

Avaliação do Desenvolvimento do Trigo Utilizando Medidas Radiométricas em Função de Graus-Dia

EMÍLIA HAMADA¹
HILTON SILVEIRA PINTO²

¹UNICAMP - Faculdade de Engenharia Agrícola
Caixa Postal 6011 - 13083-970 - Campinas - SP, Brasil
emilia@agr.unicamp.br

²UNICAMP - Centro de Ensino e Pesquisa em Agricultura
Campinas - SP, Brasil
hilton@cpa.unicamp.br

Abstract. The spectral reflectance of wheat canopy was evaluated relating to its growth stage. The spectral behavior was obtained from field radiometry. The spectral variables included the bands TM3, TM4 of Landsat, and NDVI. The biophysical variables, dry biomass and leaf area index (IAF), were correlated to the spectral variables.

Keywords: reflectance, wheat, growing degree-days.

1 Introdução

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é considerado um alimento básico da população brasileira. O país é tradicionalmente um país importador de trigo em grão. A produção brasileira ocupa o segundo lugar na América do Sul, após a Argentina, com 2,5 milhões de toneladas, equivalente a aproximadamente 13% do total sul-americano, segundo dados da FAO, média dos anos de 1994 a 1999.

Uma premissa básica nos estudos de sensoriamento remoto é de que as diversas coberturas de interesse podem ser separadas, fundamentadas em suas características espectrais, permitindo, desta forma, a utilização de dados obtidos de sistemas de varredura multiespectral com a finalidade de identificar e mapear as coberturas da superfície da Terra (Hoffer, 1978). O conhecimento da medida da reflectância espectral de qualquer superfície em seu entorno natural é fundamental como base quantitativa em estudos de modelos de refletividade, que relacionam atributos biofísicos e características espectrais.

Leamer et al. (1980) estudaram as mudanças sazonais na reflectância de cultivares de trigo e as relacionaram com o seu desenvolvimento fenológico. Nos comprimentos de onda do infravermelho próximo as reflectâncias foram indicativas do estágio fisiológico do crescimento da planta e da quantidade de material verde da planta.

Baret et al. (1987) observaram que antes do estágio de espigamento, a evolução da reflectância do trigo foi influenciada pela fração de área de solo exposto; e após o espigamento e no início da senescência o espectro de reflectância do dossel foi afetado pelo aumento do número de folhas que amareleceram. Durante a senescência, a reflectância do dossel aumentou no espectro do visível e decresceu no infravermelho próximo.

O conceito de graus-dia é definido como o acúmulo diário da energia que se situa acima da condição mínima e abaixo da máxima exigida pela planta (Ometto, 1981). A condição mínima

ou máxima é definida como temperatura-base e a energia acumulada nesse intervalo de condição (graus-dia ou soma térmica) é a energia necessária para a planta completar determinada fase fenológica ou mesmo o seu ciclo total de desenvolvimento.

Camargo et al. (1987) observaram que o método dos graus-dia admite uma relação linear entre acréscimo de temperatura e desenvolvimento vegetal e que cada espécie vegetal ou variedade possui como característico uma temperatura base, que pode variar em função da idade ou da fase fenológica da planta, sendo comum, no entanto, adotar uma única temperatura base para todo o ciclo da planta.

Vários autores têm utilizado desse método a fim de estimar a duração das fases fenológicas de diversas culturas no Brasil. Para o trigo, no entanto, poucos são ainda os estudos, mas bem oportunos como subsídios aos trabalhos de zoneamento agrícola do trigo.

O presente estudo teve como objetivo avaliar o desenvolvimento agrônomico do trigo e relacioná-lo ao comportamento espectral do dossel de trigo ao longo de seu ciclo de crescimento em função dos graus-dia acumulados nas diferentes fases fenológicas do trigo.

2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido durante a estação de crescimento de 1995, nos meses de abril a agosto, em uma propriedade agrícola comercial associada à Cooperativa Agro-Industrial Holambra, no município de Paranapanema, SP. A área de estudo localizava-se nas coordenadas geográficas 23°30'24"S e 48°55'13"O, dotada de sistema de irrigação por aspersão, tipo pivô central, com área de abrangência de 117ha e sistema de cultivo por plantio direto. O cultivar de trigo plantado foi o Tucuruí (IAC-24), adotado em 80% das terras destinadas ao plantio do trigo na região.

O plantio foi realizado em 15 de abril de 1995, utilizando-se densidade de 70 sementes por metro linear e espaçamento entre linhas de 0,20m. A colheita foi iniciada em 29 de agosto, completando o ciclo de desenvolvimento de 135 dias. Foram realizadas sete campanhas de coleta dos dados, ao longo do ciclo de desenvolvimento da cultura.

As medidas de massa seca da parte aérea, composta de folhas verdes, haste e espigas, e área foliar foram tomadas ao longo do crescimento da cultura em cinco pontos amostrais da área de estudo, definidos por parcelas. Cada parcela possuía dimensões de 1,0 X 1,0m, contendo cinco linhas de plantas. Na caracterização agrônômica da cultura foram coletadas as plantas das três linhas centrais de cada parcela. Os estádios de crescimento do trigo foram definidos segundo a escala de desenvolvimento de Feekes (Large, 1954), divididos nas fases de perfilhamento, alongamento, espigamento e maturação. Uma fase foi acrescentada a elas, contemplando o período de semeadura à emergência, perfazendo um total de cinco fases.

O Índice de Área Foliar (IAF), definido como área foliar da planta por unidade de área do terreno, ocupado por ela (Watson, 1952), foi calculado considerando o espaçamento médio de cada planta.

Os dados de temperatura foram obtidos em abrigo meteorológico, localizado próximo à área de estudo. Os graus dia de crescimento (GD) foram obtidos através da equação:

$$GD = \sum_{i=1}^n (\bar{T}_i - T_B)$$

onde: \bar{T}_i é a temperatura média diária (°C) e T_B é a temperatura base (°C) e n é o número de dias do período considerado.

Foram calculados os graus-dia acumulados acima da temperatura base de 5°C, subdividindo-os nas fases fenológicas da cultura. Segundo Mota (1989), 5°C é a temperatura mínima de crescimento do trigo.

A radiometria de campo foi realizada ao longo do crescimento da cultura ao redor dos cinco pontos amostrais da área de estudo. As medidas espectrais foram obtidas utilizando um espectroradiômetro modelo LI-1800, marca Licor, com medidas de radiação eletromagnética na faixa espectral de 400 a 1.100nm, em intervalos de 2nm e placa de referência pintada com sulfato de bário (BaSO₄). As medidas de reflectância foram expressas como um fator de reflectância, utilizando o método de medidas seqüenciais, com um único receptor de radiação. Foi utilizado o índice espectral NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), definido a partir dos valores médios de reflectância calculados para as bandas espectrais TM3 e TM4 do Landsat-5.

3 Resultados e Discussão

Os dados biofísicos foram coletados e associados ao estágio de desenvolvimento do trigo e graus-dia acumulados, conforme apresentado na **Tabela 1**. Considerando-se a temperatura base de 5°C, foram necessários 1.857,50 graus-dia para todo o ciclo da cultura. Considerando-se as fases fenológicas, foram necessários 290,50 graus-dia entre a semeadura e emergência, 324,00 graus-dia no estágio de perfilhamento, 293,75 graus-dia no alongamento, 292,75 graus-dia no espigamento e 666,50 graus-dia na maturação.

TABELA 1 - A data, dias após o plantio (DAP), graus-dia acumulados e o correspondente estágio fenológico da cultura

Data	DAP	Graus-dia	Estádio fenológico (escala de Feekes)
23 maio	38	543,00	Estádio 5 - Perfilhamento.
31 maio	46	625,50	Estádio 6 - Início de alongamento.
22 junho	68	875,50	Estádio 10 - Alongamento. Emborrachamento.
28 junho	74	941,25	Estádio 10.2 - Início de espigamento.
26 julho	102	1.340,00	Estádio 11.2 - Início de maturação.
14 agosto	121	1.624,50	Estádio 11.3 - Maturação média.
28 agosto	135	1.857,50	Estádio 11.4 - Maturação de colheita

As **Figuras 1** e **2** mostram o comportamento da massa seca da parte aérea da planta e o índice de área foliar (IAF) em função dos graus-dia acumulados. A acumulação da matéria seca da planta por área foi crescente desde o início do período experimental até o máximo observado na fase de maturação fisiológica, estando de acordo com Aase (1978) e Fontoura et al. (1988). O IAF apresentou um crescimento desde o início do período experimental até o máximo, observado em meados da metade do ciclo de desenvolvimento e, depois, decréscimo até a maturação final. Esse comportamento está de acordo com o observado por Aase (1978) e Formaggio (1989).

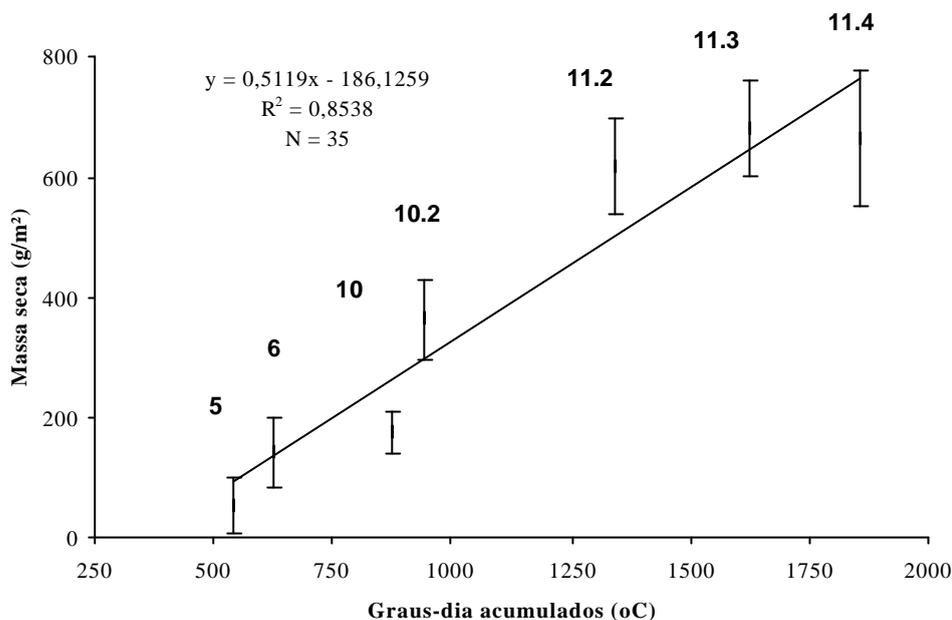


FIGURA 1 – Massa seca do trigo IAC-24, em função dos graus-dia acumulados. As barras verticais representam $\pm 1DP$ (Desvio Padrão) em relação à média. Números na figura indicam o estágio de desenvolvimento.

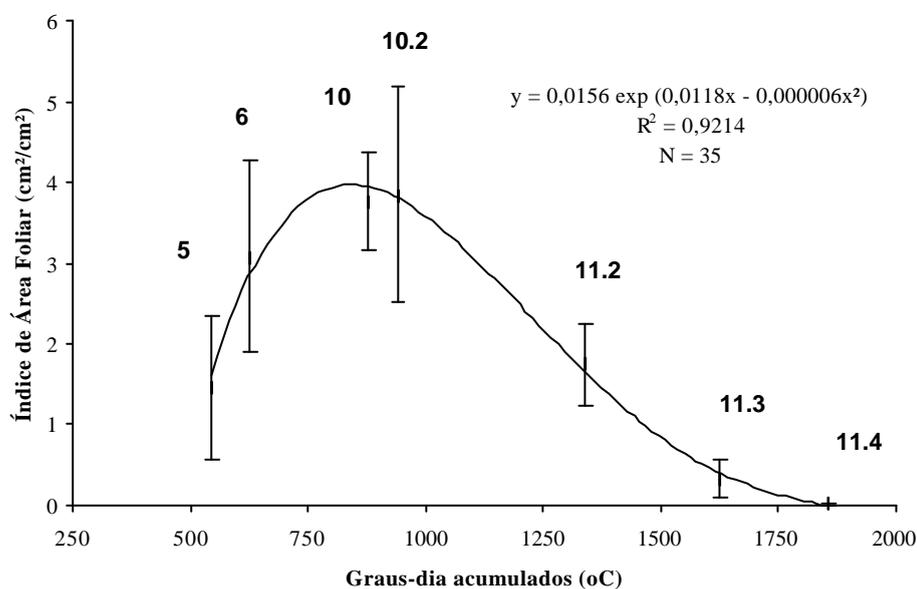


FIGURA 2 – Índice de área foliar do trigo IAC-24, em função dos graus-dia acumulados. As barras verticais representam $\pm 1DP$ (Desvio Padrão) em relação à média. Números na figura indicam o estágio de desenvolvimento.

Os fatores de reflectância nas bandas espectrais do Landsat-5 foram calculados a partir dos valores médios de fator de reflectância obtidos integrando os espectros contínuos nos

comprimentos de onda do vermelho (TM3) e do infravermelho próximo (TM4) e são apresentados na **Figura 3**. O fator de reflectância média na banda TM4 aumentou a partir do perfilhamento (estádio 5) até o início do espigamento (10.2), quando atingiu o valor máximo, decaindo, posteriormente, até o mínimo ocorrido no estágio de maturação de colheita (11.4). O comportamento do fator de reflectância na banda TM3 foi o inverso do observado para a banda TM4, com o valor mínimo ocorrido no estágio de início do espigamento (10.2) e máximo no ponto de colheita (11.4), comprovando que a vegetação é mais sensível no comprimento de onda do infravermelho próximo, comparado ao visível.

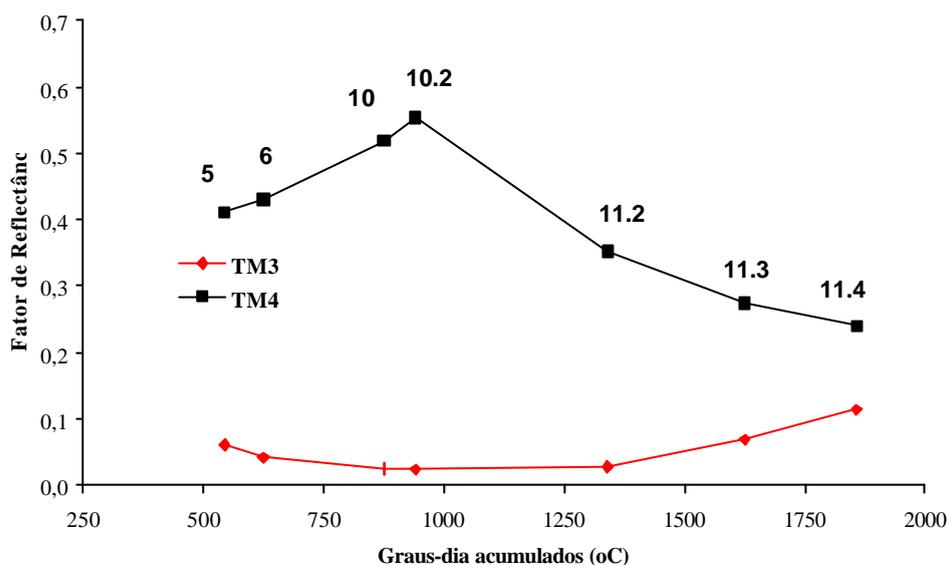


FIGURA 3 – Fator de reflectância nas bandas TM3 e TM4 do trigo IAC-24, em função dos graus-dia acumulados. Números na figura indicam o estágio de desenvolvimento.

Além das bandas espectrais individuais, foi calculado o índice de vegetação NDVI e seus resultados estão apresentados na **Figura 4**. O valor máximo ocorreu no estágio de início do espigamento (10.2) e mínimo na maturação de colheita (11.4), como observado na banda TM4.

Na **Tabela 2** são apresentados os coeficientes de correlação simples entre os dados das variáveis biofísicas e espectrais, obtidos ao longo do desenvolvimento da cultura. A variável IAF foi correlacionada significativamente com as variáveis espectrais estudadas, porém não sendo observada correlação significativa para a variável massa seca.

TABELA 2 - Coeficientes de correlação linear simples (r) entre variáveis biofísicas e espectrais do trigo nas datas de campanha

	TM3	TM4	NDVI
MASSA SECA	0,43	-0,70	-0,56
IAF	-0,84*	0,96**	0,88**

(*) Nível de significância de 5% (**) Nível de significância de 1%

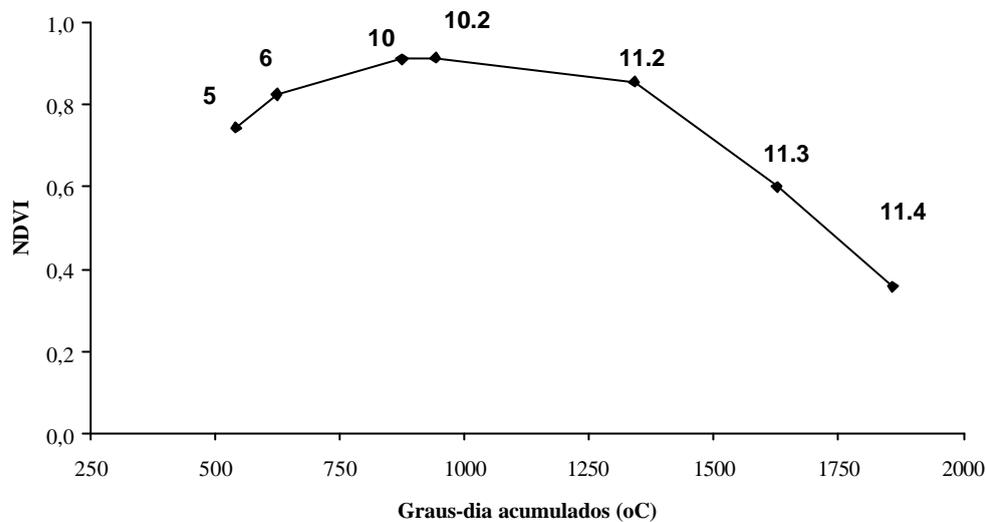


FIGURA 4 –NDVI do trigo IAC-24, em função dos graus-dia acumulados. Números na figura indicam o estágio de desenvolvimento.

4 Conclusões

Considerando-se a temperatura base de 5°C foram necessários 1.857,50 graus-dia para o ciclo completo do trigo, da semeadura à maturação de colheita.

Nos estádios intermediários de crescimento do trigo foi observada baixa reflectância na faixa de comprimento de onda do visível e elevado crescimento da reflectância na região do infravermelho próximo.

A reflectância medida na faixa do infravermelho próximo apresentou tendência crescente à medida que a porção verde das plantas aumentava, com o desenvolvimento da cultura. A máxima reflectância na porção do infravermelho próximo foi observada no início do processo de espigamento. Posteriormente, os valores de fator de reflectância decresceram com o avanço no processo de formação das espigas, florescimento e maturação da cultura. Durante a senescência, o fator de reflectância do dossel aumentou no visível e decresceu no infravermelho próximo, provocado pelo amarelecimento da planta.

A variável IAF foi correlacionada de forma significativa com as variáveis espectrais de bandas individuais TM3 e TM4 e com o índice de vegetação NDVI, o mesmo não sendo observado para a massa seca da planta.

Referências

- Aase, J. K. Relationship between leaf area and dry matter in winter wheat. **Agron. J.**, v. 70, p. 563-565, 1978.
- Baret, F.; Champion, I.; Guyot, G. et al. Monitoring wheat canopies with a high spectral resolution radiometer. **Remote Sens. Environ.**, v. 22, p. 367-378, 1987.
- Camargo, M. B. P. de, Brunini, O., Miranda, M. A. C. Temperatura-base para cálculo dos graus-dia para cultivares de soja em São Paulo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 2, p. 115-121, 1987.

- Fontoura, J. U. G.; Fabrício, A. C.; Haag, H. P. **Matéria seca, absorção e exportação de macro e micronutrientes pelo trigo, sob regime de sequeiro e irrigado em Latossolo Roxo**. Campinas: Fundação Cargill, 1988. 83p.
- Formaggio, A. R. **Características agronômicas e espectrais para sensoriamento remoto de trigo e de feijão**. Piracicaba: ESALQ, 1989. 163p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, 1989.
- Hoffer, R. M. Biological and physical considerations in applying computer-aided analysis techniques to remote sensor data. In: SWAIN, P. H.; DAVIS, S. M. **Remote sensing: the quantitative approach**. New York: McGraw-Hill, Inc. 1978. cap 5, p. 227-289.
- Large, E. C. Growth stages in cereals. Illustration of the Feekes scale. **Plant Pathology**, London, v.3., n.4, p.128-129, 1954.
- Leamer, R. W.; Noriega, J. R.; Gerbermann, A. H. Reflectance of wheat cultivars as related to physiological growth stages. **Agron. J.**, v. 72, p. 1029-1032, 1980.
- Ometto, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1981. 440 p.
- Watson, D. J. The physiological basis of variation in yield. **Adv. Agron.**, v.4, p.101-145, 1952.