados por PIERSON et al. (1988). Esto es verdadero considerando solo los valores medios del área total (Cuadro 1), la mitad del área (Cuadro 2) y la octava parte del área (Cuadro 4). Los datos del Cuadro 3 presentan, a partir del cuarto ICD, inclusive, valores más elevados que los del Cuadro 2 hasta el último ICD, y que los del Cuadro 1 hasta el 12° ICD lo que hace inviable su inclusión en la afirmación arriba realizada.

Sin embargo, el porcentaje de área a ser muestreada aumentó en la medida que disminuyó el área total de la

parcela, lo que es verificado en el Cuadro 5. La relación entre el área total de la parcela y el porcentaje de área a ser muestreada es significativa, y es bien ajustada por una curva exponencial con coeficiente de determinación de 0,95 como se verifica en la Figura 1.

En la Figura 2 son presentadas la curva de evolución de la cobertura vegetal en el tiempo y su respectiva ecuación, desde el primer ICD, hasta los 76 días después de la siembra, cuando la cobertura vegetal es máxima, y el intervalo de la relación es más que suficiente, según WISCHMEIER & SMITH (1978), para permitir la obtención de los datos necesarios para el cálculo del factor C de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo. Curvas de crecimiento de la cobertura vegetal, de formato semejante, fueron encontradas por MANERING & JOHNSON (1969), ELWELL & WENDELAAR (1977) y ARRUDA (1984), mismo cuando los valores máximo y finales fueron ligeramente mayores.

Con la ecuación de la Figura 2 fue posible calcular los valores de cobertura vegetal para cada uno de los periodos citados por WISCHMEIER & SMITH (1978), a seguir: Periodo F: desde el 1° hasta el 6 de noviembre de 1995; Periodo SB: del 6 al 29 de noviembre de 1995 o 23 días después de la siembra; Periodo 1: del 29 de noviembre al 15 de diciembre de 1995 o 39 días después de la siembra; Periodo 2: del 15 de diciembre de 1995 al 2 de enero de 1996 o 57 días después de la siembra; Periodo

⁸ CURRAM, P. J.; WILLIAMSON, H. D.. The accuracy of ground data used in remote sensing investigations. *International Journal remote Sensing*, v. 6, f. 10, 1637-51, 1985.

Cuadro 2. Valores de la media de cobertura vegetal (%), desvío estándar, varianza, coeficiente de variación, dimensionamiento de la muestra, porcentaje del área a ser muestreada cuando el área total fue dividida en dos sub-áreas.

DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA														
	10	18	28	38	43	59	68	76	84	91	98	103	120	128
Media	1,41	5,07	20,25	47,95	62,25	75,7	75,85	78,1	74,51	72,47	68,27	68,32	58,42	47,63
Des. Std.	0,7	2,85	10,06	12,39	11,47	8,61	8,595	7,46	11,34	11,57	12,28	12,75	13,51	15,03
Muestra	64	75	64	25	13	6	6	4	10	10	14	14	21	34
% área	35,2	40,9	35,16	13,46	7,143	3,02	3,022	2,2	5,22	5,495	7,418	7,692	11,26	18,68
C.V.	49,4	55,8	49,51	25,97	18,44	11,4	11,25	9,56	15,23	16	18,23	18,9	23,46	31,86

Cuadro 3. Valores de la media de cobertura vegetal (%), desvío estándar, varianza, coeficiente de variación, dimensionamiento de la muestra, porcentaje del área a ser muestreada cuando el área total fue dividida en cuatro sub-áreas.

DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA														
	10	18	28	38	43	59	68	76	84	91	98	103	120	128
Media	1,44	4,95	19,90	47,58	61,83	75,92	76,05	78,09	74,43	72,52	68,52	68,88	57,21	47,19
Des. Std.	0,69	2,79	9,44	12,43	11,72	8,28	9,09	8,10	11,42	11,84	12,80	12,93	12,36	14,89
Muestra	40	48	47	30	22	8	12	10	16	18	20	21	22	37
% área	43,91	52,84	52,38	32,98	24,21	8,68	13,45	11,70	17,79	19,96	22,21	23,26	24,72	40,87
C.V.	49,11	57,38	46,75	26,36	19,09	11,00	11,84	10,40	15,49	16,37	18,92	19,03	22,37	32,57

Cuadro 4. Valores de la media de cobertura vegetal (%), desvío estándar, variancia, coeficiente de variación, dimensionamiento de la muestra, porcentaje del área a ser muestreada cuando el área total fue dividida en ocho sub-áreas.

DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA														
	10	18	28	38	43	59	68	76	84	91	98	103	120	128
Media	1,44	5,01	19,90	47,58	61,86	76,11	76,05	78,56	74,43	72,52	68,52	68,88	57,21	47,19
Des. Std.	0,73	2,61	9,27	9,68	11,84	7,44	8,49	6,88	10,93	10,96	12,54	12,69	12,04	14,77
Muestra	31	31	29	12	11	4	5	4	8	8	11	11	13	21
% área	68,24	69,47	64,09	27,52	25,15	9,29	10,89	8,73	18,32	18,59	24,35	23,85	28,55	46,29
C.V.	51,53	56,05	46,00	20,03	19,11	9,90	11,04	8,90	14,99	15,39	18,66	18,61	21,88	32,67

Cuadro 5. Valores del área mínima (%) a ser muestreada en función del tamaño del área (m²) y del tiempo.

ÁREA (m ²)	DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA													
	10	18	28	38	43	59	68	76	84	91	98	103	120	128
682,5	68,24	69,47	64,09	27,52	25,15	9,29	10,89	8,73	18,32	18,59	24,35	23,85	28,55	46,29
1365	43,91	52,84	52,38	32,98	24,21	8,68	13,45	11,70	17,79	19,96	22,21	23,26	24,72	40,87
2730	35,16	40,93	35,16	13,46	7,14	3,02	3,02	2,20	5,22	5,49	7,42	7,69	11,26	18,68
5460	20,88	25,82	20,88	6,87	3,57	1,37	1,92	1,10	2,47	3,02	4,12	4,40	6,32	10,44

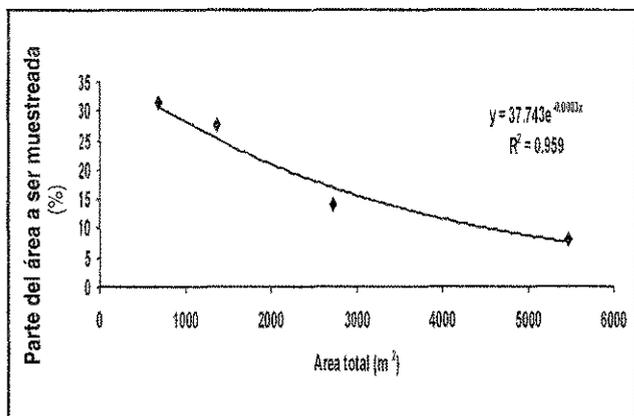


Figura 1. Relación entre el área total y el porcentaje de área mínima a ser muestreada.

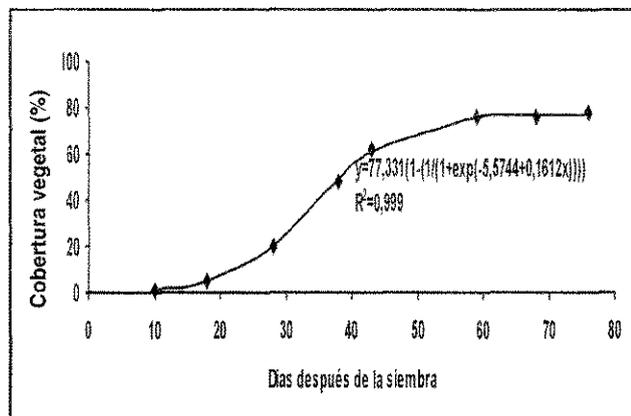


Figura 2. Evolución del porcentaje de cobertura del suelo por el maíz (%) en función del tiempo.

3: del 2 de enero al 29 de marzo de 1996 o 139 días después de la siembra; Período 4: del 29 de marzo al 12 de abril de 1996 o 153 días después de la siembra del maíz.

Estos periodos difieren mucho de los encontrados por DE MARIA (1995), debido a las diferencias de carácter genético entre los cultivares, la metodología y el local utilizados en ambos estudios.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en las condiciones del presente experimento permiten concluir que:

1. El método fotográfico tuvo su eficiencia aumentada en áreas con cobertura más homogénea que permiten la utilización de pequeñas áreas de muestreo.
2. El método fotográfico mostró menor eficiencia en los primeros estados del cultivo, cuando la variabilidad en términos de porcentaje de cobertura determinó la necesidad de aumento del área muestreada y, por lo tanto, de la utilización de un número muy elevado de fotos, con las consecuentes elevaciones de costo y consumo de tiempo.

LITERATURA CITADA

- ADAMS, J. E.; ARKIN, G. R. 1977. A light interception method for measuring row crop ground cover. *Soil Science Society of America Journal* 41 (4): 789-792.
- ARRUDA, F. V. 1984. Determinação da cobertura do solo durante o ciclo das culturas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 8 (1): 145-150.
- CORAK, S. J.; KASPAR, T. C.; MEEK, D. W. 1993. Evaluating method for measuring residue cover. *Journal of Soil and Water Conservation* 48 (1): 70-74.
- DE MARIA, I. C. 1995. Razão de perdas de solo para alguns sistemas de manejo da cultura de milho. Piracicaba. 93 p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- ELWELL H. A.; WENDELAAR, F. E. 1977. To initiate a vegetal cover data bank for soil loss estimation. Harare: Department of Conservation and Extension, Institute of Agricultural Engineering. 42 p. (Research Bulletin, 23).
- ELWELL, H. A.; GARDNER S. 1976. Comparison of two techniques for measuring percent crop canopy cover of row crops in erosion research programmes. Harare: Department of Conservation and Extension, Institute of Agricultural Engineering. 20 p. (Research Bulletin, 19).
- FANCELLI, A. L. 1990. Tecnologia da produção. In: FANCELLI, A. L.; LIMA, U. A. Milho: produção, pré-processamento e transformação agroindustrial. Piracicaba: FEALQ, pt. A, p. 1-68. (Série Extensão Agroindustrial, 5).
- GOMES, F.P. 1986. Curso de amostragem no campo florestal. Piracicaba: ESALQ. 51 p.
- HARTWIG, R. O.; LAFLEN J. M. 1978. A meterstick method for measuring crop residue cover. *Journal of Soil and Water Conservation* 33 (2): 90-91.
- JONG VAN LIER, Q. de; SPAROVEK, G.; VASQUES FILHO, J. 1993. Análise de imagens utilizando um «scanner» manual: aplicações em agronomia. *Revista Brasileira de Ciência de Solo* 17 (3): 479-482.
- JORGE, L. A. C.; DE MARIA, I. C.; LOMBARDI NETTO, F.; CRESTANA, S. 1993. Avaliação da cobertura do solo por culturas através de processamento de imagens. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24, Goiânia, 1993. Goiânia, SBCS. p. 3, 139-140.
- LAFLEN, J. M.; AMEMIYA, M.; HINTZ, E. A. 1981. Measuring crop residue cover. *Journal of Soil and Water Conservation* 36 (6): 341-343.
- LOWERY, B.; LILLESAND, T. M.; MUELLER, D. H.; WEILER, P.; SCARPACE, F. L.; DANIEL, T. C. 1984. Determination of crop residue cover using scanning microdensitometry. *Journal of Soil and Water Conservation* 39 (6): 402-403.
- MANNERING, J. V.; JOHNSON, C. B. 1969. Effect of crop row spacing on erosion and infiltration. *Agronomy Journal* 61 (6): 902-905.
- MEYER, G. E.; STEPANEK, A.; SHELTON, D. P.; DICKEY, E. C. 1988. Electronic image analysis of crop residue cover on soil. *Transactions of the ASAE* 31 (3): 968-973.
- MORRISON, J. E.; CHICHESTER, F. W.; ESCOBAR, D.

-
- E. 1989. Measurement of residue cover with dot screens. *Journal of Soil and Water Conservation* 44 (5): 542-544.
- PIERSON, B. J.; LEWIS, C. E.; BIRKLID, C. A.. 1988. Observer differences in determining crop residue cover in the Alaskan subartic. *Journal of Soil and Water Conservation* 88 (6): 493-495.
- SALLAWAY, M. M.; LAWSON, D.; YULE, D. F. 1988. Ground cover during fallow from wheat, sorghum and sunflower stubble under three tillage practices in Central Queensland. *Soil & Tillage Research* 12 (4): 347-364.
- SLONEKER, L. L.; MOLDENHAUER, W. C. 1977. Measuring the amounts of crop residue remaining after tillage. *Journal of Soil and Water Conservation* 32 (5): 231-236.
- WILLIAMS, T. H. L. 1979. An error analysis of the photographic technique for measuring percent vegetative cover. *Soil Science Society of America Journal* 43 (3): 578-582.
- WIMBUSH, D. J.; BARROW, M. D.; COSTIN, A. B. 1967. Color stereophotography for the measurement of vegetation. *Ecology* 48 (1): 150-152.
- WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. 1978. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. Washington: USDA. 58 p. (Agricultural Handbook, 537).