

ISSN 0104-1347

Caracterização da Dinâmica Temporal dos Campos do Rio Grande do Sul, Usando Imagens NOAA

Characterization of the Dynamic of Native Pastures in Rio Grande do Sul, Brazil, Using NOAA Images

Denise C. Fontana¹, Tatiana S. Almeida¹, Lizandro Jacóbsen²

Resumo: O objetivo deste trabalho foi caracterizar a dinâmica temporal da vegetação, nas regiões do Rio Grande do Sul onde predominam a cobertura vegetal campos, através do uso de imagens de NDVI/NOAA, assim como, determinar a influência de elementos meteorológicos sobre esta dinâmica. No estudo foi utilizando 19 anos (julho de 1981 a junho de 2000) de imagens mensais de NDVI/NOAA/AVHRR e de dados de precipitação pluvial, temperatura média do ar e insolação. As análises foram feitas nas cinco regiões de campos do Estado, segundo o Macrozoneamento Temático. Verificou-se que os menores valores de NDVI ocorrem no outono e no inverno e estão associadas à redução no crescimento das plantas, como consequência das baixas temperaturas e da insolação. Já na primavera e no verão o aumento de temperatura e de insolação resultam em maior crescimento, com incremento acentuado nos valores de NDVI. No verão, período com os maiores valores de NDVI, foi quando as diferenças entre as regiões foram mais bem evidenciadas. As correlações simultâneas foram positivas e significativas entre o NDVI e a temperatura e a insolação, sendo os coeficientes maiores quando se utilizou a defasagem de um mês, especialmente no período de outubro a maio.

Palavras-chave: satélite, índice de vegetação, vegetação nativa, sul do Brasil, NDVI.

Abstract: The objective of this study was to use NDVI/NOAA images to characterize the temporal vegetation dynamics in the Rio Grande do Sul state in areas where the native vegetation coverage is predominant and to quantify the influence of the meteorological variables over this dynamics. For this study, 19 years of monthly images (from July 1981 to June 2000) of NDVI/NOAA/AVHRR were use, as well as meteorological data: rainfall, mean air temperature and hours of sunshine. The analyses were carried out in the five zones of native vegetation coverage, based on the Thematic Macrozoning map. The results showed that the smallest NDVI values were verified in autumn and winter and that they were associated to reduction of plant growth as a response to the low temperatures and hours of sunshine. During spring and summer, the increase of these elements resulted on a high vegetation growth and on a sharp NDVI increase. In summer, when the high NDVI values were found, the differences between zones were evident. The correlation between NDVI was values and temperatures and hours of sunshine to the same months were positive and significant. Nevertheless, better correlations were found when the NDVI values had one month lag backward in relation to temperatures and hours of sunshine data, especially from October to May.

Key words: satellite, vegetation index, native vegetation, southern Brazil, NDVI.

1 Eng. Agrônoma, Dra, UFRGS, Faculdade de Agronomia, Dep de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia , 91540-000, Porto Alegre, RS, fone: 3316 7413, dfontana@vortex.ufrgs.br

2 Eng. Agrônoma, Acadêmica , UFRGS, Faculdade de Agronomia, Dep de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia , 91540-000, Porto Alegre, RS, fone: 3316 7413 – almtatiana@yalhoo.com.br

3 Meteorologista, Mestre, Instituto Agronômico SIMEPAR, Centro Politécnico da UFPR, Caixa Postal 19100, 81531-990, Curitiba, PR, fone (41)3366 1133 ram.2200, izandrojacobsen@hotmail.com

INTRODUÇÃO

Desde de 1981, imagens dos satélites da série NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*), sensor AVHRR (*Advanced Very High Resolution Radiometer*), cobrindo todo o Globo, têm sido armazenadas e disponibilizadas com baixíssimo custo aos usuários. Este conjunto de imagens se constitui em um arquivo único e contínuo de informações sobre a superfície terrestre e tem sido intensamente utilizado para variados propósitos e em diversas regiões. O mais comum, entretanto, tem sido o monitoramento da dinâmica temporal e espacial da vegetação, tanto em tempo real, como com caráter retrospectivo. Os primeiros estudos foram feitos por Justice et al. (1985 e 1986) e Malingreau (1986), seguindo-se, posteriormente, outros estudos onde foram agregadas mais informações a cada ano e as análises tornaram-se mais completas e complexas.

Cada pixel NOAA é composto pela radiação e/ou emitância média de todos os alvos dentro de um campo de visada instantânea correspondente a uma área de 1,1km no nadir. Esta resolução espacial define um caráter regional às análises que utilizam as imagens destes satélites. Já a resolução temporal, de cerca de 12 horas, permite um acompanhamento diário das mudanças que ocorrem com os alvos na superfície.

As imagens NOAA utilizadas para este propósito são, em geral, expressas na forma de Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI). Este índice, proposto por Rouse et al. (1973) é obtido através da relação entre as bandas espectrais do vermelho e do infravermelho, sendo reconhecidamente um bom indicador da presença e da condição da vegetação na superfície (Gamon et al., 1995; Fonseca et al., 2002).

As mudanças temporais no NDVI/NOAA expressam as mudanças estruturais dos grupos vegetais predominantes numa região ao longo do tempo. Cada região apresenta, portanto, um padrão de evolução do NDVI com alterações gradativas ao longo do tempo, o qual pode sofrer alterações como consequência da ação antrópica ou de eventos naturais, como

estiagens, geadas, etc... (Batista et al., 1993, Fontana et al., 1998; Liu e Nerón Juárez, 2001). Definido o perfil de evolução temporal do NDVI típico regional, as alterações neste perfil têm sido utilizadas para o monitoramento das condições de crescimento e desenvolvimento das plantas, detecção de estresses, determinação do início, do final e da duração da estação de crescimento, estimativa de rendimento de culturas, entre outros (Justice et al., 1991; Hill e Donald, 2002).

Dada as características definidas pelas resoluções espacial, temporal e espectral, o uso de imagens NOAA pode auxiliar no entendimento da dinâmica temporal dos grandes grupos vegetais do Rio Grande do Sul, assim como das diferenças entre estes grupos. A informação sobre a dinâmica das regiões onde predominam campos no Estado contribui para um planejamento mais adequado da exploração pecuária. Por outro lado, estas informações, quando obtidas em tempo real, podem compor um sistema de monitoramento agropecuário com emissão de alerta sempre que as condições de desenvolvimento forem desfavoráveis.

Segundo o último senso agropecuário realizado em 1996 (IBGE, 2003), os campos do Rio Grande do Sul abrigavam cerca de 13 milhões de bovinos e 5 milhões de ovinos. O principal suporte alimentar da atividade pecuária é a vegetação dos campos naturais, que ocupam cerca de 40% da cobertura vegetal do Estado, cerca de 11 milhões de hectares. Além dos aspectos econômicos e sociais decorrentes da exploração dos campos no Rio Grande do Sul, destaca-se, ainda, a importância dos mesmos em termos de sustentabilidade do ecossistema, cuja perturbação pode colocar em risco a estrutura do solo de algumas regiões (Nabinger et al., 1999).

A diversidade dos campos nativos, considerados por especialistas como as pastagens nativas com maior biodiversidade de espécies do mundo, contempla em sua flora pastoril aproximadamente 800 espécies de gramíneas e 200 espécies de leguminosas, contribuindo com mais de 90% de toda a alimentação consumida pelos ruminantes e eqüinos (Nabinger, 1999). Como resultante desta diversidade, verifica-se alta variação na

produtividade dos campos, tanto no tempo como no espaço. A variabilidade temporal é consequência, principalmente, das variações climáticas sazonais, enquanto que a variabilidade espacial é fortemente relacionada às características físicas e químicas dos solos, à altitude e à precipitação pluvial.

O objetivo deste trabalho foi caracterizar a dinâmica temporal da vegetação nas regiões do Rio Grande do Sul onde predominam campos através do uso de imagens de NDVI/NOAA, assim como, determinar a influência de alguns elementos meteorológicos sobre esta dinâmica.

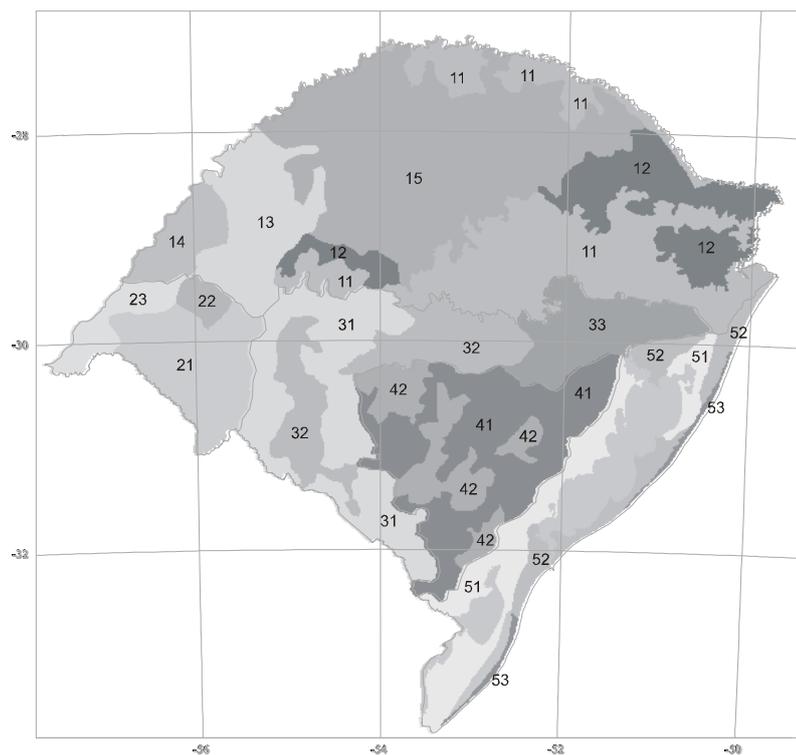
MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado sobre o estado do Rio Grande do Sul utilizando um período de 19 anos de imagens mensais de NDVI provenientes dos satélites da série NOAA, sensor AVHRR, compreendido de julho de 1981 a junho de 2000. As imagens de máximo mensal de NDVI utilizadas foram disponibilizadas pelo grupo GIMMS (*Global Inventory Monitoring and Modelling Studies*) da NASA/GSFC (*National Aeronautics and Space Administration/Goddard Space Flight Center*). As imagens globais apresentam uma resolução espacial de 8x8Km, com a projeção

“albers área igual cônica” e o elipsóide “clark”. Posteriormente, foram realizados recortes e geradas imagens cobrindo somente o Estado do Rio Grande do Sul.

As análises foram feitas tendo como base o Macrozoneamento Temático do Estado do Rio Grande do Sul (Figura 1), fornecido pelo Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Ducati et al., 2001). Neste trabalho, as análises foram feitas somente sobre as cinco regiões do Estado cuja cobertura predomina campos, situadas nas Unidades Geomorfológicas do Planalto (Campos de Cima da Serra), Depressão Central (Campos da Depressão Central), Escudo Riograndense (Campos Mistos e Campos Sujos do Escudo Riograndense) e Cuesta de Haiedo (Campos da Cuesta de Haiedo).

Foram, também, utilizados dados de precipitação pluvial, temperatura média do ar e insolação provenientes de estações meteorológicas (Tabela 1) localizadas nas regiões de estudo pertencentes à rede do 8º Distrito de Meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia (8º DISME/INMET) e da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Sul (FEPAGRO, SCT-RS).



Unidade Geomorfológica	Zonas de Cobertura e Uso do Solo	Descrição
Planalto	11 Florestas	Formação arbórea densa de grande porte com estratos superpostos
	12 – Campos	Tapetes herbáceos baixos e densos
	13 – Campos sujos	Campos subarbustivos de gramíneas e ciperáceas
	14 – Agrícola 1	Predominância de cultivo de arroz
	15 – Agrícola 2	Predominância de soja e milho no verão e de trigo no inverno
Cuesta de Haedo	21 – Campos	Tapetes herbáceos baixos e densos
	22 – Campos sujos	Campos subarbustivos de gramíneas e ciperáceas
	23 – Agrícola 1	Predominância de cultivo de arroz
Depressão Central	31 – Campos	Tapetes herbáceos baixos e densos
	32 – Agrícola 1	Predominância de cultivo de arroz
	33 – Agrícola 3	Culturas diversificadas (feijão, milho, tabaco, hortifrutigranjeiros, etc.)
Escudo Sul-riograndense	41 – Campos sujos	Campos subarbustivos de gramíneas e ciperáceas
	42 – Campos mistos	Campos herbáceos e subarbustivos com ocorrência de Matas-galeria
Planície Costeira	51 – Agrícola 1	Predominância de cultivo de arroz
	52 – Agrícola 3	Culturas diversificadas (feijão, milho, tabaco, hortifrutigranjeiros, etc.)
	53 – Dunas	Depósitos arenosos de origem eólica
	54 - Lagoas	Lagoas e lagoas do sistema litorâneo

Figura 1. Macrozoneamento Temático do Estado do Rio Grande do Sul, mostrando e descrevendo as características das Unidades Geomorfológicas (UG) e Zonas de Cobertura e Uso do Solo (Macrozonas). Fonte: Ducati et al. (2001)

Tabela 1. Coordenadas geográficas e instituição fonte das estações meteorológicas utilizadas

Estação Meteorológica	Latitude Sul	Longitude Oeste	Altitude (m)	Instituição Fonte
<i>Campos da Costa de Haiedo</i>				
Alegrete	29°41′	55°31′	125	INMET ¹ /FEPAGRO ²
Santana do Livramento	30°53′	55°32′	210	INMET
<i>Campos de Cima da Serra</i>				
Bom Jesus	28°40′	50°26′	1048	INMET
Vacaria	28°33′	50°42′	960	INMET/FEPAGRO
<i>Campos da Depressão Central</i>				
Bagé	31°21′	54°06′	216	INMET
São Gabriel	30°10′	54°19′	124	INMET/FEPAGRO
<i>Campos Mistos do Escudo Riograndense</i>				
Caçapava do Sul	30°30′	53°29′	450	INMET
<i>Campos Sujos do Escudo Riograndense</i>				
Encruzilhada do Sul	30°32′	52°31′	427	INMET/FEPAGRO

¹ INMET: Instituto Nacional de Meteorologia – 8º Distrito de Meteorologia.

² FEPAGRO: Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária – RS

Para cada uma das regiões de estudo, foram calculados os valores médios, mínimos e máximos mensais, assim como o desvio padrão e coeficiente de variação do NDVI (período 1981-2000) e dos elementos meteorológicos (período 1961-90). Os valores médios foram utilizados para confeccionar gráficos com o transcurso anual. Foi analisado, ainda, o transcurso anual do NDVI e dos elementos meteorológicos em anos extremos quanto à precipitação pluvial.

Considerando o período de 1981 a 2000, os dados meteorológicos foram correlacionados com os dados de NDVI para cada região de estudo separadamente. A análise de correlação foi feita considerando todo o conjunto de dados e também considerando os dados mensalmente, de forma simultânea e com defasagem de um mês.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Figuras 2 a 6 são apresentados os transcurso anuais do NDVI e dos elementos meteorológicos para cada uma das regiões de campos analisadas neste trabalho. Verifica-se que o perfil temporal do NDVI em todas as regiões mostra alta variabilidade em todos os meses estudados, dada as grandes variações entre os valores máximos e mínimos observados no período de 1981 a 2000. Isto é consequência da variabilidade dos fatores determinantes do crescimento vegetal, especialmente das condições meteorológicas.

Pode-se observar nestas figuras as diferenças de disponibilidade climática entre regiões e entre meses. A precipitação pluvial média mensal é bem distribuída ao longo do ano, sem a ocorrência de estação seca, o que é característico do clima subtropical úmido (tipo fundamental CF, segundo Köppen) predominante em todo o Estado. Verifica-se, entretanto, diferenças neste elemento entre as regiões. As regiões mais chuvosas são os Campos de Cima da Serra e os Campos Mistos do Escudo, com totais anuais superiores a 1.650mm, enquanto que nas demais regiões este valor cai abaixo de 1.500mm anuais. No inverno, a insolação média é cerca de 30% inferior ao verão, como consequência do movimento de translação da Terra ao redor do Sol. A tendência é de se ter um maior número de horas de sol na região dos Campos da Costa de Haiedo e menor nos Campos de Cima da Serra. Como consequência da menor disponibilidade de energia, no inverno as temperaturas médias do ar são menores, sendo junho e julho os meses mais frios em todo o Estado. A região dos Campos de Cima da Serra é a mais fria, com temperatura média do mês mais frio inferior a 12°C, atingindo mais de 24°C nas regiões dos Campos da Costa de Haiedo e Campos da Depressão Central.

Resumidamente, as regiões dos Campos de Cima da Serra e dos Campos da Costa de Haiedo são contrastantes em termos de disponibilidade hídrica e térmica. Os Campos de Cima da Serra são mais úmidos, portanto com baixa demanda evaporativa. Já os Campos da Costa de Haiedo situam-se na região mais quente e seca do Estado, estando associada à elevada demanda evaporativa da atmosfera, especialmente no verão.

Na Figura 7 é mostrado o gráfico com o comportamento médio do NDVI para as cinco regiões analisadas. Verifica-se que a variação anual deste índice apresenta um padrão característico da cobertura de campos (Fontana et al, 1998; Jacobsen et al., 2003), mostrando, entretanto, diferenças conforme a região.

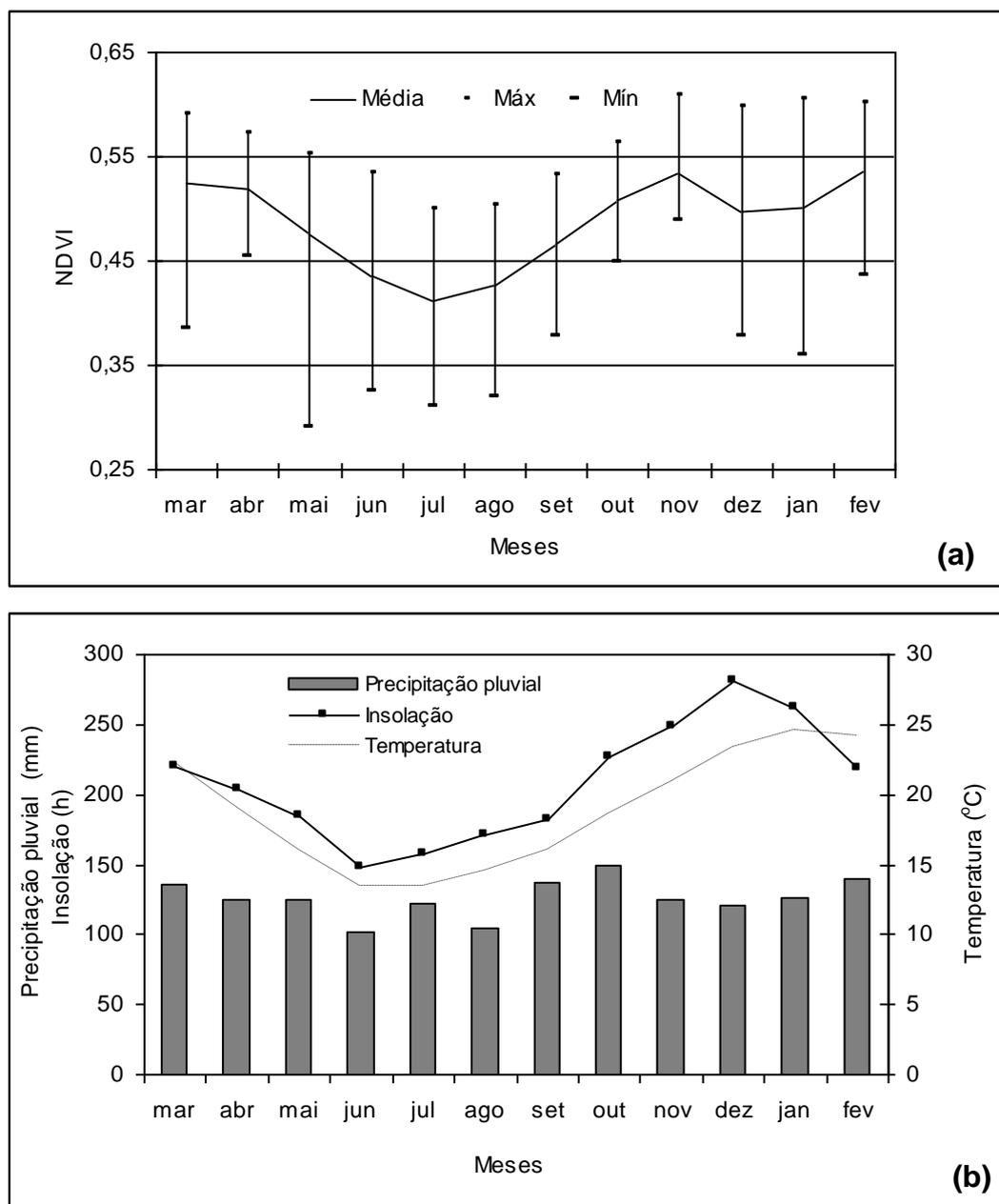


Figura 2. Transcurso anual do NDVI médio do período de 1981 a 2000 (a) e das normais climatológicas (1961-1990) de precipitação pluvial, temperatura do ar e insolação (b), para a região dos Campos da Costa de Haiedo (CCH)

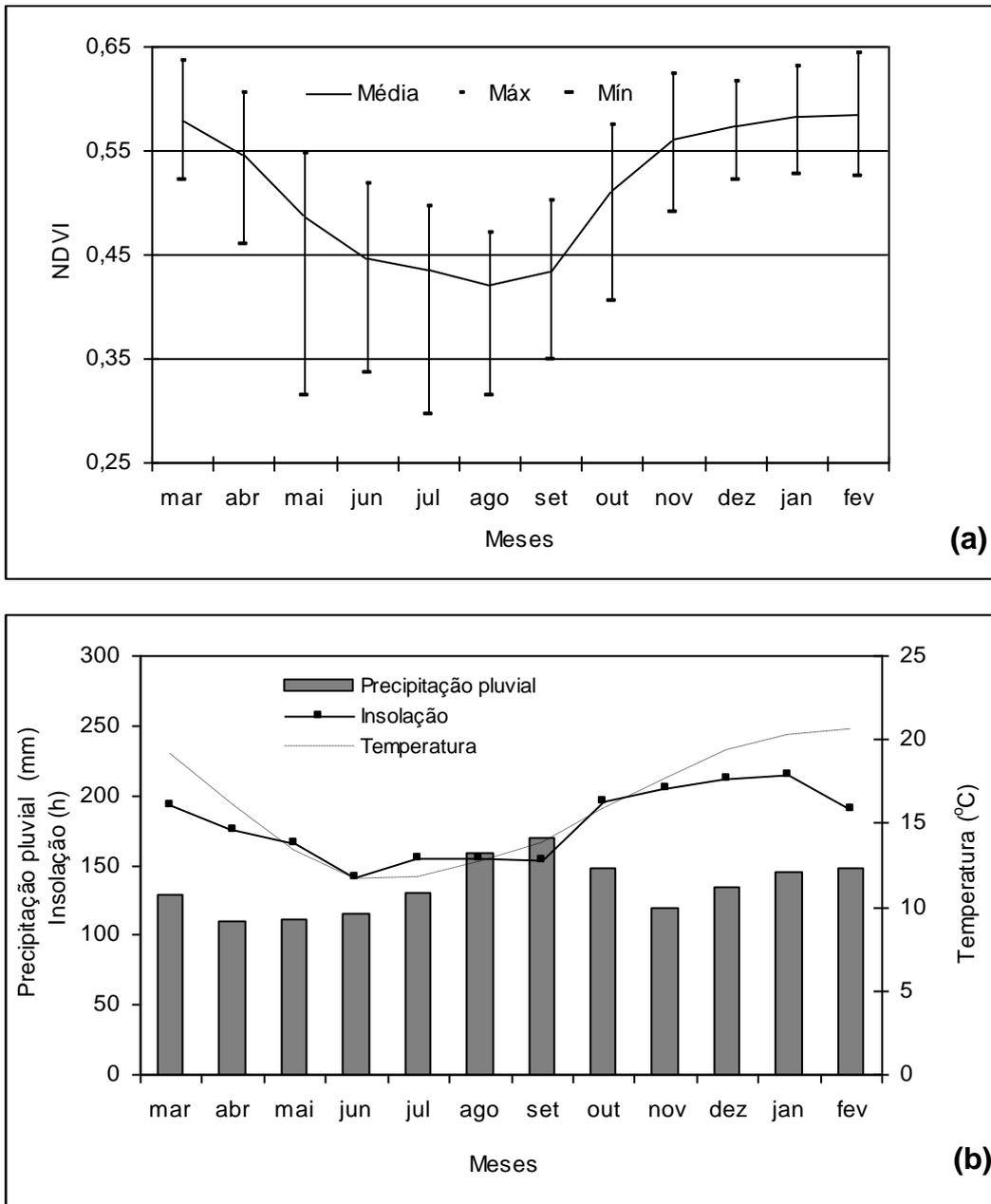


Figura 3. Transcurso anual do NDVI médio do período de 1981 a 2000 (a) e das normais climatológicas (1961-1990) de precipitação pluvial, temperatura do ar e insolação (b), para a região dos Campos de Cima da Serra (CCS)

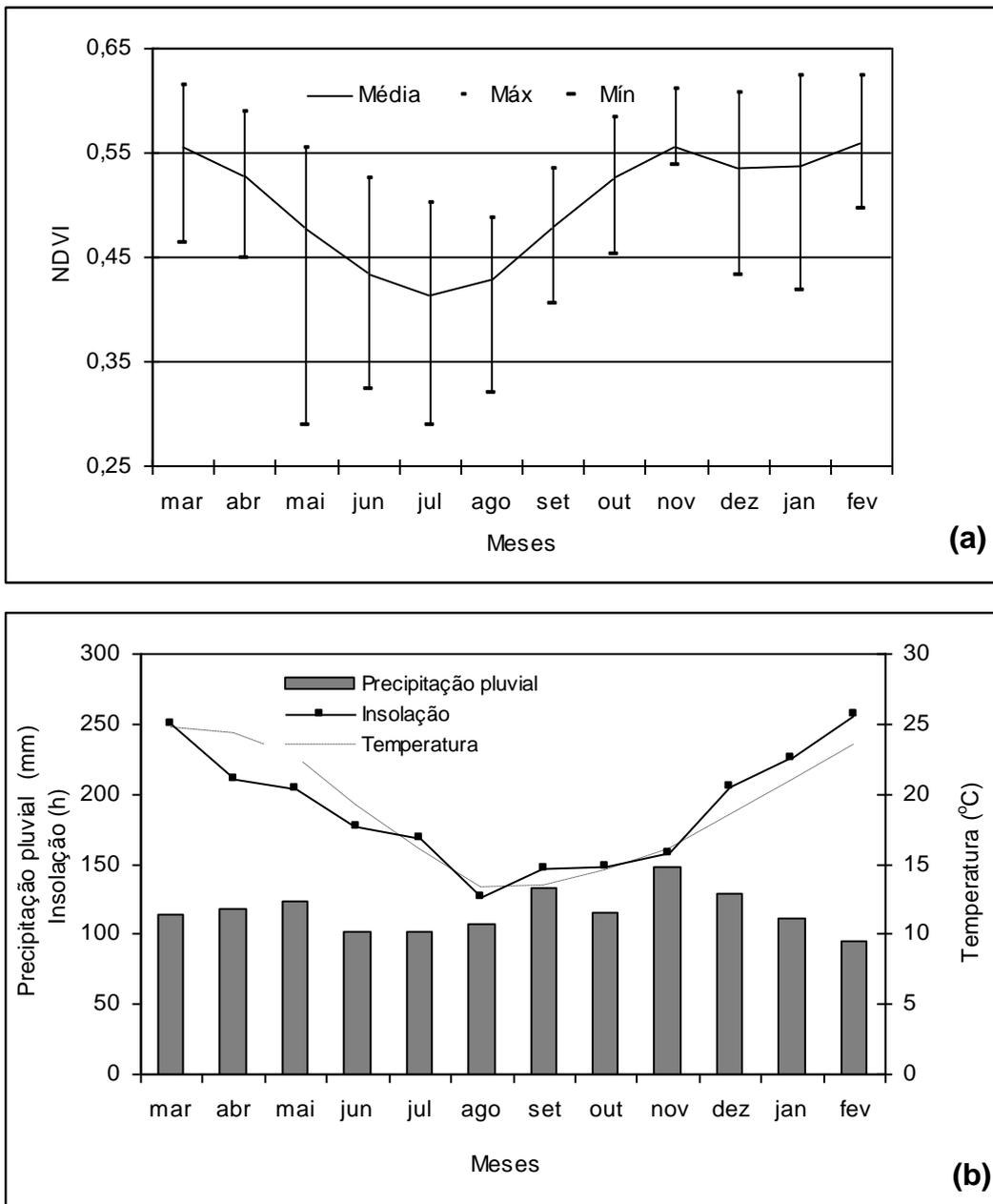


Figura 4. Transcurso anual do NDVI médio do período de 1981 a 2000 (a) e das normais climatológicas (1961-1990) de precipitação pluvial, temperatura do ar e insolação (b), para a região dos Campos da Depressão Central (CDC)

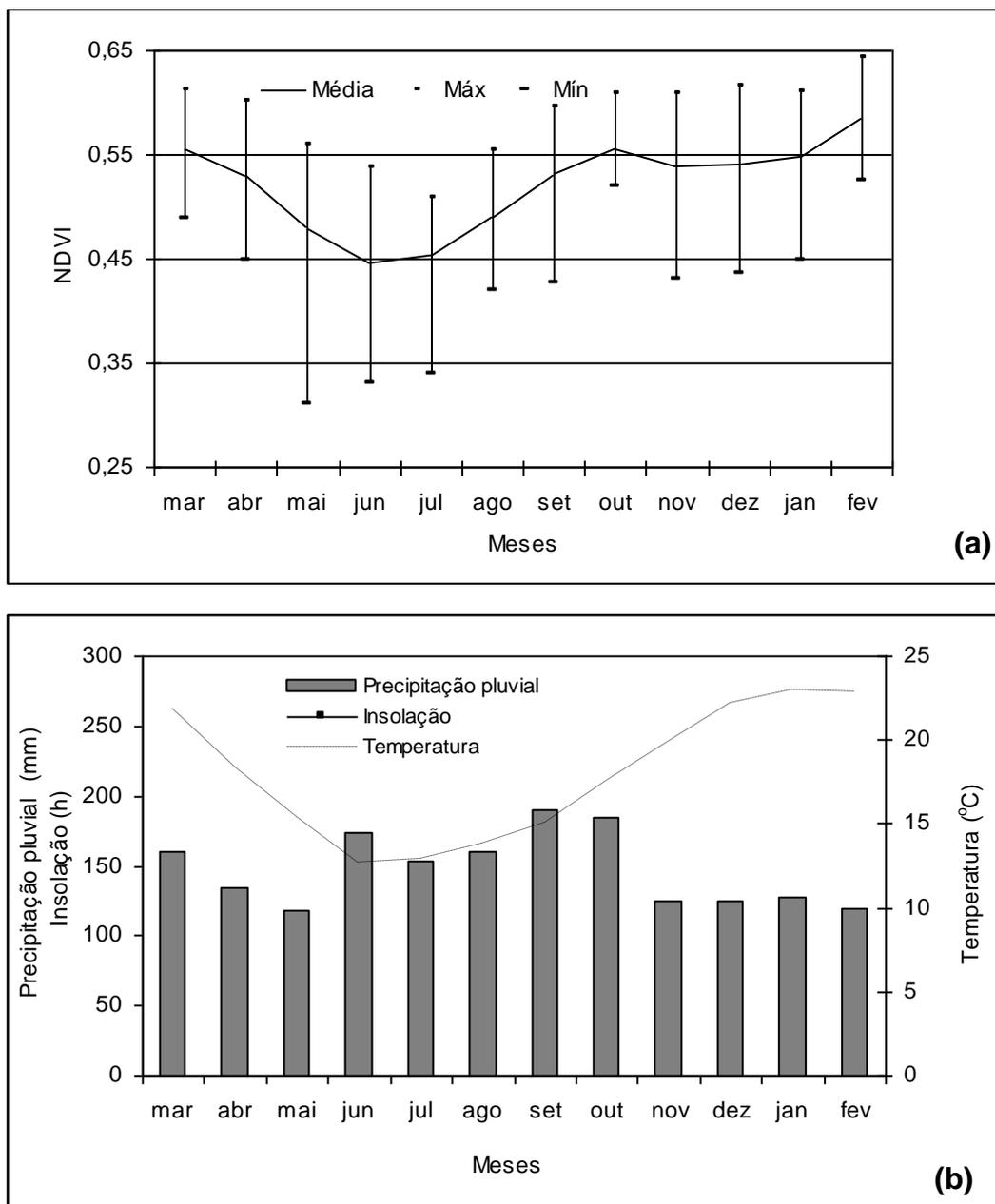


Figura 5. Transcurso anual do NDVI médio do período de 1981 a 2000 (a) e das normais climatológicas (1961-1990) de precipitação pluvial, temperatura do ar e insolação (b), para a região dos Campos Mistos do Escudo Riograndense (CMER)

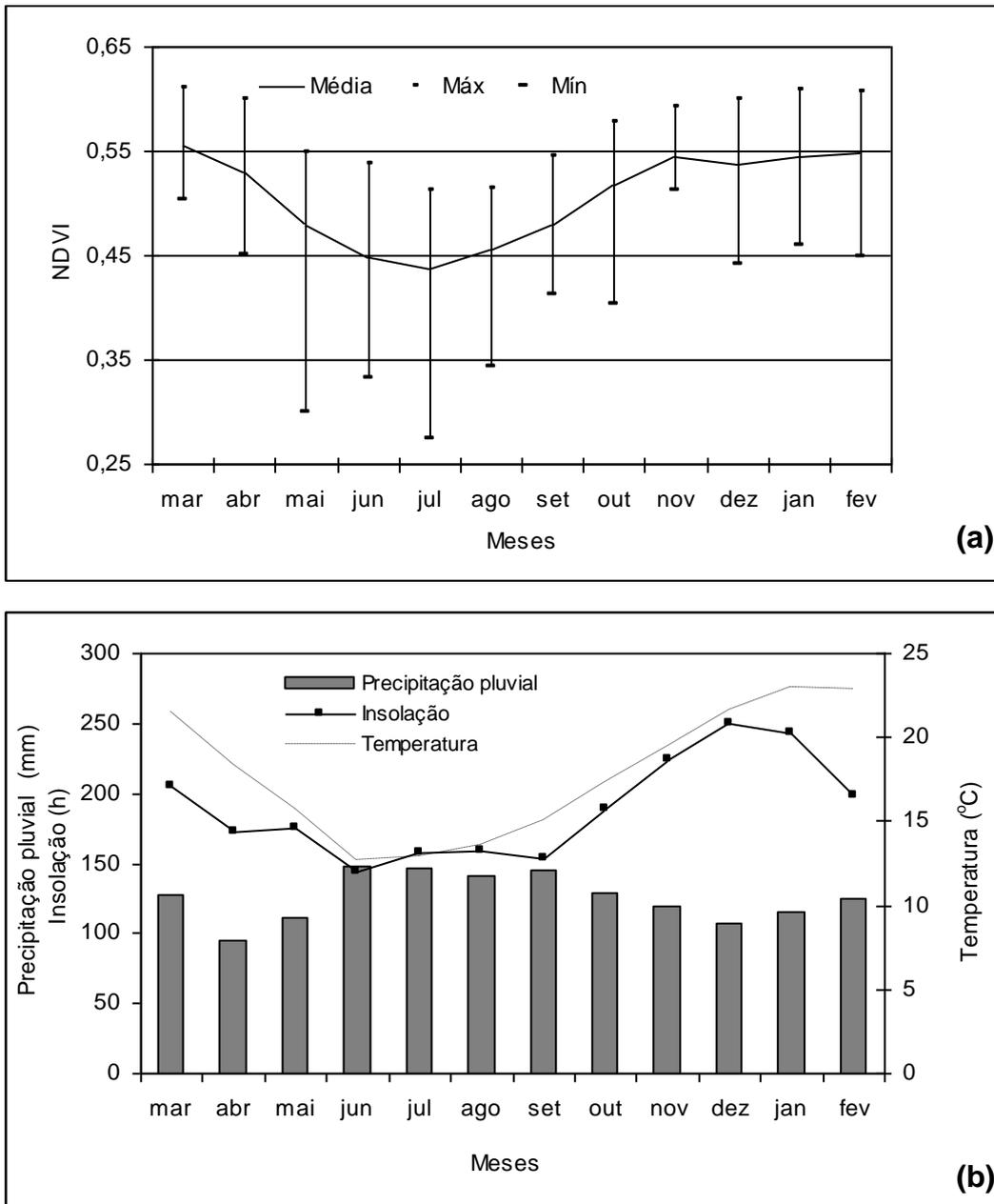


Figura 6. Transcurso anual do NDVI médio do período de 1981 a 2000 (a) e das normais climatológicas (1961-1990) de precipitação pluvial, temperatura do ar e insolação (b), para a região dos Campos Sujos do Escudo Riograndense (CSER)

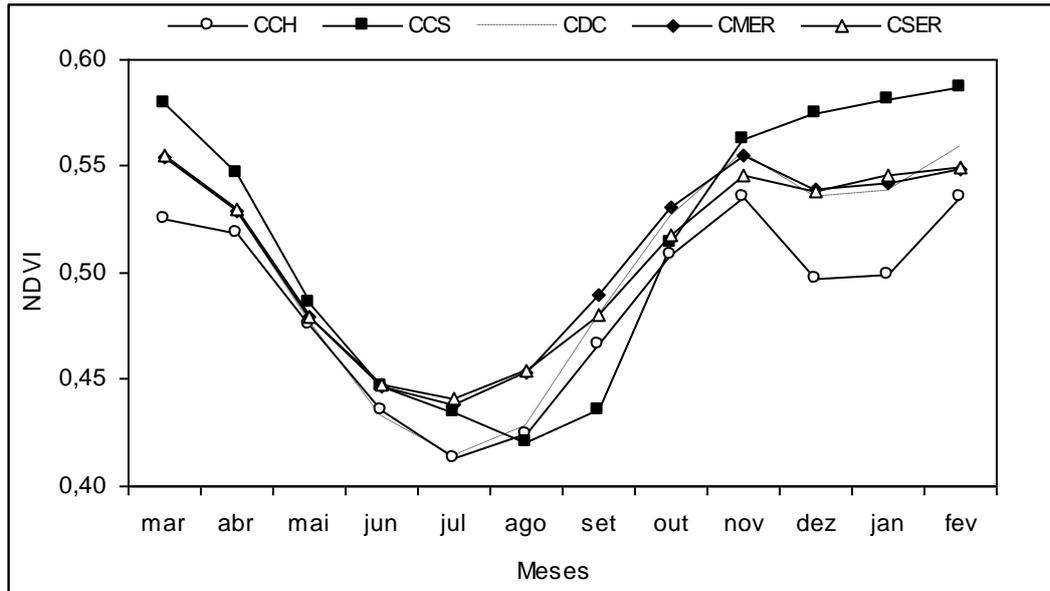


Figura 7. Transcurso anual do NDVI médio do período de 1981 a 2000 para as regiões dos Campos da Costa de Haiedo (CCH), Campos de Cima da Serra (CCS), Campos da Depressão Central (CDC), Campos mistos do Escudo Riograndense (CMER) e Campos Sujos do Escudo Riograndense (CSER)

Os menores valores de NDVI, observados em todas as regiões, ocorrem durante os meses de outono e inverno e estão associadas à redução no crescimento das plantas, como consequência das baixas temperaturas do ar e baixa insolação. Julho, mês mais frio do ano, é também o mês de menores valores médios de NDVI em 4 das 5 regiões analisadas. Na região de maior altitude (Campos de Cima da Serra), onde as temperaturas médias do inverno são as mais baixas do Estado, o menor valor de NDVI ocorre em agosto, mostrando um retardo no crescimento no início da primavera em relação às demais regiões.

Já nos meses de primavera e verão o aumento de temperatura e insolação resulta em maior crescimento vegetal e em todas as regiões estudadas observa-se a ocorrência de incremento acentuado nos valores de NDVI.

No verão, período com os maiores valores de NDVI é entretanto quando as diferenças entre as regiões são mais evidenciadas (Figura 8). Em dezembro o NDVI variou entre 0,497, nos Campos da Costa de Haiedo, a 0,575 nos Campos de Cima da Serra. Neste período, é a precipitação pluvial o principal elemento determinante do crescimento vegetal no Rio Grande do Sul (Berlato et al., 1999) e, portanto, destas regiões.

Na região dos Campos de Cima da Serra são verificados os maiores valores médios de NDVI, permanecendo acima de 0,550 de dezembro a março. Como discutido anteriormente, esta é a região com menor demanda evaporativa da atmosfera e maior disponibilidade hídrica do Estado. Estas são

condições ótimas ao crescimento das plantas, o que justifica a superioridade do NDVI em relação às demais regiões neste período.

Já na região dos campos da Costa de Haiedo, os menores totais mensais de precipitação pluvial, maior temperatura e insolação, aliado à ocorrência de solos rasos, determina os menores valores médios de NDVI no verão, mas superiores ao inverno.

As demais regiões analisadas apresentaram valores de NDVI intermediários entre estas duas regiões. Observa-se, porém, a confirmação da redução no NDVI principalmente em dezembro e janeiro, refletindo a restrição hídrica que, em geral, ocorre no Estado neste período. Matzenauer et al. ((2003) verificaram que os valores normais de precipitação pluvial de primavera-verão não são suficientes para atender às necessidades hídricas das plantas).

Nabinger et al. (1999), analisando o ganho médio diário de bovinos ao longo do ano, encontrou um padrão temporal muito semelhante ao mostrado neste trabalho. Os ganhos de peso são maiores no verão e menores no inverno. Em Uruguaiana (Campos da Costa de Haiedo) e São Gabriel (Campos da Depressão Central) houve drástica redução neste indicador nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, associado a menor oferta de forragem, decorrente principalmente da restrição hídrica.

Os resultados da análise de correlação entre NDVI e temperatura, precipitação pluvial e insolação são mostrados na Tabela 2. Verifica-se que as correlações foram positivas e significativas para temperatura e insolação, confirmando que estes são elementos preponderantes na definição do padrão de evolução temporal do NDVI ao longo do ano. Já a correção com precipitação pluvial não foi significativa, o que em parte decorre da distribuição bastante uniforme da precipitação pluvial no Rio Grande do Sul entre os meses do ano e de outro lado da grande variação anual do NDVI.

As correlações foram estabelecidas também de forma mensal, simultânea e com defasagem de um mês, visando uma análise mais detalhada. Na análise simultânea (Tabela 3) verifica-se que a correção mensal entre NDVI e temperatura do ar e insolação somente foi significativa em alguns meses e regiões. Em geral, os coeficientes são positivos no inverno e negativos no verão. Já para a precipitação pluvial houve tendência de ocorrer o inverso, ou seja, correlações negativas no inverno e positivas no verão.

Tabela 2. Coeficientes de correlação entre NDVI e os elementos meteorológicos temperatura média do ar (T), precipitação pluvial (P) e insolação (I) nas regiões de campos no Estado do Rio Grande do Sul. Período de 1981-2000

Regiões	T	P	I
Campos da Costa de Haiedo	0,486	0,142	0,141
Campos de Cima da Serra	0,760	-0,147	0,544
Campos da Depressão Central	0,648	0,039	0,476
Campos Mistos do Escudo Riograndense	0,598	-0,139	
Campos Sujos do Escudo Riograndense	0,623	-0,101	0,299

As associações, entretanto, foram mais marcantes quando se utilizou a defasagem de um mês (Tabela 4). Isto foi verificado especialmente com a precipitação pluvial e para o período compreendido de outubro a maio, quando sabidamente o fator hídrico é limitante do crescimento da plantas no Estado (Avia et al., 1996). Estes meses caracterizam-se por intensa atividade agrícola no Rio Grande do Sul, com predominância de culturas de sequeiro, colaborando na resposta do NDVI médio do pixel (1,1Km) mesmo nas regiões onde há predominância de campos. Quando as condições de precipitação pluvial são favoráveis observa-se melhores condições de estabelecimento e crescimento das lavouras e, portanto, incrementos de NDVI no período seguinte. Este incremento também pode ser consequência de uma resposta positiva dos agricultores às condições favoráveis, com incremento de área cultivada ou maior investimento em insumos agrícolas. Este e outros fatores fazem com que se observe uma defasagem temporal em termos de resposta da vegetação às condições meteorológicas, especialmente hídricas, favoráveis, o que também tem sido obtido em outros estudos (Schoroeder et al., 1999).

Ainda quanto ao fator hídrico, sabe-se que a variabilidade interanual da precipitação pluvial está parcialmente associada a fenômenos de grande escala. O Rio Grande do Sul situa-se em região fortemente afetada pela ocorrência do fenômeno El Nino e La Nina, o qual está associado a incrementos e reduções (respectivamente) na precipitação pluvial, em especial no final de primavera e início de verão, especialmente na porção norte e oeste do Estado (Berlato e Fontana, 2003). Comparando a evolução do NDVI nas regiões dos Campos da Costa de Haiedo e dos Campos de Cima da Serra em anos de manifestação deste fenômeno (Figura 8), verificaram-se diferenças que confirmam as inferências anteriores. Nos Campos da Costa de Haiedo, a La Nina 1999/2000 provocou uma drástica redução no NDVI. Em 1997/98, quando associado ao El Nino as precipitações pluviais foram abundantes, não foi verificada a tendência de redução do NDVI em dezembro e janeiro verificada na evolução média desta região.

Tabela 3. Coeficientes de correlação mensal entre NDVI e os elementos meteorológicos temperatura do ar (T), precipitação pluvial (P) e insolação (I), tomados de forma simultânea, nas regiões dos Campos da Costa de Haiedo (CCH), Campos de Cima da Serra (CCS), Campos da Depressão Central (CDC), Campos mistos do Escudo Riograndense (CMER) e Campos Sujos do Escudo Riograndense (CSER). Período de 1981-2000

REGIÃO	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV
<i>Temperatura</i>												
CCH	-0,31	-0,08	-0,15	0,13	0,32	0,12	0,06	0,37	0,01	-0,54*	-0,30	-0,21
CCS	-0,24	0,17	-0,32	-0,08	-0,09	0,16	0,37	0,18	0,28	-0,22	-0,09	-0,28
CDC	-0,58	0,00	-0,20	0,20	0,27	0,23	0,22	0,26	0,11	-0,59	-0,44*	0,08
CMER	-0,36	-0,03	-0,21	0,21	0,23	0,39	0,37	0,02	-0,22	-0,44*	-0,28	0,11
CSER	-0,56*	-0,14	-0,42	0,18	0,21	0,49*	0,41*	0,24	-0,17	-0,43*	-0,19	0,02

<i>Insolação</i>												
CCH	-0,16	-0,69*	0,30	0,36	0,33	0,11	-0,09	0,45*	-0,44*	-0,25	-0,56*	0,29
CCS	0,20	0,33	0,58	0,24	0,31	0,33	0,17	0,31	0,35	0,03	0,22	0,31
CDC	0,01	0,20	-0,13	-0,54*	-0,16	0,26	0,12	-0,22	0,21	0,52*	0,18	-0,33
CMER	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CSER	-0,13	-0,29	-0,21	0,25	0,29	-0,23	0,25	0,03	-0,01	0,34	0,35	0,34
<i>Precipitação pluvial</i>												
CCH	0,11	0,23	-0,10	-0,36	-0,14	0,33	0,13	-0,11	0,06	0,44*	-0,18	0,05
CCS	0,13	-0,09	0,04	-0,15	-0,10	0,04	-0,01	-0,08	-0,09	0,21	-0,06	-0,16
CDC	-0,06	-0,18	0,24	0,58*	0,54*	0,01	0,49*	0,31	0,12	-0,58*	-0,37	0,10
CMER	0,26	0,16	-0,40*	-0,43*	-0,45*	0,37	0,30	0,16	0,52*	0,28	0,19	-0,01
CSER	0,40*	0,06	-0,30	-0,61*	-0,22	0,41*	0,50*	0,06	0,50*	0,55*	-0,27	-0,15

• - coeficientes de correlação significativos a 5% de probabilidade.

Já na região dos Campos de Cima da Serra, as diferenças no NDVI entre estes dois anos foram muito menos acentuadas, ou seja, durante a La Nina 1999/2000 as pequenas reduções nos totais mensais de precipitação pluvial ocorridos foram insuficientes para causar reduções significativas no crescimento das plantas.

Tabela 4. Coeficientes de correlação mensal entre NDVI e os elementos meteorológicos temperatura do ar (T), precipitação pluvial (P) e insolação (I), tomados com defasagem de um mês, nas regiões dos Campos da Costa de Haiedo (CCH), Campos de Cima da Serra (CCS), Campos da Depressão Central (CDC), Campos mistos do Escudo Riograndense (CMER) e Campos Sujos do Escudo Riograndense (CSER). Período de 1981-2000

REGIÃO	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV
<i>Temperatura</i>												
CCH	-0,15	0,11	0,18	0,37	0,34	0,21	0,13	0,40	-0,26	-0,18	0,07	-0,21
CCS	0,14	0,44	0,22	0,14	0,13	0,22	-0,04	0,50*	-0,11	0,18	0,23	0,21
CDC	-0,42*	0,17	0,34	0,35	0,46*	0,37	0,02	0,24	-0,45*	-0,26	-0,10	-0,02
CMER	-0,31	0,16	0,16	0,30	0,40*	0,58*	0,24	-0,03	-0,39	-0,22	0,19	-0,12
CSER	-0,15	0,14	-0,36	0,29	0,36	0,70*	0,03	-0,04	-0,31	-0,04	-0,12	-0,45
<i>Insolação</i>												
CCH	-0,58*	-0,32	0,19	0,16	-0,06	-0,17	0,64*	-0,26	-0,42*	-0,30	0,16	-0,06
CCS	-0,19	-0,26	0,42	-0,01	-0,20	0,28	0,14	-0,41*	-0,75*	-0,28	-0,54*	0,23
CDC	-0,16	-0,08	0,28	0,27	0,37	0,21	-0,41*	-0,02	-0,42*	-0,56*	-0,49*	0,04
CMER												
CSER	-0,17	-0,56*	0,24	-0,04	0,12	0,16	-0,61*	-0,07	0,05	0,09	-0,19	0,14
<i>Precipitação pluvial</i>												
CCH	0,12	0,25	-0,47*	0,09	0,15	0,36	0,38	0,06	0,66*	0,45*	0,03	0,08

CCS	0,18	-0,04	0,04	-0,21	0,15	0,08	0,47*	-0,14	0,37	-0,12	0,10	0,33
CDC	0,39	0,37	-0,40*	-0,24	0,07	0,19	0,37	0,25	0,55*	0,60*	0,68*	-0,14
CMER	0,53*	0,22	-0,46*	-0,03	-0,18	0,20	0,05	0,77*	0,53*	0,60*	0,54*	0,08
CSER	0,51*	0,20	-0,49*	-0,33	-0,05	0,06	0,57*	0,77*	0,56*	0,69*	0,61*	0,35

* - coeficientes de correlação significativos a 5% de probabilidade.

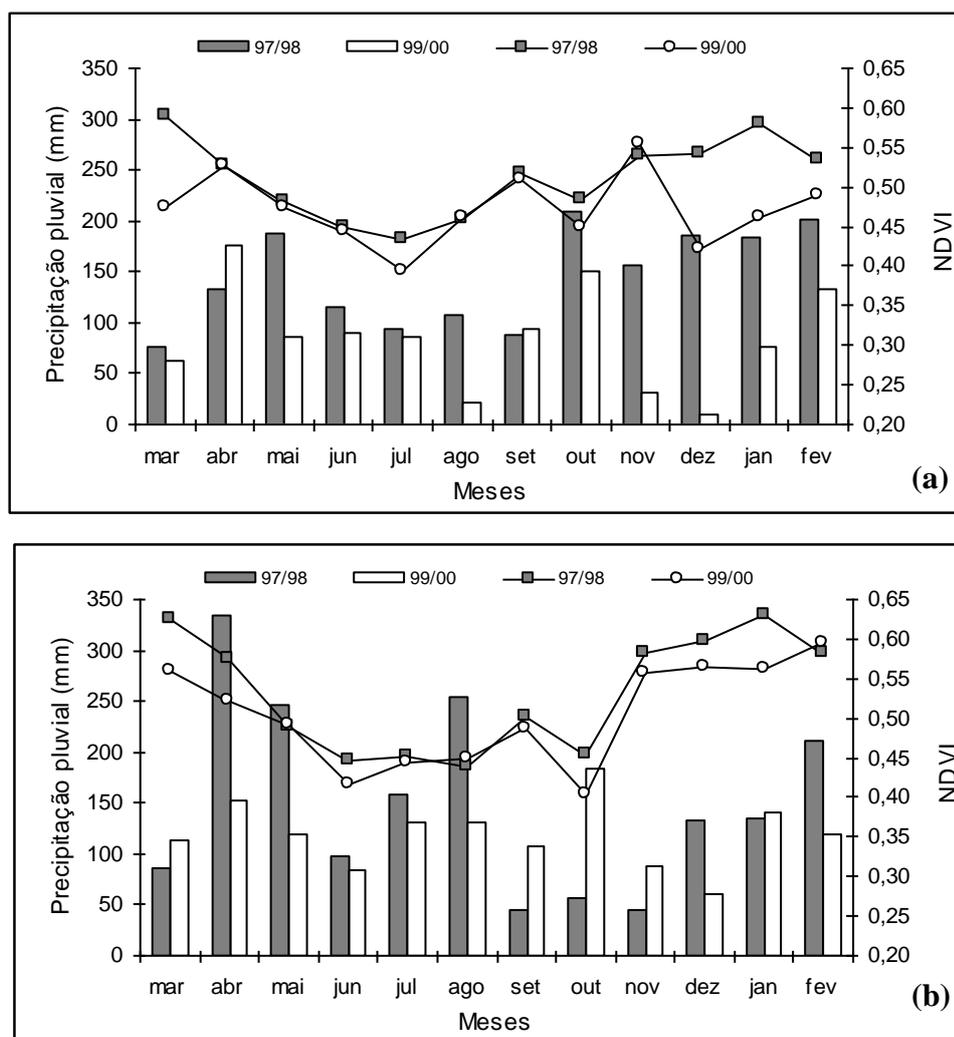


Figura 8. Transcurso anual do NDVI e da precipitação pluvial para as regiões: (a) dos Campos Costa do Haiedo (CCH) e (b) Campos de Cima da Serra (CCS), nos anos de 1997/98 e 1999/2000

CONCLUSÕES

O NDVI, obtido de imagens NOAA, é sensível às variações da biomassa da superfície ao longo do ano, podendo ser utilizado em programas de monitoramento agrícola das regiões onde predominam a vegetação de campos no Estado do Rio Grande do Sul.

As variações ao longo do ano nos valores de NDVI apresentam associação com as condições meteorológicas em todas as regiões analisadas, especialmente temperatura do ar e insolação. Na primavera e verão a precipitação pluvial é elemento mais associado ao crescimento vegetal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BATISTA, G.T.; SHIMABUKURO, Y.E.; LAWRENCE, W.T. Monitoramento da cobertura florestal através de índices de vegetação do NOAA-AVHRR. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 7., 1993, Curitiba. Anais... Curitiba: INPE. 1993. p.30-37.
- BERLATO, M.A; FONTANA, D.C. Variabilidade interanual da precipitação pluvial e rendimento da soja no Estado do Rio Grande do Sul. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v.7, v.1, p.119-125, 1999.
- DUCATI, J. R. et al. Criação de um Sistema de Informações Sobre o Território do Rio Grande do Sul com Base em Técnicas de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento como Ferramenta para Formulação de Políticas Públicas. Relatório Técnico, 23 p., Porto Alegre: CEPSSRM, UFRGS, 2001.
- FONSECA, E. L; ROSA, L.M.; FONTANA, D.C. Caracterização Espectral de Paspalum notatum em diferentes níveis de adubação nitrogenada. Pesq Agropecuária Brasileira, v.37, n.3, p.365-371, 2002.
- FONTANA, D.C.; BERLATO, M.A.; BERGAMASCHI, H. Relação entre o índice de vegetação global e condições hídricas no Estado do Rio Grande do Sul. Revista Agropecuária Brasileira, Brasília, v.33, n.8, p. 1399-1405. 1998.
- GAMON, J.A.; FIELD, C.B.; GOULDEN, M.L. et al. Relationships between NDVI, canopy Structure and photosynthesis in three californian vegetation types. Ecological Applications, New Jersey, v. 5, n. 1, p. 28-41, 1995.
- HILL, M.J.; DONALD, G.E. Estimating spatio-temporal patterns of agricultural productivity in fragmented landscapes using AVHRR NCVI time series. Remote Sensing of Environment, v.84, p.367-384. 2003.
- IGBE 2003. www.ibge.com.br (data de acesso: março/2003).
- JACÓBSEN, O.L.; FONTANA, D.C.; SHIMABUKURO, Y.E. Alterações na vegetação em macrozonas do Rio Grande do Sul associados a eventos El Nino e La Nina, usando imagens NOAA. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v.11, n.2, p.361-374, 2003.
- JUSTICE, C.O.; TOWNSHEND, J.R.G.; KALB, V.L. Representation of vegetation by continental data sets derived from NOAA-AVHRR data. International Journal of Remote Sensing, Basingstoke, v.12, p.999-1021, 1991.
- LIU, W.T.; NEGRÓN JUÁREZ, R.I. ENSO drought onset prediction in northeast Brazil using NDVI. International Journal of Remote Sensing, Basingstoke, v.22, n.17, p.3483-3501. 2001

NABINGER, C.; MORAES, A.; MARASCHIN, G.E. Campos in southern Brazil. In: Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology. 1999. University Press, Cambridge. P.355-376.

ROUSE, J.W.; HASS, R.H.; SCHELL, J.A.; DEERING, D.W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: ERTS SYMPOSIUM, 3. NASA 351, p.309-317. 1973.