

PAULO SHIGUENORI KANAZAWA

**VARIABILIDADE CLIMÁTICA E PREVISÕES:
APLICABILIDADE DOS SATÉLITES DE OBSERVAÇÕES
AMBIENTAIS COMO INSTRUMENTO DE
PLANEJAMENTO DO DESENVOLVIMENTO LOCAL**

**UNIVERSIDADE CATÓLICA DOM BOSCO - UCDB
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO LOCAL -
MESTRADO ACADÊMICO
CAMPO GRANDE – MS
2003**

PAULO SHIGUENORI KANAZAWA

**VARIABILIDADE CLIMÁTICA E PREVISÕES:
APLICABILIDADE DOS SATÉLITES DE OBSERVAÇÕES
AMBIENTAIS COMO INSTRUMENTO DE
PLANEJAMENTO DO DESENVOLVIMENTO LOCAL**

Dissertação apresentada como exigência parcial para obtenção do Título de Mestre em Desenvolvimento Local à Banca Examinadora, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Local – Área de Concentração: Territorialidade e Dinâmicas Sócio-Ambientais, da Universidade Católica Dom Bosco, sob a orientação do **Prof. Dr. Willian Tse Horng Liu.**

**UNIVERSIDADE CATÓLICA DOM BOSCO - UCDB
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO LOCAL -
MESTRADO ACADÊMICO
CAMPO GRANDE – MS
2003**

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Willian Tse Horng Liu (Orientador)

Prof. Dr. Reginaldo Brito da Costa

Prof. Dr. Edson Kassar

**“Depois de muitas décadas de desenvolvimento,
nós estamos redescobrimdo o óbvio: que as
pessoas são ambos os meios e o fim do
desenvolvimento econômico”**

Mahabub Ul Haq

À minha esposa, *Etuco*, que sempre me incentivou para dar continuidade aos estudos.

Ao meu filho, *Paulo Jun*, que elaborou os trabalhos de geoprocessamento.

Dedico a ambos este trabalho e compartilho as informações e conhecimentos adquiridos.

AGRADECIMENTOS

Ao orientador *Prof. Dr. Willian Tse Horng Liu*, do CPPGE, da Universidade Católica Dom Bosco-UCDB, pela forma paciente com que conduziu a orientação da pesquisa.

À minha *família*, que sacrificou o seu tempo para que permitisse a conclusão dos trabalhos.

À *Prof^{ra}. Dr^a. Cleonice Alexandre Le Bourlegat*, pelas sugestões abalizadas na compatibilização da fundamentação teórica e no planejamento de Desenvolvimento Local com o instrumental de geoprocessamento e SIG.

Ao *Prof. Dr. Reginaldo Brito da Costa*, pela dedicação e profundo critério na análise e orientação deste trabalho.

A todo o pessoal da Secretaria do Programa Pós-Graduação, especialmente, à *Liliane Valverde Nogueira e Ariane de Lima Zárate*, que pacientemente atenderam às nossas necessidades, com dedicação e atenção.

Ao pessoal do *Laboratório de Geoprocessamento do CPPGE*, que forneceu preciosos materiais do Banco de Dados, que facilitou o levantamento de dados e informações.

Ao *Biólogo e Mestre em Desenvolvimento Local Marivan Marcos Ribas Paiva*, parceiro nas discussões acaloradas sobre o tema de Desenvolvimento Local, que permitiu dar maior embasamento ao trabalho.

Ao *Eng. Agr. Dr. Donivaldo Pedro Martins* e ao *Eng. Agr. Me. Alberto Renault Adib*, do Programa de Consolidação e Emancipação (Auto-Suficiência) de Assentamentos Resultantes da Reforma Agrária-PAC/INCRA/BID (PCT/BRA/IICA-01/010), que incentivou a conclusão do mestrado, na minha condição de Gerente da Unidade Técnica Estadual do Programa, em Mato Grosso do Sul.

Aos *anônimos produtores rurais familiares deste Estado*, com os quais tive o privilégio de conviver, pelo legado de tenacidade e sonhos, na busca incessante de um protagonismo próprio, cuja chama de esperança, espero, jamais se arrefeça.

RESUMO

Resumo: Este estudo explora a aplicabilidade de dados e informações obtidos de satélites como NOAA (Administração Nacional Oceânica e Atmosférica) e Landsat, como instrumento de planejamento para desenvolvimento local sustentável. O desenvolvimento local sugerido segue as linhas básicas apresentadas pela Agenda 21 (PNUD, Rio 92), adotando os princípios propostos por Ignacy Sachs (1997): “colocando em prática o eco-desenvolvimento, através da recriação do planejamento”. A variação inter anual de taxa de desmatamento e parâmetros climáticos, incluindo temperatura média anual e precipitação total no Município de Terenos, foi analisada para o período de 1981 a 2000. Foram utilizadas aerofotos de 1966, fornecidas pelo DSG (Diretoria de Serviço Geográfico), e imagens de Landsat de 1985, 1996 e 2000, para calcular a taxa de desmatamento, usando o método de classificação de imagem e análise do software SPRING, desenvolvido pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisa Espacial), disponível na internet. Os dados cumulativos anuais do NDVI (Índice de Vegetação da Diferença Normalizada) foram utilizados para correlacionar as taxas de desmatamentos calculadas dos dados do NOAA AVHRR (Radiômetro Avançado de Altíssima Resolução), GAC (Cobertura de Área Global), no período de 1981 a 2000, fornecidos pelo GSFC/NASA (Centro Espacial de Vão Goddard /Administração Nacional Aeroespacial). Os resultados mostraram que a temperatura média anual aumentou de 22.5° para 24.6° C e a precipitação total anual diminuiu de 1500 para 1250 mm e o NDVI cumulativo anual diminuiu de 7.3 para 6.8 (durante o período de 1981 a 2000). A cobertura vegetal natural do Município de Terenos reduziu de 68%, em 1966; 35%, em 1985; 32%, em 1996; e 27%, em 2000. Indicando que o desmatamento afetou o clima regional. Foi obtido um valor de coeficiente de correlação de 0.91 entre NDVI e taxa de desmatamento. Demonstrando que a redução do índice do verde da superfície analisada coincidiu com a redução de vegetação nativa. Conclui-se que os satélites ambientais geraram informações importantes, tornando-se uma ferramenta útil para monitorar a variabilidade climática anual e melhorar os parâmetros para o planejamento de desenvolvimento local de forma sustentável. Para estudo adicional, sugere-se a aplicação de modelo de SIG (Sistemas de Informações Geográficas), baseada na utilização combinada de mapas digitais de uso de terra, aero-fotogrametria e imagens digitais de satélite, com validação de dados de campo, para se obter uma estratégia adequada de recuperação de terras degradadas para um plano de desenvolvimento sustentável regional satisfatório para o Município de Terenos, no Estado de Mato Grosso do Sul.

Palavras chaves: Climatologia, desenvolvimento sustentável, planejamento local, NDVI, sensoriamento remoto, Terenos.

ABSTRACT

Abstract: This study explores the applicability of data and information obtained from satellites such as NOAA (National Atmosphere and Oceanic Administration) and Landsat as a planning instrument for sustainable local development. The local development basic lines presented by the 21 agenda (PNUD, Rio 92) were used as guidelines in this study adopting Ignacy Sachs (1997) proposed principle: “putting in practice the echo-development, through recreation of the planning.” Inter annual variation of deforestation rate and climatic parameters including annual mean temperature and annual total precipitation in the Terenos District were analyzed for the period of 1981 to 2000. One aero photograph of 1966 provided by the DSG (Diretoria de Serviço Geográfico) and three LANDSAT composite images of 1985, 1996 and 2000 were used to calculate the deforestation rate using classification method of the imagery analysis software SPRING developed by INPE (Instituto Nacional de Pesquisa Espacial) available at the internet. Annual cumulated NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) data calculated from the NOAA AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometers) GAC (Global Area Coverage) data for the period of 1981 to 2000 provided by the GSFC/NASA (Goddard Space Flight Center/ National Aero Space Administration) were used to correlate with deforestation rate. The results showed that annual mean temperature increased from 22.5 to 24.6 C, annual total precipitation decreased from 1500 to 1250 mm and annual cumulated NDVI decreased from 7.3 to 6.8 (during the period of 1981 to 2000. Percentage vegetation cover of the Terenos District reduced from 68% in 1966, 35% in 1985, 32% in 1996 to 27% in 2000. It indicated that the deforestation did affect the regional climate. A correlation coefficient value of 0.91 was obtained between NDVI and deforestation rate. It demonstrates that the reduction of surface greenness agrees quite well with the reduction of native vegetation. It is concluded that the satellites generated environmental information provides us an useful tool for monitoring inter annual climatic variability which assists us for better local sustainable development planning. For further study, it is suggested that the application of suitable GIS (Geographic Information System) model based on the combined use of land use digital maps, aero photographs and satellites digital images validated with field data to obtain an adequate land degradation recovery strategy and a suitable regional sustainable development plan for the Terenos District in the Mato Grosso do Sul State.

Key Words: Climatology, sustainable development, local planning, NDVI, remote sensing, Terenos.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Planejamento do Desenvolvimento Sustentável - Níveis de Integração.	21
Figura 2 - Esquema de Desenvolvimento Sustentável.	25
Figura 3 - Acúmulo, Destruição e Equilíbrio de Matéria Orgânica.	28
Figura 4 - Índice da Área Foliar (Leaf Área Index - LAI).	32
Figura 5 - Adaptação do Roteiro de Procedimento do ZEE/MS.	40
Figura 6 - Carta síntese de subsídio à gestão do território.	41
Figura 7 - Esquema de Comprimento de Onda (μm).	46
Figura 8 - Comparação imagem espectral de trigo sem e com déficit hídrico	48
Figura 9 - Balanço Hídrico Climatológico de Campo Grande	69
Figura 10 - Armazenamento de Água no Solo em Campo Grande	70
Figura 12 - NDVI Anual e Tendência de Terenos.	88
Figura 13 - Índice de NDVI Mensal da Região de Terenos.	89
Figura 15 - Campo Grande - Temperatura Máxima Média Anual	96
Figura 16 - Campo Grande – Evolução da Precipitação Total Anual.	97

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características do Satélite NOAA.	48
Tabela 2 - NDVI total anual de 4 regiões do Brasil.....	56
Tabela 3 - Dados Demográficos do Município de Terenos	77
Tabela 4 - Terenos - Área Colhida dos Principais Produtos Agrícolas - 1996-2000.....	78
Tabela 5 - Terenos - Principais Produtos Agrícolas - 1996-2000.....	79
Tabela 6 - Terenos - Principais Rebanhos – 1995-99 (cabeças).....	79
Tabela 7 - Terenos –Evolução da área desmatada (%)	90
Tabela 8. Correlação entre NDVI e Taxa de desmatamento em Terenos.....	99

LISTA DE MAPAS

MAPA 1 - Brasil - clima continental e correntes marítimas.....	65
MAPA 2 - Brasil - unidades climáticas.	66
MAPA 3 - Variação Mesoclimática de MS.	71
MAPA 4 - Mato Grosso do Sul - classificação climática de base genética.	72
MAPA 5 - Localização do Município de Terenos.	73
MAPA 6 - Região de Terenos - Mapa de Vegetação.....	81
MAPA 7 - Região de Terenos - Avaliação do Potencial dos Recursos Naturais.	82
MAPA 8 - Região de Terenos - solos.	83
MAPA 9 - Região de Terenos - aptidão agrícola dos solos.	84
MAPA 10 - Terenos - uso atual dos solos - 1966.	91
MAPA 11 - Terenos - uso atual dos solos - 1985.	92
MAPA 12 - Terenos - uso atual dos solos - 1996.	93
MAPA 13 - Terenos - uso atual dos solos - 2000.	94

SUMÁRIO

RESUMO 6	
ABSTRACT.....	7
INTRODUÇÃO	13
OBJETIVOS	16
CAPÍTULO I - REVISÃO DA LITERATURA.....	17
1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E INSTRUMENTAL	17
1.1 Elementos para o Planejamento do Desenvolvimento Local.....	17
1.1.1 Conceituação de Desenvolvimento Local Sustentável	17
1.1.2 Planejamento do Desenvolvimento Local	19
1.1.3 Cenários prospectivos de Mato Grosso do Sul	22
1.2 Condicionantes do ambiente	23
1.2.1 As forças locais	23
1.2.2 Evolução de Sistemas Ecológicos.....	25
1.2.3 Energia de irradiação solar.....	27
1.2.4 Processo de fotossíntese.....	29
1.2.5 Nutrição mineral das plantas.....	31
1.2.6 Fator temperatura	32
1.2.7 Fator água.....	33
1.3 Avaliação do potencial de uso dos recursos naturais	34
1.3.1 Banco de dados (Geoprocessamento).....	36
1.3.1.1 Carta Temática de Vulnerabilidade Natural.....	37
1.3.1.2 Carta Temática de Potencialidade Social.....	37
1.3.1.3 Carta síntese de subsídios à gestão do território	40
1.3.2 Zoneamento Agroclimático e Probabilidade de Atendimento Hídrico.....	41
1.4 Sensoriamento Remoto	42
1.4.1 Características dos Sensores AVHRR	45
1.4.2 Índices de Satélites NOAA/AVHRR	47
1.4.2.1 Base Teórica de Aplicação do Índice de Vegetação	47
1.4.2.2 Índice de Condição da Vegetação (VCI)	52
1.4.2.3 Índice de Condição da Temperatura (TCI).....	53
1.4.2.4 Previsão de Safras	53
1.4.2.5 Déficit hídrico e precipitação inferidos pelo NDVI.....	54
1.4.2.6 Evolução da seca inferida pelo NDVI.....	55
1.4.2.7 Desmatamento e variabilidade climática	55
1.4.2.8 NDVI e déficit hídrico	56
1.4.2.9 NDVI e precipitação	56
1.4.3 Caracterização dos Satélites da Série LANDSAT	56
CAPÍTULO II - A PESQUISA.....	59
1. OBJETIVOS	59
2. METODOLOGIA	60
2.1 Coleta e tratamento de dados meteorológicos básicos.....	61
3. EVOLUÇÃO DE DADOS BÁSICOS.....	62
CAPÍTULO III - RESULTADOS	64
1 VARIABILIDADE CLIMÁTICA E PREVISÕES: O CASO DE TERENOS	64
1.1 Elementos de análise meteorológica	64
1.1.1 Clima local e regional	64
CAPÍTULO IV - DISCUSSÃO	85

1	ANÁLISE E EVOLUÇÃO DOS DADOS	85
1.1	Análise de Dados de Satélites	85
1.2	Evolução anual de NDVI/NOAA e tendências (1982-2000).....	86
1.3	Evolução mensal de NDVI e tendências (1981 a 2000)	88
1.4	Evolução de uso atual de solos por meio de satélite LANDSAT	88
1.5	Resultados de análises de dados meteorológicos	95
1.5.2	Evolução da precipitação	96
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	100
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	102
	ANEXOS	106

INTRODUÇÃO

O modelo de desenvolvimento das décadas de 1970 e 1980, no estado, ampliou as fronteiras agrícolas de forma não planejada. Consequência disso é o desmatamento desordenado e a degradação do meio ambiente, requerendo da sociedade ações urgentes para sua recuperação. Para que isso ocorra, tornou-se imperativo a observação de novos paradigmas de qualidade e competitividade, exigindo relação custo-benefício compatível para as ações que visem a inserção da produção local, no mercado globalizado. Por outro lado, a conjuntura por que passa o país exige da sociedade iniciativa inovadora de sobrevivência dos segmentos mais frágeis de combate à pobreza e, especialmente, o êxodo rural. Medida com objetivo de criar as condições de melhoria da qualidade de vida das populações está em curso. Aumentar a produção de alimentos básicos, por meio de agregação de valores à sua renda, como forma de mantê-los em seu meio por meio do combate sistemático às principais causas do êxodo rural é uma delas.

Por sua vez, no campo científico, além de tecnologias produtivas e gerenciais, pesquisas em andamento disponibilizam novas tecnologias de análise e monitoramento dos fatores climáticos e ambientais. Busca, dessa forma, o controle dos fatores que possa melhorar a estabilidade sócio-econômica e ambiental das comunidades.

Para o desenvolvimento dos trabalhos, recorreu-se, inicialmente, à revisão bibliográfica sobre o tema, delineando-se em seguida a metodologia da pesquisa. A sua fundamentação teórica baseou-se nos avanços recentes da utilização dos princípios físicos das ondas eletromagnéticas obtidas através de dados de imagens de sensores remotos, instalados em satélites de observação terrestre.

Cada vez mais, instrumentos de maior precisão para análises do ambiente físico estão sendo desenvolvidos para resolver questões que sempre intrigou a humanidade: o controle climático e as previsões. O outro problema refere-se à necessidade de espacialização e monitoramento de potenciais econômicos vocacionados e das limitações de suas explorações. O sensoriamento remoto por técnicas de geoprocessamento e de Sistemas de Informações Geográficas-SIG, por meio de satélites de observações terrestres como: NOAA/AVHRR, LANDSAT, IKONOS, SPOT, é um desses instrumentos.

Colocar em prática a sua utilização apoiada em técnicas de Sensoriamento Remoto e Sistema de Informações Geográficas (SIG), foi o objetivo deste trabalho. A análise de dados e informações gerados e armazenados pelos satélites possibilitou discorrer, também, a sua utilização como instrumento de planejamento do desenvolvimento local, em face das amplas possibilidades oferecidas pelos sensores remotos.

A Agenda 21 (RIO 92/ONU, 1992) indicou as linhas básicas de sustentabilidade do desenvolvimento. Os princípios propostos por Ignacy Sachs (1997) de colocar em prática o eco-desenvolvimento, por meio da recriação do planejamento, nortearam os trabalhos, envolvendo as dimensões ambientais, econômico-sociais, político-culturais, técnico-científicos e territoriais, de forma sistêmica e integrada.

O diagnóstico climático, em face da sua abrangência espacial, foi realizado a partir da visão regional, em nível de Estado, enfocando com maior destaque o município de Terenos. Na medida do possível, buscou-se, também, indicadores que permitisse a continuidade dos trabalhos, especialmente, para a análise do microclima local. O levantamento dos parâmetros ambientais, as suas forças locais e as vulnerabilidades indicaram como critério a busca da qualidade e a maior agregação de valores como fundamentação para definir o melhor aproveitamento das vantagens comparativas e locais do município.

A metodologia de planejamento do desenvolvimento local indicou a maior participação da comunidade rural, na análise das dimensões e dos elementos que determinam as “forças locais”, sob a ótica da escala humana, fundamentadas nas concepções atuais de desenvolvimento local.

Foram utilizados os softwares SPRING e ENVI, para o delineamento e a evolução do desflorestamento da cobertura vegetal natural, a partir de imagens selecionadas de satélites LANDSAT, Carta imagem do DSG e imagens do NOAA/AVHRR, neste caso, fornecendo os Índices de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI - Normalized Difference Vegetation Index).

Os dados -climático, temporal e espacial- foram direcionados com o intuito de se analisar as suas variabilidades, através de série histórica de imagens de satélites ambientais. O seu resultado permitiu diagnosticar a variabilidade climática local e, ao mesmo tempo, dar as indicações para o monitoramento ambiental do espaço geográfico do

Município de Terenos, permitindo, ainda, analisar as correlações entre as áreas desmatadas e a variabilidade climática na área de sua influência territorial.

Para a definição das potencialidades e restrições de recursos naturais do Município, foi sugerido o aprofundamento dos resultados dos estudos do Macrozoneamento Geoambiental de MS (SEPLAN/MS, 1989), como indicativo para se buscar as alternativas tecnológicas de uso racional dos seus recursos naturais, como base para as informações geográficas *especializadas* do município de Terenos.

As indicações para a formatação de um sistema de planejamento para o desenvolvimento local partiram dos pressupostos básicos das diretrizes da Agenda 21 (RIO/92/ONU) para o desenvolvimento, alicerçado nas dimensões de: Equidade Social, Conservação Ambiental e Eficiência Econômica, para um desenvolvimento de forma sustentável. A experiência de planejamento do Nordeste do Brasil, sob os aspectos de avanços tecnológicos em matéria de planejamento, permitiu indicar a possibilidade de sua aplicação no Município de Terenos, realizando-se as devidas adaptações necessárias às condições e à realidade do seu espaço geográfico e do capital humano disponível.

Para referenciar o conceito de “desenvolvimento sustentável” o trabalho fundamentou-se na Conferência Mundial do Meio Ambiente (ESTOCOLMO, 1972) e na Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (RIO, 92), conciliando-se os parâmetros sociais e ambientais agregando-os ao desenvolvimento econômico, em busca da melhoria da qualidade de vida das populações de forma sistêmica e integrada.

Finalmente, este trabalho, ainda que de forma preliminar, inicia as discussões para a construção de um novo referencial instrumental para o planejamento do desenvolvimento local sustentável, buscando a compreensão dos princípios que nortearam a elaboração da Agenda 21 (RIO/92/ONU) e os novos paradigmas de desenvolvimento, em curso, por meio da revisão de atuais conceitos e estratégias sobre o tema.

OBJETIVOS

OBJETIVO GERAL

Analisar a aplicabilidade de dados de satélites ambientais como instrumento de planejamento e monitoramento do desenvolvimento local, com a utilização de informações de registros climáticos gerados (NOAA, LANDSAT etc), por meio de Sistemas de Informações Geográficas-SIG e geoprocessamento, tendo em vista a crônica carência desse tipo de instrumento no espaço territorial municipal.

Dentre os instrumentos técnicos, o conhecimento dos mecanismos climáticos são determinantes para a definição da biodiversidade do ambiente local e, portanto, da qualidade de vida das pessoas. Disponibilizar os seus resultados, com antecedência, ou permitir o controle dos efeitos decorrentes de eventos climáticos cíclicos foi uma das preocupações do estudo.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar a evolução de áreas desmatadas de Terenos, para verificar a variabilidade climática no período entre 1966 a 2000, com a utilização de dados de aerofotos (DSG/USAF-1964/66), imagens de radar e sensores remotos de Satélites NOAA e LANDSAT;
- Testar o dados climáticos coletados, cruzando-os com as áreas desmatadas, através de satélite LANDSAT, com a utilização de geoprocessamento para verificação de indícios de mudanças climáticas no período estudado, além de justificar novos estudos ou intervenções corretivas no município.
- Analisar a evolução da temperatura média da máxima, de Terenos, no período de 1974 a 2000 através de dados meteorológicos históricos coletados;
- Analisar a evolução de dados de precipitações, de Terenos, no mesmo período;
- Analisar a utilização do ferramental para aplicação na definição de parâmetros para elaboração de um Plano do Desenvolvimento Local Sustentável para o município de Terenos/MS.

CAPÍTULO I

1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E INSTRUMENTAL

A pesquisa tem como eixo principal analisar a aplicabilidade da utilização de dados de variabilidade climática passada e as previsões futuras, por meio de satélites artificiais de observação ambiental, como instrumento de planejamento do desenvolvimento local em bases sustentáveis. O foco dos estudos direciona, no entanto, com mais detalhe, para a proposta de análise das potencialidades e restrições para definir as “forças do local” (SANTOS, 1966), no espaço territorial municipal como “locus” para a retomada de desenvolvimento local de forma organizada.

1.1 Elementos para o Planejamento do Desenvolvimento Local

1.1.1 Conceituação de Desenvolvimento Local Sustentável

O Relatório da “Comissão Brundtland” (ONU, 1987) conceituou desenvolvimento sustentável como um processo que busca satisfazer as necessidades e aspirações humanas do presente, sem comprometer a possibilidade das gerações futuras para atender às suas próprias necessidades.

Contrapondo à corrente dos que defendiam, à época, a corrida ao crescimento econômico, postergando a divisão da renda e a conservação ambiental, houve, a partir da conferência sobre o meio ambiente de Estocolmo (1972), a outra fase do extremismo ambientalista, propalando o iminente esgotamento dos recursos naturais disponíveis (utilizado, também, como bandeira de protecionismo “não tarifário”) e do combate à poluição industrial dos países industrializados (não reconhecidos por alguns), condenando os países pobres e, principalmente, os emergentes a um neocolonialismo ambiental.

A Conferência do RIO (1992), no entanto, sintetizou um novo conceito que buscou a harmonização desses objetivos com a denominação de “desenvolvimento sustentável”, no qual se tentou buscar o equilíbrio entre as dimensões do desenvolvimento

(equidade social, racionalidade econômica e conservação com recuperação ambiental) firmado na Cúpula da Terra, no Rio de Janeiro, com a assinatura do documento da Agenda 21, cujas nações signatárias se comprometeram implementá-la ao longo do Século XXI.

Nesse contexto, o desenvolvimento sustentável foi definido como o processo de mudança social e elevação das oportunidades da sociedade, compatibilizando, no tempo e no espaço, as dimensões ambientais, econômicas, sociais, culturais, ecológicas, territoriais, políticas nacionais e internacionais (SACHS, 1998).

A nova visão da realidade baseia-se na consciência do estado de inter-relação e interdependência essencial de todos os fenômenos – físicos, biológicos, psicológicos, sociais e culturais (CAPRA, 1982). Essa visão transcende as atuais fronteiras disciplinares e conceituais e adentra no âmbito multistitucional e multidisciplinar. Os fenômenos meteorológicos e, portanto, a variabilidade climática também se interrelaciona com os demais fatores determinantes do processo de sustentabilidade do desenvolvimento.

As mudanças radicais de paradigmas da globalização, em qualquer processo de desenvolvimento, não prescindem de planejamentos de curto, médio e longo prazo, com o objetivo de ordenar as ações públicas e privadas, com o envolvimento de todos os atores locais de forma participativa.

A “Escala Humana” de desenvolvimento (MAX-NEEF, 1994) busca, na satisfação das necessidades humanas fundamentais, na geração de patamares crescentes de auto-sustentação, na integração da população com o meio ambiente e a tecnologia, na ação global influenciando o local, na ação individual com o social, na autonomia individual e a sua convivência com as regras da sociedade, a transformação da pessoa-objeto em pessoa-sujeito do desenvolvimento, entre outras coisas, afirmando que isso é um problema de escala; porque não há protagonismo possível em sistemas gigantescos organizados hierarquicamente de cima para baixo.

Yunus (1994) referiu que brilhantes teóricos de economia não acham útil dedicar tempo ao estudo de problemas como a pobreza e a fome. Eles querem que esses problemas se resolvam sozinhos, quando a onda da prosperidade econômica tiver coberto os países. Esses mesmos economistas, que aplicam todo o seu talento à análise dos processos de desenvolvimento e de prosperidade, não dirigem nem mesmo olhar distraído para a pobreza e a fome, processo julgado secundário. Admitiu que, se o mundo colocar entre suas prioridades a luta contra a pobreza, poder-se-á construir um universo legitimamente orgulhosos, em vez de se ter vergonha dele, como é o caso atual.

As causas básicas da insustentabilidade do desenvolvimento rural estão relacionadas à “escassez” de recursos naturais, traduzidas na sua má distribuição e na pobreza nas áreas rurais (MAALOUF, 1991).

Os recursos financeiros são escassos, a ação do setor público na saúde da população rural em geral é precária, a assistência técnica é limitada e a impossibilidade de investir na produção e vem depauperando os solos e os recursos naturais, causando impactos negativos ao desenvolvimento agrícola.

A escala do problema depende da localização, dimensionamento, qualificação e seleção de alternativas tecnológicas de uso racional dos recursos naturais. Entre os instrumentos técnico-científicos modernos está a utilização de satélites artificiais e outros sensores remotos que permitem o monitoramento e a “espacialização” (territorialização) da área a ser trabalhada, cujo acesso aos agricultores ainda é limitada.

O desenvolvimento rural independe do tamanho da produção, mas a espacialização do problema deverá ser concebida, em um contexto de mudanças de paradigmas estruturais, com nova concepção de desenvolvimento em escala humana.

1.1.2 Planejamento do Desenvolvimento Local

Os fenômenos climáticos têm governado a vida na Terra desde a sua remota origem geológica. Recentes estudos do paleoclima em território sul-americano, por meio de escavações no Peru, indicaram que variações climáticas de fenômenos, como “El Niño” e “La Niña”, têm indícios de ocorrência antes mesmo da “Teoria Geral da Evolução” de Darwin, ainda na era da civilização pré-incáica. Usando técnicas de datação por isótopos radioativos de Carbono-14, os estudos indicam que os ciclos climáticos de eras geológicas têm mudado a face de uma civilização ou a economia de um país.

Este trabalho não entra nesse mérito, mas apenas referencia os estudos para enfatizar a importância da variabilidade climática no dia a dia das atividades humanas. A análise da variabilidade climática de uma geração, ou seja, um normal climático (30 anos), já pode dar as indicações para definir sistemas de produção planejados, ao longo da vida útil de um empreendimento. Ter um instrumento que dê as indicações da probabilidade de ocorrência cíclica de determinado evento climático (secas, cheias, geadas etc.), que permita a prevenção ou correção de rumos de atividades produtivas de maior risco, é um passo enorme na busca de um desenvolvimento local de forma sustentável. A agricultura, em geral, sobretudo a familiar, carece de instrumentos desse tipo, que permita, por exemplo, a

escolha de espécies vegetais ou atividades de valor econômico, adaptadas ou resistentes às variações climáticas, para planejar sistemas produtivos estáveis.

Para isso é necessário dispor-se de instrumental de planejamento racional de curto, médio ou longo prazo, que propicie a busca de protagonismo próprio entre os produtores rurais (LACKI, 1995).

A SUDENE, com atuação destacada na região do “polígono das secas”, tem tido experiências em inúmeros trabalhos de planejamento na área rural, que podem servir de parâmetro para a construção de modelos de aplicabilidade local. Os modelos são conjuntos de explorações, “tipos” de sistemas agrários regionais, que têm a função de dimensionar a relação custo-benefício da proposta de políticas públicas de forma planejada. A sua implementação efetiva dependerá, no entanto, da definição de agrossistemas locais, partindo das potencialidades e restrições, especialmente, a geração de capital humano e social.

A análise de custo-benefício utiliza as possíveis combinações de fatores de produção consistentes entre culturas anuais, perenes ou temporários, portadores de valores econômicos e ambientais futuros, com base nos parâmetros climáticos levantados por meio de sensores remotos, imprescindíveis para um planejamento atual e moderno.

A escolha da base tecnológica, uma vez testada localmente, possibilita a melhoria da estabilidade de renda local e, portanto, da qualidade de vida dos produtores. A adoção de atividades integradas agrossilvopastoris ou agrofloretais (COSTA et al., 2002), como modelo de recomposição de sistemas ambientais degradados de forma produtiva, deverá ser proposta e experimentada para análise de custo-benefício, visando à possibilidade de recuperação ambiental econômica, em comunidades ou municípios.

Isso contribuirá para indicar novos níveis de inovações tecnológicas ambientais, para o delineamento de estudos de viabilidade técnica, econômica, financeira e gerencial de desenvolvimento sustentável de alcance espacial e temporal. A proposta de planejamento do desenvolvimento local tem, na Agenda 21 (ONU/RIO, 1992), os parâmetros norteadores para:

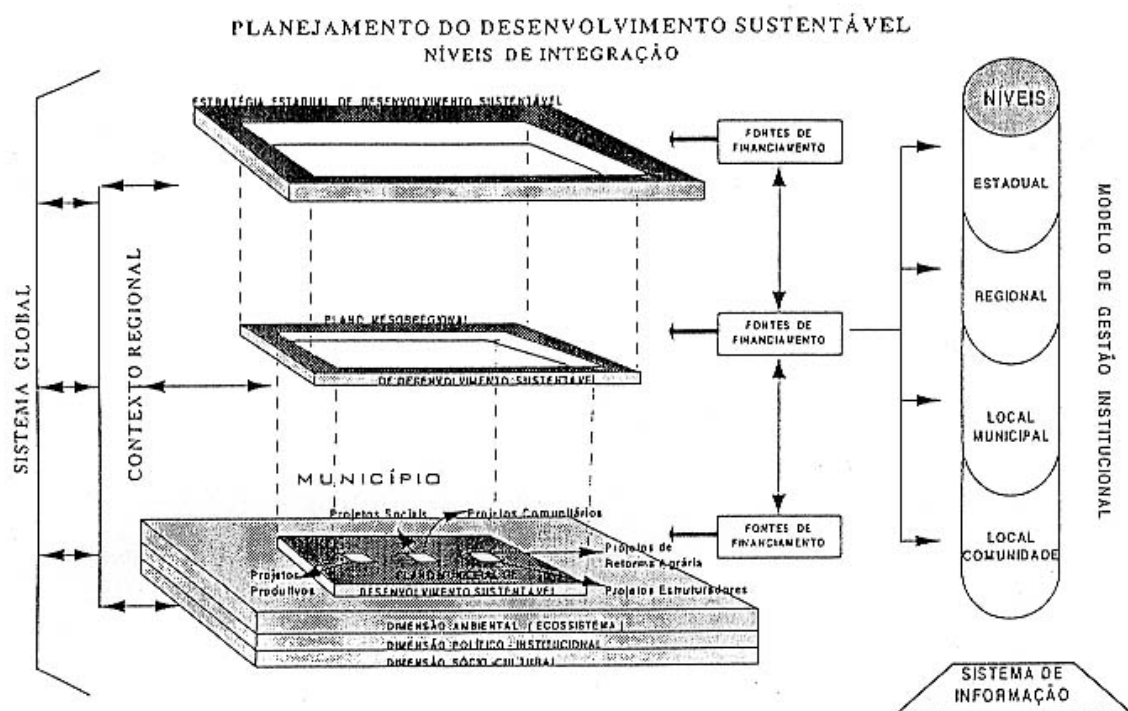
- elevação da qualidade de vida e da equidade social construído de forma participativa, como *objetivo* central da estratégia de desenvolvimento local;
- novo olhar sobre a manutenção da eficiência e do crescimento econômico como requisitos fundamentais, sem os quais também não é possível elevar a qualidade de vida com equidade. Representa a condição necessária, porém, não suficiente para um desenvolvimento sustentável;

- conservação ambiental como condicionante decisivo da sustentabilidade do desenvolvimento, assegurando qualidade de vida às gerações futuras e equidade social sustentável e contínua, no tempo e no espaço.

A utilização do espaço político-administrativo municipal (figura 1), como unidade de análise, é critério meramente metodológico (BUARQUE, 1996), com a finalidade de facilitar o diagnóstico e as ações de intervenção. A *dimensão humana* “local” tanto pode transcender esse espaço territorial como se limitar a espaços restritos, como no caso das comunidades de pequenos produtores rurais familiares.

O desenvolvimento rural caracteriza-se como processo sistematizado pelo qual se procura aumentar a eficiência da atividade, com a finalidade de alcançar, em um prazo maior ou menor (curto, médio ou longo), um conjunto de metas estabelecidas no espaço e no tempo, cujas respostas dependem da interação solo-planta-clima-homem (BRANDT, 1973).

FIGURA 1 - Planejamento do Desenvolvimento Sustentável - Níveis de Integração.



Em termos amplos e atuais, planejamento rural é definido como a racionalização de ação e, em sentido estrito, como um processo organizado e sistematizado, por meio do qual se procura utilizar melhor e mais eficientemente os recursos disponíveis, com a finalidade de alcançar em determinado prazo, metas estabelecidas, partindo de uma conjuntura conhecida (diagnóstico) de modo amplamente participativo para um diálogo necessário entre cultura e desenvolvimento local para um novo desenvolvimento rural (CARPIO, 2001).

Do ponto de vista didático, em um planejamento rural, deverão ser observados os fatores que afetam a renda do agricultor:

- a) **Externos, exógenos ou incontroláveis:** mercado e preços; clima e recursos naturais (fatores ambientais); tributos (fatores institucionais); crédito rural e assistência técnica (fatores institucionais).
- b) **Endógenos, internos ou controláveis:** tamanho ou volume dos negócios; produtividade da terra ou animais; eficiência de uso de mão-de-obra e uso de máquinas e equipamentos (intensidade de exploração); padrões de produção (sistemas de produção); arranjos de campo e benfeitorias; característica ou preferência do empresário; fatores físicos, químicos e biológicos; capacidade de uso dos solos; eventos climáticos como geada, seca, insolação; topografia; tipo de vegetação e hidrografia.

1.1.3 Cenários prospectivos de Mato Grosso do Sul

A visão prospectiva de longo prazo de planejamento estratégico do documento “Cenários de Longo Prazo para Mato Grosso do Sul” traça os cenários mais prováveis entre todos aqueles cenários possíveis (GRUMBACH, 1997) e propõe, a partir de imagens de futuro, configuradas por combinação coerente de hipóteses, sobre alternativas prováveis de comportamento das variáveis de um sistema, um conjunto coerente de grandes escolhas e prioridades que orienta o gerenciamento do presente, para a construção do futuro, em um horizonte de curto, médio e longo prazos, sob condições de incerteza.

A expansão de fronteiras agrícolas no estado, nas décadas passadas, foi realizada com grande ônus ambiental: a necessidade de se apropriar dos seus recursos naturais. O diagnóstico dos impactos globais sofridos, por meio de análises de custo-benefícios ambientais, ainda que indicativas, é extremamente negativa, de acordo com a percepção da sociedade. Careceu, para isso, de ferramentas de maior precisão, seja para detectar as principais causas como corrigir os seus efeitos ao longo do tempo. Os eventos

climáticos catastróficos ocorridos têm influído na estabilidade econômica de forma geral e local.

Por sua vez, os cenários prospectivos de entidades como a ONU vêm sendo pautado por revisões, análises e atualizações de indicadores de desenvolvimento humano e cenários de longo prazo, identificando prioridades a serem discutidas no processo de planejamento estratégico das atividades produtivas rurais e urbanas das localidades.

1.2 Condicionantes do ambiente

1.2.1 As forças locais

Entre os fatores determinantes de suma importância no desenvolvimento rural está a identificação das *forças locais* (SANTOS, 1999), visando produzir informações e conhecimentos que permitam instrumentalizar as inovações endógenas no processo de produção, processamento, comercialização e gerenciamento de pequenos produtores rurais, com a apropriação de indicadores de agregação de valores da cadeia de agronegócios.

A acelerada diminuição de serviços e recursos, que os governos destinam ao fomento agropecuário, nas políticas públicas, requer do setor rural a adoção de novas alternativas inovadoras, partindo das suas potencialidades e restrições endógenas e exógenas identificadas no processo de desenvolvimento de um espaço geográfico definido, em função de uma determinada ordem local (LE BOURLEGAT, 1998). O processo dinâmico de desenvolvimento rural deve ser auto-sustentável pela própria natureza da atividade e tem como princípio que nem sempre a modernização no campo está condicionada à disponibilidade de créditos, maquinaria de alto rendimento e “tecnologia de ponta”.

Proporcionando-se aos agricultores as informações e conhecimentos necessários ao desenvolvimento dos seus trabalhos, compatíveis com as potencialidades e restrições de recursos de que eles realmente possuem e introduzindo uma adequada capacitação, com ações direcionadas a toda a cadeia produtiva, de forma sistêmica e integrada, diminuiria grande parte de sua dependência externa (LACKI, 1995).

O processo contempla as condições necessárias (elementos de racionalidade econômica e de conservação ambiental) e as condições de suficiência das necessidades humanas (elementos de equidade social) (BUARQUE, 1996).

O pressuposto básico é o combate à pobreza, às desigualdades sociais e recuperação econômica do meio ambiente, evitando-se a ausência de realismo econômico.

A estratégia busca a eficiência e a eficácia para que a rentabilidade e a competitividade tornem-se realidades concretas e os pequenos agricultores protagonizem, de fato, o autodesenvolvimento, que ocorra das suas próprias condicionantes endógenas (figura 2). Trata-se, portanto, de buscar alternativas de viabilização do desenvolvimento endógeno de comunidades rurais, por meio de sinergias entre as várias dimensões de ordem material e imaterial interna (LE BOURLEGAT, 2000), de forma integrada entre as diversas ciências afins, sem as conotações hegemônicas e setorialistas, mas na ação entre as diversas ciências afins (ciências sociais, psicologia, economia, fitotecnia, zootecnia, pedologia, climatologia, engenharia, saneamento etc.), de forma sistêmica, multidisciplinar e interinstitucional, integrados e organizados em rede.

FIGURA 2 - Esquema de Desenvolvimento Sustentável.



Fonte: Buarque (1996). Mostra a visão integrada entre os três componentes básicos para intervenção planejada de Desenvolvimento Local Sustentável: equidade social, eficiência econômica e conservação ambiental.

1.2.2 Evolução de Sistemas Ecológicos

O estudo das informações por meio de satélites requer, no entanto, conhecimentos terrestres pormenorizados, especialmente a função da matéria orgânica e das atividades biológicas e bioquímicas do solo (KIEHL, 1979), componente indispensável para análises da economia biológica, no planejamento do setor rural.

Toda questão instrumental ou teórica da “força do local” deverá levar, também, à compreensão da relação solo-planta-clima-homem, para se buscar o cerne do desenvolvimento rural.

A matéria orgânica do solo origina-se das plantas e animais, dos minerais e dos microorganismos que vivem na terra ou a ela vão ter. As plantas são as principais fontes de matéria orgânica, quer pela deposição dos ramos e folhas, quer pela contribuição oferecida pelas raízes e microorganismos que se decompõem.

No solo, a matéria orgânica é encontrada em diferentes estágios de decomposição; o conteúdo e a composição da matéria orgânica são consequência de fatores diversos, tais como: tipo de vegetação, topografia, clima e o tempo (idade). O acúmulo ou a sua destruição sofre os efeitos das atividades de microorganismos e são afetadas pelas condições de umidade, aeração, temperatura e reação do meio (pH), além do indispensável suprimento de nutrientes e de fontes energéticas como a radiação solar.

As fases de formação, acúmulo, equilíbrio e destruição da matéria orgânica, em um solo, estão representadas, esquematicamente, na figura 3. A letra A representa a região em que ocorreu a formação do solo, onde a vegetação natural foi acrescentando matéria orgânica (MO) ao solo até um ponto em que, praticamente, estabeleceu-se o equilíbrio e o conteúdo permaneceu constante (Região B). Com a supressão da mata pela ação antrópica para a instalação das culturas, deu-se um desequilíbrio drástico, reduzindo o teor da matéria orgânica do solo (Região C) até um ponto em que o manejo dado à terra estabeleceu um nível novo e inferior ao ecossistema original (Região D). Permanecendo nesse solo a mesma cultura e tipo de manejo, em geral inadequado, a tendência é o equilíbrio manter-se nesse novo nível de teor de matéria orgânica, agravando-se com as erosões. Se houver, por qualquer forma, adições temporárias de adubações orgânicas (esterco, leguminosas, plantas arbóreas etc.), o equilíbrio poderá se desfazer novamente, aumentando o teor de matéria orgânica, por algum tempo (Letra E); consumida a matéria orgânica adicionada, o equilíbrio anterior, em nível inferior, refaz-se rapidamente, da mesma maneira, modificando-se o tipo de manejo da terra de cultura, para melhor ou para pior, o equilíbrio se fará em nível acima ou abaixo do equilíbrio anterior.

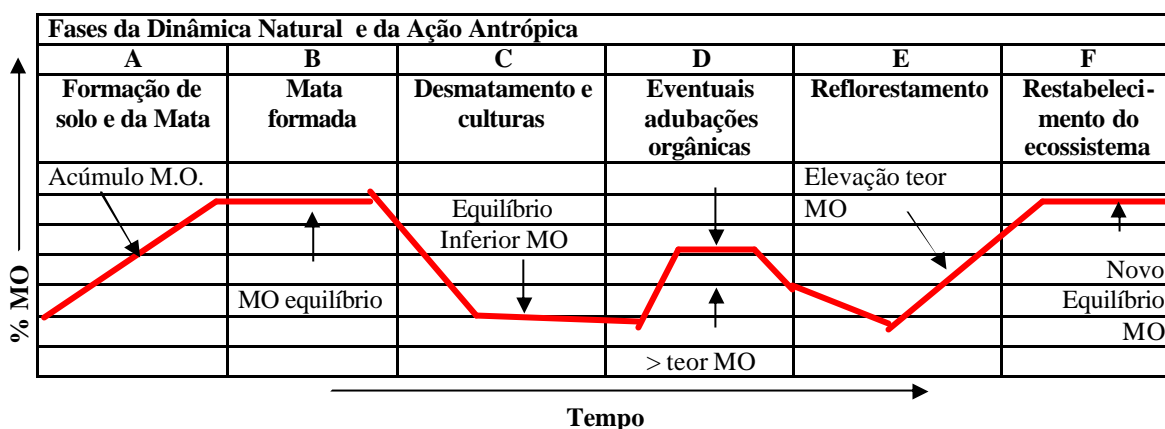
Define-se matéria orgânica do solo como sendo os materiais vegetais e animais crus ou em fase de decomposição ou humificados. Define-se húmus do solo como sendo todos os detritos vegetais e animais que sofreram um processo de decomposição biológica por influência de microrganismos, sob determinadas condições climática favoráveis, encontrando-se ora sob forma resistente a novos e intensos ataques microbianos, formando-se, cumulativamente, no solo, por permanecer algum tempo sem se decompor, ora sob ataques do húmus, que tem por característica constituir-se em cerca de 50 a 80 % do teor da matéria orgânica, possuindo propriedades físicas, químicas e físico-químicas inerentes, coloração entre parda escura e negra, altos conteúdos de lignina e proteína, relação carbono-nitrogênio (C/N), em torno de 10:1. Os efeitos desse complexo processo de transformação, característica da ação catalisadora da matéria orgânica, confere ao sistema o que se poderia denominar de fator biológico da economia rural, diferentemente a economia convencional.

As influências mais evidentes desse fator da “economia invisível” na economia formal poderão ser conferidas abaixo (BUCKMAN, 1976):

- Efeito na cor dos solos – de castanho escuro a preta.
- Influência sobre as propriedades físicas do solo (granulação, redução de plasticidade e coesão etc., conferindo a sua diferenciação qualitativa).
- Aumenta a capacidade de retenção de H₂O (economia de água).
- Elevada capacidade de adsorção de cátions.
- Suprimento e disponibilidade de nutrientes (cátions facilmente permutáveis, N, P e S, mantidos sob forma orgânica).
- Extração de elementos provenientes dos minerais por húmus ácidos.

FIGURA 3 - Acúmulo, destruição e equilíbrio de matéria orgânica.

Esquema de Evolução de Sistemas Ecológicos



Fonte: Kiehl (1979).

1.2.3 Energia de irradiação solar

O fluxo de irradiação solar da biosfera é a principal fonte de energia da dinâmica vital na superfície da Terra. A biomassa que resulta de processos vitais do sistema de cadeia alimentar é processada pela energia radiante da fotossíntese das plantas que, associada à troca de calor, água, matérias minerais e orgânicas, determinam as condições de equilíbrio ambiental adequadas à sustentação da vida terrestre.

A troca de calor nas plantas realiza-se por meio dos processos de radiação, transpiração e convecção. A sua temperatura interna é regulada por meio dos mesmos mecanismos, levando à maior ou menor eficiência fisiológica das plantas.

A radiação é, portanto, a responsável pelo estímulo e regulação do seu desenvolvimento vegetativo. A fotossíntese, no interior das plantas, associada aos processos bioquímicos de troca de matérias, absorve e transforma a energia radiante em matéria seca. O processo fotossintético pode ocorrer na presença de luz, por meio de enzimas (na ausência de luz) ou por difusão, onde o dióxido de carbono e oxigênio, os cloroplastos e o ar atmosférico sofrem estímulos que são regulados pela fonte de energia de irradiação (LARCHER, 1986).

A energia radiante é refletida, absorvida ou transmitida pela superfície foliar. Os processos fisiológicos das plantas sofrem a interferência do comprimento de onda de radiação nas faixa de 0,35µm a 2,50µm. Estas informações, obtidas por meio de sensoriamento remoto, são utilizadas na interpretação de informações sobre a vegetação (SZEKIELDA, 1988):

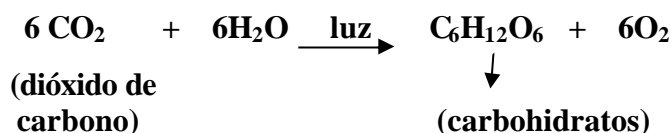
- a) 0,35 μm - 0,50 μm : forte absorção de energia pelos carotenóides e clorofila;
- b) 0,50 μm - 0,62 μm : absorção pelos pigmentos é reduzida;
- c) 0,62 μm - 0,70 μm : forte absorção pela clorofila;
- d) 0,70 μm - 0,74 μm : forte absorção pela clorofila e refletância da radiação verde, próxima de 0,75 μm ;
- e) 0,74 μm - 1,10 μm : alta refletância pela ausência de processos de absorção;
- f) 1,30 μm - 2,50 μm : forte absorção pelo vapor d'água na vegetação.

Os efeitos provocados pelos intervalos do espectro solar foram definidos pelas Comissão Holandesa de Irradiação Vegetal, em 1953, dividindo-os em oito faixas com características próprias, conforme comprimento de onda (MOTA, 1975):

- Faixa 1 - Maior que 1,0 μm : não provoca danos às plantas e são por elas absorvidas.
- Faixa 2 - Entre 1,0 μm e 0,72 μm : exerce efeito sobre o crescimento das plantas. A região próxima a 1,0 μm influi no fotoperiodismo, germinação da semente e coloração dos frutos.
- Faixa 3 - Entre 0,72 μm e 0,61 μm : forte absorção pela clorofila, em que há forte atividade de fotossíntese e fotoperiodismo.
- Faixa 4 - Entre 0,61 μm e 0,51 μm : fraca atividade fotossintética. Corresponde à região verde do espectro.
- Faixa 5 - Entre 0,51 μm e 0,40 μm : maior absorção da radiação pelos pigmentos amarelos e pela clorofila.
- Faixa 6 - Entre 0,40 μm e 0,315 μm : exerce efeitos na formação das plantas, tornando-as mais baixas e as folhas mais espessas.
- Faixa 7 - Entre 0,315 μm e 0,218 μm : prejudicial à maioria das plantas (ultravioleta).
- Faixa 8 - Menores que 0,218 μm : há destruição da clorofila e, portanto, a morte rápida das plantas.

1.2.4 Processo de fotossíntese

O acúmulo de matéria seca e, portanto, o crescimento das plantas ocorrem por meio dos processos de fotossíntese e respiração. Deste processo interativo resulta a fotossíntese líquida. A fotossíntese bruta pode ser representada pela fórmula:



O processo fotossintético pode ser tratado por meio de três componentes básicos:

- (a) - **Processo fotoquímico**, no qual a energia radiante é absorvida e utilizada para gerar alta energia como ATP (Adenosina Trifosfato) e NADPH (Nicotiamida Adenina Dinucleotídeo Fosfato).
- (b) - **Processos Bioquímicos**, que incluem a redução do CO_2 para açúcares, utilizando-se as altas energias geradas nas reações na presença da luz.
- (c) - **Difusão de CO_2** do ar externo para as reações dentro dos cloroplastos.

As plantas superiores são classificadas em três grupos principais, de acordo com a forma de fixação do carbono:

Grupo C3

Contém ácido 3 - fosfoglicérico como base de fixação do carbono (exemplos: arroz, soja, trigo, algodão).

Grupo C4

Contém ácido 4-fosfoglicérico como base de fixação do carbono (exemplos: capins tropical, milho, sorgo, painço, cana-de-açúcar).

Grupo CAM (Crassulacean Acid Metabolism)

Fixam o carbono na forma de ácidos orgânicos e mantêm os estômatos abertos durante à noite (exemplo: abacaxi).

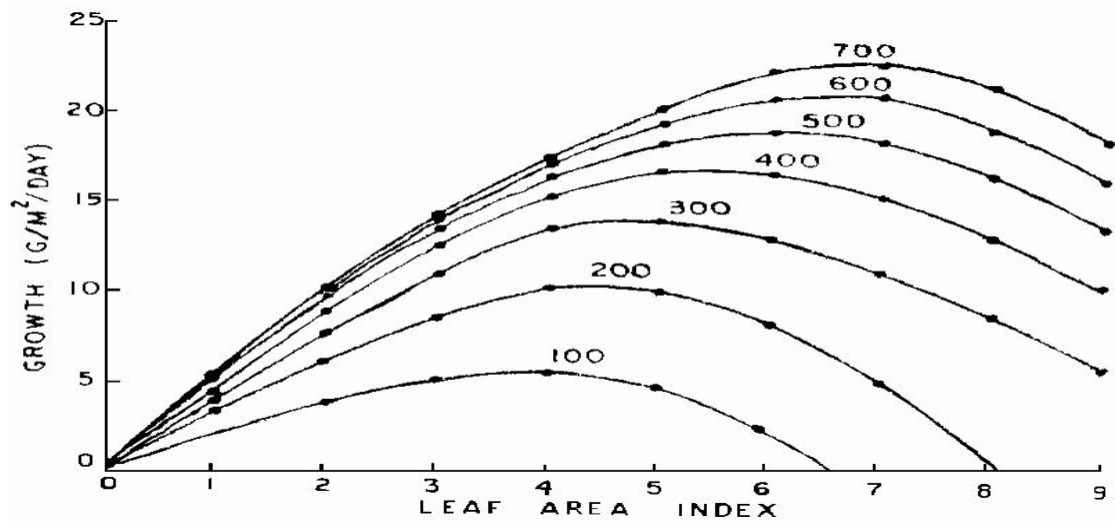
Estudos de Black (1963) mostraram que a taxa de crescimento das plantas aumenta com o **Índice de Área Foliar-IAF** (Leaf Área Index-LAI), atingindo índice máximo e decrescendo, a partir de um nível de intensidade de radiação (figura 4), indicando que o ponto de compensação é baixo ou alto, conforme o Índice de Área Foliar

(LAI), mantendo certa proporcionalidade direta entre elas. Nas primeiras horas do dia, quando as taxas de fotossíntese e de respiração se equilibram, em função da baixa incidência de energia radiante, ocorre o ponto de compensação.

O NDVI aumenta na fase inicial do crescimento vegetativo até o ponto de inflexão da curva e a partir daí começa a diminuir (figura 4). O LAI é um índice que está relacionado ao crescimento vegetativo, sendo maior no início de crescimento vegetativo até a floração. Serve como indicador de taxas de evapotranspiração e fotossíntese (BLACK, 1963).

O LAI serve de parâmetro para o planejamento do início de semeadura. A época de semeadura ideal deve ser ajustada à fenologia das plantas, fazendo coincidir a oferta de energia com o período de maior demanda de radiação fotossintética (LARCHER, 1986).

FIGURA 4 - Índice da Área Foliar (Leaf Área Index - LAI).



Fonte: Black (1963). Mostra a relação entre o Crescimento Vegetativo, em função do LAI e intensidade da radiação solar. Cada curva representa o crescimento, em função do LAI, a uma dada taxa de radiação em ly/dia.

1.2.5 Nutrição mineral das plantas

Os solos retêm materiais minerais, sob a forma de íons, necessários a nutrição das plantas no seu processo de desenvolvimento (LOPES, 1989). Esses nutrientes são encontrados em maior ou menor proporção na natureza ou sob formas de fertilizantes como macronutrientes ou nutrientes primários (Nitrogênio, Fósforo e Potássio), nutrientes secundários (Cálcio, Magnésio e Enxofre) e micronutrientes (Boro, Cloro, Cobre, Ferro, Manganês, Molibdênio e Zinco). No processo de fotossíntese, parte dos nutrientes é incorporada à fitomassa e parte permanece no sistema solo-planta-água ou no suco celular. A disponibilidade de nutrientes segue a Lei do Mínimo, na qual a produtividade das culturas é limitada pelo nutriente mineral menos disponível para as plantas. A deficiência ou o excesso de qualquer uma delas desequilibra o sistema nutricional das plantas limitando o seu desenvolvimento vegetativo normal (LARCHER, 1986).

A disponibilidade mineral nas plantas pode ser classificada em três categorias: deficiente, adequada ou excessiva. A deficiência nutricional acarreta definhamento, baixo nível de produtividade ou envelhecimento precoce. Quando o suprimento mineral é adequado, desde que o clima seja favorável, as plantas completam o seu ciclo de forma sadia, atingindo a sua máxima capacidade produtiva apresentando, também, maior resistência a pragas e doenças e às variações climáticas. A análise foliar permite detectar o excesso ou a deficiência de nutrientes no solo. A falta ou excesso desequilibra o sistema

nutricional, cujos sintomas têm características próprias que servem de parâmetros para análise nutricional das plantas. A concentração de clorofila nas folhas é detectada pelo NDVI, cujo índice de vegetação depende das características fenológicas de cada espécie e das respectivas fases de crescimento. A variação da produtividade por excessos ou deficiências de nutrientes também pode ser inferida pelo NDVI.

1.2.6 Fator temperatura

A temperatura da superfície, obtida por meio do Sensoriamento Remoto, pode ser aplicada nas diversas pesquisas: determinação do saldo de radiação na superfície terrestre; monitoramento de culturas agrícolas; utilização como dados de entrada na inicialização de modelos de meso-escala, estudar fenômenos como brisas marítimas; a ocorrência de tempestades e resfriamento noturno entre outros.

As plantas sofrem a influência da temperatura ao longo de seu ciclo fenológico e possuem amplitudes de temperaturas ideais para cada espécie ou variedade. Elas carregam as características fenotípicas adaptadas ao longo do desenvolvimento de cada espécie. A amplitude térmica de tolerância define as condições de sobrevivência das plantas desde a plena atividade biológica até a letalidade. A atividade é máxima quando a temperatura se encontra na faixa ideal para cada espécie. Acima ou para abaixo dessa faixa, o processo vital diminui, podendo reverter-se com retorno à normalidade. Os danos provocados sendo irreversíveis, a planta chega ao seu limite de letalidade e ela se extingue. A resistência de uma planta a situações extremas de temperatura depende também de suas características fenotípicas ou genotípicas e da dinâmica das condições climáticas a que estão sujeitas. Portanto, em conjunto com as demais condicionantes ecossistêmicas, a resistência a temperaturas extremas é um fator importante na definição de espécies vegetais no planejamento do desenvolvimento rural de forma sustentável.

Cada espécie vegetal tem características individuais conceituadas como “graus-dias de crescimento”. Em geral, é proporcional em função da temperatura ideal para a espécie, fora dessa faixa diminui ou até paralisa o seu desenvolvimento. O conceito relaciona-se, portanto, à diferença entre a temperatura ideal de crescimento da planta e a temperatura média do ambiente. Os “graus-dias” medem as constantes térmicas de cada espécie vegetal, acumulada ao longo dos estágios de crescimento. Esses índices mantêm certa proporcionalidade com a quantidade de calor disponível no ambiente, podendo ser utilizado como indicador para monitoramento das fases de crescimento das culturas.

1.2.7 Fator água

A distribuição da água, em um determinado espaço territorial, é fator vital na produção vegetal e da qualidade de vida em geral. O seu excesso ou a escassez, no caso das plantas, afeta o seu desenvolvimento normal. O clima e as características geográficas de cada localidade definem os recursos hídricos disponíveis. O seu balanço depende da capacidade de armazenamento dos solos que, por sua vez, determina se o ambiente é favorável ou não ao desenvolvimento normal das plantas. A série histórica de dados climáticos, com registro de frequências normais ou de deficiências no suprimento de água é importante para o planejamento das atividades. Na escolha de plantas perenes, por exemplo, é importante ter conhecimento prévio da frequência e do tempo de duração de déficit hídrico para um planejamento adequado (espécies adaptadas, sistemas de produção, adoção ou não de técnicas de irrigação ou drenagem). O déficit hídrico (seca) ou excesso de água (enchentes) afetam o rendimento e a estabilidade econômica e financeira das atividades rurais familiares e, portanto, do bem estar social e da qualidade de vida dos agricultores.

A perda de água para a atmosfera relaciona-se com os fenômenos físicos e, de certa forma, bioquímicos e biológicos que ocorrem na transpiração, evaporação e evapotranspiração. O primeiro relaciona-se às perdas de água das plantas diretamente para a atmosfera. O segundo define as perdas de água do solo para a atmosfera. E, o último, relaciona-se às perdas totais de água pelo sistema planta-solo para a atmosfera.

A perda de água pela transpiração acontece como consequência de fenômenos físicos e bioquímicos no interior das células vegetais. A água faz parte do protoplasma fixado quimicamente, ocorrendo sob três formas básicas: hidratação, reserva de água e acúmulo nos interstícios. Na hidratação, a água está relacionada aos íons orgânicos dissolvidos nas macromoléculas. No protoplasma e nas paredes celulares, a água preenche os espaços vazios. Nos vacúolos das células, a água é estocada como reserva. Nos interstícios, tem a função de meio de transporte de nutrientes nos espaços entre as células e os sistemas de vasos condutores e tubos crivados (REICHARDT, 1978).

A absorção de água pelas plantas é influenciada pela temperatura do solo, seja na capacidade de absorção das raízes ou na resistência à movimentação da água do solo para o interior das raízes.

O processo de fotossíntese depende, também, da presença de água. Embora em pequena quantidade a sua deficiência influi significativamente na atividade fotossintética.

A absorção de vapor d'água e CO₂ está ligada ao movimento dos estômatos. Ao absorver CO₂, a planta libera água. Para reduzir a perda de água, o fluxo de dióxido de carbono também se reduz. Os estômatos abertos controla a resistência à difusão e absorção de CO₂ no interior das folhas.

A evapotranspiração pode ser: de referência máxima, real, ou verdadeira e potencial. Evapotranspiração de referência (ET_r) é a quantidade de água evapotranspirada na unidade de tempo e de área, por espécies de grama curta, verde, com altura entre 8 e 15 cm, cobrindo totalmente o solo, sem limitação de água e nutrientes, livre de doenças e pragas. As condições climáticas (energia líquida, vento e umidade) afetam a ET_r.

Evapotranspiração máxima (ET_m) é a máxima perda de água de determinada cultura, quando se encontra em estágio ótimo de desenvolvimento, ou seja, quando não existem estresses ambientais de água, nutrientes, doenças, pragas, etc.

A evapotranspiração real ou verdadeira (ET_v) é a que ocorre na prática, realmente. Havendo disponibilidade de água no solo e o se o fluxo de água na planta atender à demanda atmosférica, (ET_v) será igual a (ET_m). Havendo restrição de água no solo e a demanda atmosférica não sendo atendida, a (ET_v) será menor que a (ET_m). De uma forma geral, tem-se: $ET_m \geq ET_v$.

Diferentes estágios de desenvolvimento de culturas demandam necessidades de água de forma diferenciada. Esta estimativa é importante indicador para o monitoramento das condições de crescimento de culturas agrícolas que, associado ao Índice de Vegetação, torna-se importante ferramenta para avaliação das condições de estresse ambiental que afetam os mais diferentes ecossistemas (CASELLES et al., 1987).

1.3 Avaliação do potencial de uso dos recursos naturais

O conhecimento do potencial de uso dos recursos naturais, por meio de Sistema de Informações Geográficas-SIG, com o uso de geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, é o principal instrumento para a localização, quantificação e qualificação para o planejamento do espaço físico para o desenvolvimento local e regional.

Os princípios metodológicos utilizados no Macrozoneamento Geoambiental de MS (RADAMBRASIL, 1989) e no Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil (SAE, 1997) fundamentaram-se na Teoria de Sistemas (figura 5), conduzindo ao estudo das relações de interdependência entre os componentes do meio natural para se chegar ao conhecimento do seu funcionamento. Os componentes abióticos e bióticos do sistema

natural formam uma cadeia de inter-relações, buscando constantemente sua estabilidade. Trocas de energia e transferências de materiais realizam-se entre elementos produtores e consumidores do sistema, resultando em uma reciclagem constante. Como decorrência, admitiu-se que toda modificação introduzida em uma das variáveis do sistema refletiu-se direta ou indiretamente nas demais, perturbando o estado de equilíbrio do conjunto. Nesse contexto as características climáticas são a variável essencial que define um ecossistema e, portanto, o potencial produtivo de uma região ou lugar.

As interferências podem ter causas naturais, mas, em geral tem origem nas ações antrópicas que provocam degradações da cobertura vegetal, do solo, do relevo e da qualidade da água, criando instabilidade, muitas vezes irreversíveis. Como corolário, conclui-se que toda intervenção, visando à ocupação ou exploração dos recursos naturais, deve ser planejada, a fim de evitar prejuízos ecológicos e econômicos. O estudo integrado conduziu ao conhecimento das sensibilidades ambientais, em face das intervenções ocorridas e à identificação das medidas a serem tomadas, tendo em vista a exploração, incremento, poupança, conservação ou recuperação dos bens naturais.

Os procedimentos e resultados esquematizados de forma separada constituíram-se, em determinados momentos, em único procedimento para se chegar às conclusões sobre as relações entre causas e efeitos de um fenômeno específico em função dos mecanismos apreendidos globalmente, segundo a hierarquia natural dos fatos.

A elaboração da proposta de Zoneamento-Ecológico-Econômico do Estado de Mato Grosso do Sul (ZEE/MS), seguindo a metodologia do Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil, sob a Coordenação do Ministério do Meio Ambiente-MMA, quando concluído, será capaz de manifestar a resultante de dois processos dinâmicos que interagem no território: as suas Vulnerabilidades Sócio-Econômicas e Ambientais.

De um lado, os processos naturais, cuja lógica pode ser sintetizada nos princípios da ecodinâmica (TRICART, 1977). De outro, os processos sociais respondem à dinâmica econômica e aos objetivos das políticas públicas. Assim, a metodologia do ZEE/MS deve enfrentar o desafio de manter as especificidades destas lógicas distintas, ao mesmo tempo em que se promove a sua integração.

Os trabalhos desenvolvidos pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, apoiados em interpretação de imagens de satélites de observação terrestre (LANDSAT, SPOT, NOAA etc.), têm identificado inúmeras unidades de paisagem natural, avaliada em sua vulnerabilidade, segundo esses conceitos. Junto aos procedimentos para a avaliação da vulnerabilidade natural, considera-se que a potencialidade social seja a

variável indispensável para a integração ecológico-econômica preceituada no Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil (SCHUBART, 1994). Esta potencialidade avaliada segundo unidades territoriais político-administrativas, no caso distritos e municípios, dispõem de um sistema estruturado de coleta de dados, facilitando o planejamento do desenvolvimento local.

O procedimento metodológico do ZEE/BR resulta em três cartas, sendo duas temáticas (vulnerabilidade natural e potencialidade social) e uma carta-síntese de subsídio à gestão do território, baseados nos níveis de sustentabilidade e na legislação vigente.

Os estudos básicos do Macrozoneamento Geoambiental de MS, realizados pela SEPLAN/MS, em convênio e apoio metodológico do Projeto RADAMBRASIL/IBGE, já disponibilizaram, entre outros produtos: Texto-Legenda, com mapas, cartogramas, tabelas e gráficos do Potencial Geoambiental dos Recursos Naturais e de Avaliação Potencial dos Recursos Naturais do Estado nas escalas 1:1.000.000, para publicação, e 1:250.000 (Escala de trabalho), definindo as categorias de Uso, entre potencial para Lavouras, Uso indefinido, Proteção Ambiental, acompanhados de Mapas temáticos de Solos, Geomorfologia, Geologia, Vegetação, Aptidão Agrícola das Terras e Base Cartográfica, na escala 1:250.000, codificadas por quadriculas segundo especificação da CIM-Carta Internacional do Mundo, em um subtotal de 34 folhas, por tema, totalizando 204 folhas armazenados no Banco de Dados, por meio de geoprocessamento, além da carta de susceptibilidade à erosão, identificando áreas do município com erosões: desde Muito Fraca, Fraca, Fraca a Moderada, Moderada a Forte, Forte, Muito Forte e Especial.

1.3.1 Banco de dados (Geoprocessamento)

Para se organizar esses numerosos, diversificados e complexos dados de recursos naturais, tornou-se imperativa a criação de um banco de dados computadorizado, objetivando mecanismos ágeis de ação. O sistema, quando concluído, armazenará os dados dos estudos básicos de Pedologia, Geomorfologia, Geologia, Vegetação, Cartografia, Clima, e Uso Atual da Terra, bem como os mapas temáticos de Solos, Geomorfologia, Geologia, Vegetação e Aptidão Agrícola das Terras.

Numerosos estudos e análises do ambiente físico, dos potenciais econômicos vocacionados e das limitações de explorações foram ou estão em fase de desenvolvimento por meio de instrumentos técnico-científicos avançados de geoprocessamento e Sistemas de Informações Geográficas-SIG, visando ao monitoramento ambiental e sócio-econômico. Por meio da efetiva localização, quantificação e qualificação dos seus recursos naturais

deverão ser definidas as áreas estratégicas para planejamento do desenvolvimento estadual em níveis regionais, municipais e locais.

Entre os instrumentos disponíveis e possíveis de serem utilizados estão satélites como: NOAA, LANDSAT, SPOT etc, cujos sensores remotos, apoiados por Sistemas de Informações Geográficas-SIG e geoprocessamento, sustentados por softwares e equipamentos de alta resolução e precisão de importância fundamental para o planejamento, monitoramento, acompanhamento de safras, elaboração de diagnósticos ambientais estruturais, além de análises das previsões e ciclos climáticos de fenômenos meteorológicos, como o “El Niño”, “La Niña” e suas conseqüências como: secas, inundações, geadas, entre outras.

1.3.1.1 Carta Temática de Vulnerabilidade Natural

A estabilidade ou vulnerabilidade (resistência ao processo natural à erosão), das unidades de paisagem natural, é definida pela análise integrada do conjunto rocha, solo, relevo e vegetação, bem como do clima e uso da terra.

O uso da terra e o clima devem ser considerados quando interferirem de modo significativo na definição das unidades homogêneas. Para o clima devem ser consideradas a temperatura e a precipitação.

1.3.1.2 Carta Temática de Potencialidade Social

Tem a função de avaliar a potencialidade social das unidades territoriais e segue o critério internacional, definido pela Organização das Nações Unidas, para avaliar o potencial de desenvolvimento humano (Relatório mundial sobre Desenvolvimento Humano), nas unidades territoriais. Segundo esse critério, o desenvolvimento humano é a resultante do crescimento econômico sustentado, com distribuição de renda e melhoria da qualidade de vida da população local.

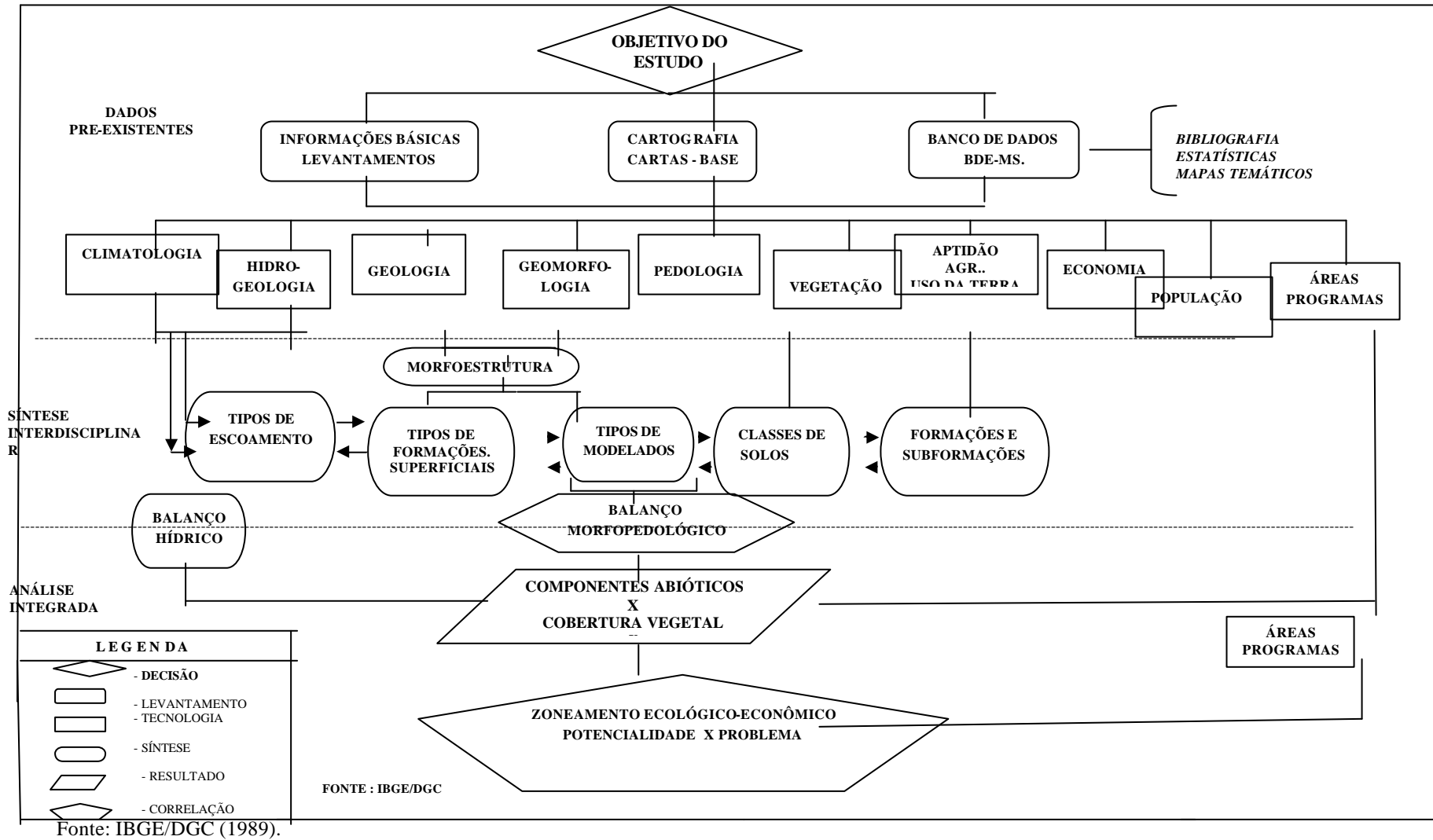
O documento propicia o estabelecimento da potencialidade social de cada unidade territorial, considerando a relação entre os fatores dinâmicos e os fatores restritivos - em termos econômicos, sociais e políticos -, partindo de quatro grupos de parâmetros considerados como componentes básicos para um desenvolvimento sustentável:

- a) potencial natural (aproveitamento mineral, aptidão agrícola dos solos, cobertura florestal, acesso aos recursos naturais - índice de GINI);

- b) potencial humano (níveis de urbanização, escolaridade, renda local e acesso aos serviços);
- c) potencial produtivo (rentabilidade da produção do setor rural, dinâmica do setor urbano-industrial, capacidade financeira, acesso às redes de circulação); e
- d) potencial institucional (autonomia político-administrativa, nível de consenso social, participação político-eleitoral e acesso à representação política).

A Carta Síntese de Subsídios para a Gestão do Território avalia os graus de sustentabilidade das unidades territoriais, o ordenamento do uso do território e as áreas de uso restrito.

FIGURA 5 - Adaptação do Roteiro de Procedimento do ZEE/MS.

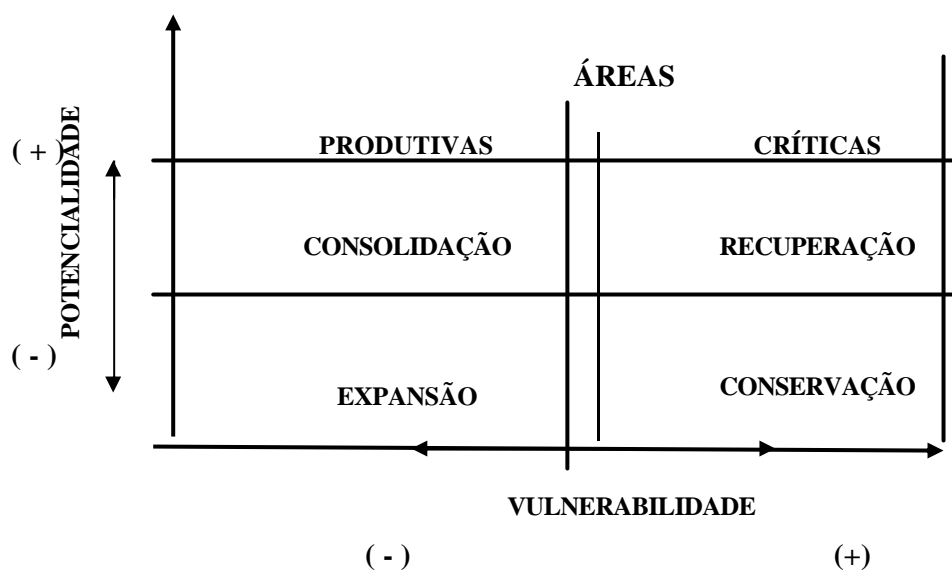


1.3.1.3 Carta síntese de subsídios à gestão do território

A Secretaria de Assuntos Estratégicos distingue as seguintes áreas para o gerenciamento de territórios (figura 6).

- a) Áreas produtivas: consolidação ou fortalecimento do desenvolvimento humano; destinadas à expansão racional do potencial produtivo.
- b) Áreas críticas: conservação, tendo em vista o elevado grau de vulnerabilidade natural; recuperação, tendo em vista o alto potencial de desenvolvimento e a elevada vulnerabilidade.
- c) Áreas institucionais: de preservação permanente, como parques nacionais e estaduais; de uso restrito e controlado, como reservas indígenas e extrativistas; de interesse estratégico nacional, como as áreas de fronteiras.

A carta-síntese é uma proposta técnica que procura sistematizar e representa o conhecimento sobre a área objeto do Zoneamento. Entretanto, a efetiva implantação das Zonas Ecológico-Econômicas depende de ampla negociação social e de sua regulamentação política.

FIGURA 6 - Carta síntese de subsídio à gestão do território.**MATRIZ DA CARTA SÍNTESE DE SUBSÍDIOS À GESTÃO DO TERRITÓRIO**

Fonte: Secretaria de Assuntos Estratégicos - SAE (1997).

1.3.2 Zoneamento Agroclimático e Probabilidade de Atendimento Hídrico

O Zoneamento Agrícola é fundamental na organização dos programas de trabalho e suporte do planejamento do desenvolvimento rural sustentável. É baseado no levantamento de fatores que definem aptidões agrícolas encontradas em diferentes áreas e regiões. Uma vez definidas, identificadas e cartografadas, essas áreas, com diferentes aptidões, têm-se as cartas da sua vocação agrícola, que servirão de base para os trabalhos de regionalização e da política agrícola a adotar e insumos para o planejamento do desenvolvimento local.

Os trabalhos de Zoneamento Ecológico-Econômico propiciarão a elaboração do Zoneamento Agrícola, com base nos mapeamentos básicos, como: uso da terra (distribuição espacial das áreas antropizadas, levantamento das condições edafoclimáticas; ou o potencial do meio físico para determinada cultura; a infra-estrutura existente e as condições sócio-econômicas das regiões estudadas).

Dentre os fatores determinantes na definição do zoneamento agrícola está a frequência das chuvas, uma das condições climáticas mais importantes que afetam a produtividade das culturas, sendo esta a principal fonte de água para a agricultura. Os períodos de falta de água ou deficiência hídrica não só reduzem o rendimento como alteram o crescimento dos vegetais nos seus estágios fenológicos críticos, como o

florescimento e o enchimento de grãos. A potencialidade agrícola de uma região, portanto, está fundamentada nos seus elementos climáticos, principalmente, na época de ocorrência e distribuição das chuvas, isto é a sua probabilidade de atendimento hídrico.

A metodologia de Diagnóstico de Sistemas Agrários da FAO, cujo enfoque sistêmico, entre outros, permite a indicação das exigências climáticas de diferentes culturas, com base em parâmetros de ecossistemas de origem das culturas, literaturas e resultados de pesquisas de explorações comerciais bem sucedidas (MAZOYER, 1993).

O Sensoriamento Remoto, por meio de satélites como o NOAA e LANDSAT, entre outros, é utilizado para estudar a variabilidade climática e as previsões de fenômenos climáticos como: “El Niño e La Niña”, “efeito estufa” e aquecimento global, com o uso de ferramental de geoprocessamento, por meio de computadores de alta resolução.

Para os objetivos deste trabalho, foram consideradas as influências globais, testando-se a análise de dados de satélites, por meio de geoprocessamento e Sistemas de Informações Geográficas, no estudo dos efeitos das ações antrópicas locais, a exemplo dos desmatamentos nos espaços municipais, na variabilidade climática, como instrumento de planejamento e monitoramento das ações de desenvolvimento local.

1.4 Sensoriamento Remoto

Este trabalho procurou apoiar-se nos avanços das pesquisas desenvolvidas na área de Energia Eletromagnética e nos meios como são transmitidas as informações dos sensores remotos instalados nos satélites de observação da Terra. As mensagens codificadas captadas pelos satélites, em órbita, sob forma de conteúdo de frequência, intensidade ou polarizadas em ondas eletromagnéticas, interagem com a superfície terrestre sob forma de frequência, amplitude ou comprimento das ondas.

A utilização de satélites abrange aplicações da ciência de sensoriamento remoto em áreas como: estimativa de chuvas, manejo de recursos hídricos superficiais ou exploração de recursos hídricos do subsolo, inventário e monitoramento de uso do solo e das pastagens; monitoramento de eventos climáticos, como: geadas, enchentes, secas, pragas e doenças de culturas, focos de queimadas; mapeamentos temáticos, monitoramento de erosões de solos, degradações ambientais e estudos de mudanças climáticas.

Neste trabalho enfatizou-se a aplicabilidade da refletância do verde das plantas, que se manifestam por meio das folhas e do conjunto que as plantas compõem, formando

maciços florestais, cerrados, campos de gramíneas, extraíndo dessa capacidade dos sensores remotos valiosas e importantes informações, dentro de padrões conhecidos, para serem aplicados como instrumento de planejamento do desenvolvimento local.

Os modelos de análises ambientais por satélites utilizam as suas características singulares, partindo de dados de sensores remotos, tais como: NDVI (Índice de Vegetação de Diferença Normalizada), VCI (Índice de Condição da Vegetação), TST (Temperatura da Superfície Terrestre), TCI (Índice de Condição da Temperatura) e mais modernamente o algoritmo SEBAL (Surface Energy Balance for Land). Satélites que fornecem fontes contínuas de alta frequência temporal e espacial também são utilizados nos modelos alternativos de previsão da safra e apresentam boas resoluções temporal e espacial, ou seja, permitem o estudo de regiões em nível de píxeis correspondentes. Entretanto, a interferência atmosférica ainda tem sido a principal barreira que deve ser melhorada para a obtenção de melhores resultados dos sensores remotos.

Nas décadas de 1980 e 1990, o NDVI gerado com os dados de NOAA AVHRR foi usado para classificar as vegetações da superfície terrestre (TUCKER et al., 1985), para determinar os ciclos fenológicos das culturas (GALLO e HEDDINGHAUS, 1989) e monitorar os recursos ambientais manifestados pelas variações de clima, topografia, solo e vegetação em escalas continental e global (JUSTICE et al., 1986). A variação anual de NDVI pode indicar o estresse ambiental causado pelo impacto climático regional (KOGAN, 1990). A análise de variações espacial e temporal das imagens de NDVI, realizados por pesquisadores, tem demonstrado ser método confiável para variabilidade climática em escalas regional, continental e global. A sua aplicabilidade em escala microclimática local, no entanto, deverá ser mais bem estudada.

Avanços na tecnologia de sensoriamento remoto já permitem o fornecimento de dados multi-espectrais com resolução de alta frequência temporal e espacial. Como consequência, os estudos de impactos de variabilidades climáticas e condições de crescimento vegetativo têm avançado significativamente (MATHEWS, 1983; HIELKEMA et al., 1986; ANTHERS, 1988; REYES e TREJO, 1991; WARD e FOLLAND, 1991; BREST e ROSSOW, 1992). A evolução sazonal ou anual do grau de verde da superfície terrestre inferido pelo NDVI responde também à distribuição de precipitação. Esse fato permitiu a utilização de imagens de NDVI para monitorar a evolução das secas, de acordo com a variação espacial dos ciclos da seca e úmida e analisar as variações climáticas regional e interanual (GHOSH, 1997).

O NDVI total anual se correlaciona bem com a precipitação total anual, mas o mesmo não acontece quando os dados são sazonais ou mensais (KOGAN, 1990). O valor de NDVI anual, que reflete a variação de chuva total anual não é suficiente para inferir na variação de seca sazonal ou mensal. Esses fatores têm maior impacto no crescimento das vegetações, especialmente, nas culturas anuais. A maioria das regiões brasileiras apresenta estações seca e chuvosa distintas. Um melhor estudo dos efeitos da seca, por meio de NDVI, indicados pela escassez de chuva ou déficit hídrico, exige correlações entre NDVI e dados pluviométricos ou com o déficit hídrico, utilizando-se de dados quinzenais ou mensais.

A maioria dos métodos exige estimativa de maior precisão das propriedades de superfície terrestre para melhorar as suas performances (EYMARD e TACONET, 1995). Para isso, Bastiaanssen et al. (1996) propuseram nova técnica alternativa introduzindo um algoritmo denominado “Surface Energy Balance for Land (SEBAL), que utiliza a correlação entre albedo e temperatura, obtidos por satélites de observações terrestres, para estimar os fluxos de balanço de energia, com pouca exigência de dados da superfície terrestre. A metodologia apropria os dados de albedo, temperatura e NDVI da superfície terrestre como “inputs” para o próprio modelo. Dos dados biofísicos gerados, produzem os dados de VCI e TCI para o desenvolvimento de modelos de previsão de safra.

O fenômeno do “El Niño” tem provocado grandes perturbações atmosféricas no Globo terrestre. Severas secas na Região Nordeste do Brasil e intensas enchentes na região Sudeste da América do Sul foram observadas com a ocorrência de alguns episódios de El Niño (HASTENRATH e HELLER, 1977; KOUSKY et al., 1984; ROPELEWSKI e HALPERT, 1987). Os dados da série temporal de NDVI da Região Nordeste do Brasil foram utilizados para pesquisar a evolução da dinâmica das secas durante o episódio do El Niño, ocorrido no período de 1981 a 1993 (LIU et al., 1999).

Os índices de vegetação e os diversos índices de propriedades de superfícies terrestres gerados por meio de dados de satélites: albedo, temperatura da superfície terrestre, NDVI, VCI, TCI podem melhorar a estimativa de extensão e a geração de mapas de Índices de Susceptibilidade de risco de Queimadas (ISRQ), com resolução espacial apropriada visando ao seu monitoramento, comparando-se com métodos tradicionais de observações meteorológicas de superfícies.

O rápido avanço da tecnologia de sensoriamento remoto, com o lançamento recente de satélites como: IKONOS, QuikBird, MODIS etc., cuja resolução varia de 250 a

1 m, abre enorme perspectiva de aplicação de novas técnicas para detecção e estimativa de extensão de queimadas, visando ao seu monitoramento e, sobretudo, à tomada de medidas preventivas.

O monitoramento de recursos naturais, variabilidades climáticas, secas e avaliação de impactos ambientais, monitoramento de queimadas florestais, como consequência de possíveis mudanças climáticas, exigem também maior precisão da dinâmica bioclimática da superfície terrestre como o albedo, temperatura e condições das vegetações, entre outras. Os dados bioclimáticos coletados da superfície terrestre pelos métodos convencionais são, em geral, limitados. O sensoriamento remoto por meio de satélites, que armazena continuamente os dados coletados, pode ser mais bem explorado para localizar, quantificar e qualificar os parâmetros bioclimáticos e acompanhar a sua evolução no tempo e no espaço.

1.4.1 Características dos Sensores AVHRR

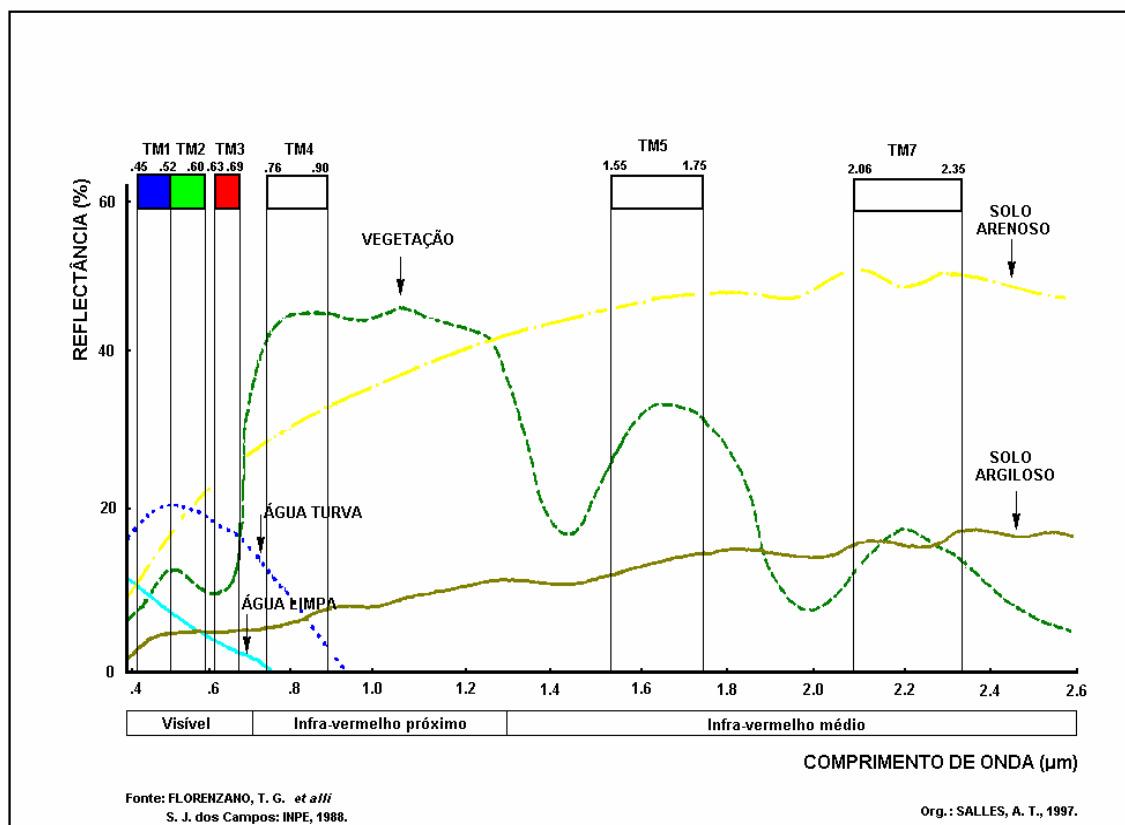
Para detectar as radiações eletromagnéticas refletidas pela superfície terrestre são utilizados os sensores “Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR)”, instalados no satélite NOAA do tipo órbita polar. Os sensores de AVHRR têm cinco bandas espectrais: banda 1 (0,55-0,68 μm), banda 2 (0,725-1,10 μm), banda 3 (3,55-3,93 μm), banda 4 (10,5-11,5 μm) e banda 5 (11,0-12,5 μm).

Os dados do AVHRR estão disponíveis em cinco modos operacionais: “Automatic Picture Transmission” (ATP), com 4,0 km de resolução; “High Resolution Picture Transmission” (HRPT), com 1,1 km de resolução; “Global Area Coverage” (GAC), com 4,0 km de resolução; “Local Area Coverage” (LAC), com 1,1 km de resolução; e “Polar Stereographic Projection Grid” (PSG), com 16 a 20 km de resolução e que usa o último valor do GAC em uma matriz de 4x4 pixels. O PSG representa o valor de refletância, cobrindo uma área de 256 km², no Equador, a 400 km², quando próximo aos Pólos. O “Global Land Area Sampled” (GLAS) tem resolução 16 km x 16 km (KIDWELL, 1995).

Os dados de AVHRR foram coletados pelo satélite NOAA 7 (operando de agosto de 1981 a fevereiro de 1985) e NOAA 9 (operando de fevereiro de 1985 a novembro de 1988). Neste estudo, foram utilizados dados do período de 1981 a 2000, disponíveis no “Goddard Space Flight Center (GSFC), NASA em Grenbelt, Maryland, EUA”.

A figura 7 representa esquema de refletâncias singulares (%) dos elementos da superfície terrestre (Vegetação, Solo Argiloso, Solo Arenoso, Água turva e Água limpa em função do comprimento de onda (μm), de acordo com o comprimento de onda, nas faixas do visível, infravermelho próximo e infravermelho médio).

FIGURA 7 - Esquema de Comprimento de Onda (μm).



Fonte: Florenzano (1988 apud SALLES, 1997).

Os satélites da série NOAA (National Oceanic Atmospheric Administration) são meteorológicos. Geram, diariamente, dados quantitativos de observações globais de padrões meteorológicos e condições ambientais. São as bases para estudos de monitoramento de queimadas, acompanhamento de atividades fotossintéticas, previsões meteorológicas detalhadas, zoneamentos agroclimáticos, análise de temperatura de superfícies terrestres, mapeamento de secas e inundações, entre outros. A tabela 1 mostra os dados de Satélites da série NOAA (KIDWELL, 1995).

TABELA 1 - Características do Satélite NOAA, do tipo órbita polar e dos sistemas de sensores AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer).

Inclinação da órbita	99,092
Altitude acima da superfície da terra	833 km
Número da órbita/dia	14,1
Hora que passa pelo Equador	02:30 a.m. descendendo, 14:30 p.m. ascendendo
Período orbital	102 min
Cobertura latitudinal	90°
Ciclo de duração	16 órbitas/dia
Cobertura na Terra	2700 km
Ângulo de visada	+ 55,4° a - 55,4°
Ângulo de visada instantâneo	1,39-1,51 Miliradiano
Resolução na Terra (nadir)	1,1 km
Resolução máxima na Terra	2,4 km na trilha
(maximum off-nadir)	6,9 km cruzamento da trilha
banda 1	0,550 - 0,680 μm
banda 2	0,725 - 1,100 μm
banda 3	3,550 - 3,930 μm
banda 4	10,50 - 11,50 μm
banda 5	11,00 - 12,50 μm

Fonte: Kidwell (1995).

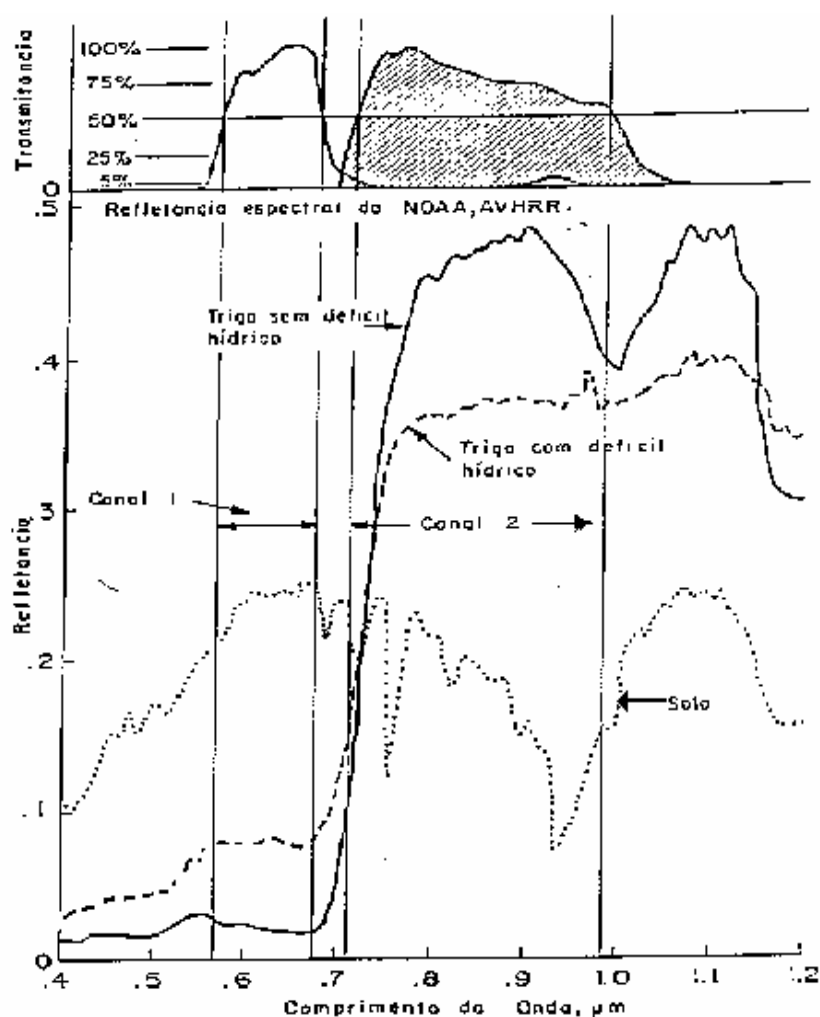
1.4.2 Índices de Satélites NOAA/AVHRR

1.4.2.1 Base Teórica de Aplicação do Índice de Vegetação

As refletâncias das radiações eletromagnéticas de diferentes objetos de interesse para análise na superfície terrestre podem ser detectadas pelos sensores AVHRR. Esse fato tem como base o princípio de que qualquer objeto com temperatura maior que zero grau absoluto ($> 0^\circ \text{K}$) emite radiação eletromagnética com característica espectral específica.

O sensoriamento remoto, por meio de satélites, com base em técnicas de análise espectral de reconhecimento de padrões, utiliza-se de dados de refletância espectral de bandas definidas para detectar e monitorar as evoluções temporal e espacial de superfícies terrestres, onde cada objeto apresenta refletância espectral específica.

FIGURA 8 - Comparação imagem espectral de trigo sem e com déficit hídrico.



Fonte: Gray e McGrary (1981).

Na figura 8, observa-se a utilização de bandas 1 e 2 dos sensores AVHRR, para diferenciar a cultura do trigo exposto ao déficit hídrico, que reflete menos daquele sem déficit, na banda 2. Pode-se diferenciar, também, os tipos de solo, em face das suas respostas espectrais serem diferentes nessas bandas. O solo reflete praticamente com a mesma intensidade nas bandas 1 e 2, comparando-se com o trigo que reflete mais na banda 2 e absorve a radiação na banda 1, devido à presença de maior quantidade de clorofila nas folhas, no processo fotossintético.

A superfície vegetativa, em geral, apresenta baixa refletância na banda visível, em função da maior absorção da luz pela clorofila das folhas túrgidas. No entanto,

apresenta alta refletância na banda do infravermelho próximo, comparando-se com as folhas que apresenta déficit hídrico. Em face disso, Prince (1991) desenvolveu índice combinando as duas bandas para inferir as condições de crescimento vegetativo das plantas.

Os diversos satélites de observação da Terra têm diferentes tipos de resoluções espectrais, espaciais e frequências de cobertura. O satélite SPOT e LANDSAT possuem alta resolução espacial (10 a 80 m), mas baixa frequência (16 a 26 dias). A primeira característica facilita a discriminação e o acompanhamento das condições de crescimento das plantas. Entretanto, a baixa resolução temporal limita a sua utilização no monitoramento de grandes escalas espaciais. O processamento nesse caso limita também as suas aplicações no monitoramento, em face dos altos custos.

Os satélites da série NOAA, por outro lado, têm resolução espacial de 1,1 km, mas em contrapartida, recobrem a mesma área geográfica duas vezes por dia. Durante a estação de crescimento de culturas, os satélites NOAA disponibilizam mais imagens sem nuvens do que os LANDSAT e SPOT. Visando à alta frequência de cobertura e baixo custo de obtenção dos dados, o sensor AVHRR NOAA é muito usado no acompanhamento dos impactos climáticos e nas condições de desenvolvimento das vegetações da superfície terrestre, tornando-se importante ferramenta de planejamento e monitoramento ambiental. (PRINCE, 1991).

Vários índices de vegetação derivados, com o uso de dados de refletâncias espectrais, foram desenvolvidos para indicar o grau de verde de vegetação da superfície terrestre. O NDVI tem sido o mais utilizado para acompanhar não só o desenvolvimento da vegetação, como também estimar o rendimento das culturas (WIEGAND e RICHARDSON, 1990). Para os dados de AVHRR NOAA, o NDVI é definido como uma razão da diferença de valores de reflectância da faixa infravermelho próximo (0,725 a 1,10 μm) e da faixa visível (0,4 a 0,7 μm) pela fórmula:

$$\text{NDVI} = (C2 - C1) / (C2 + C1)$$

Onde: C1 e C2 indicam banda 1 e banda 2, correspondendo à radiação visível e ao infravermelho próximo, respectivamente.

O NDVI pode ser usado como um indicador de quantidade de biomassa da cobertura vegetal. Em superfícies como solo, asfalto e cimento, o valor de NDVI aproxima-se de zero. As superfícies vegetativas têm maior valor de NDVI, em função da

maior absorção da banda 1 pela clorofila nas folhas verdes, e à alta refletância da banda 2, em face da elevada turgidez das folhas saudáveis.

O NDVI ideal deve ser altamente sensível à vegetação e pouco sensível ao solo e não sofrer interferência atmosférica. Os dados de AVHRR são radiometricamente mais sensíveis às perturbações atmosféricas, quando comparados com os dados do LANDSAT, em face de que os satélites NOAA possuem ângulo de visada largo — 55,4 graus — e os de LANDSAT possuírem ângulo de visada estreito — 06 graus —, resultando na varredura com a largura de 2700 km para os satélites NOAA, e 185 km para os LANDSAT. O NDVI corrige parcialmente os efeitos dos constituintes atmosféricos e das perturbações radiométricas e geométricas, como resultado da combinação de duas bandas (HOLBEN, 1986). A combinação da banda larga, embora com menor resolução, os satélites NOAA permite coletar, diariamente, dados de NDVI em grandes áreas, facilitando a análise temporal de dados de NDVI para monitoramento das características espectrais da vegetação, ao longo do seu ciclo de crescimento vegetativo.

O Índice de Vegetação é obtido por meio de combinações matemáticas de dados de refletância das bandas do espectro eletromagnético captados pelo satélite de observação ambiental. Este índice é utilizado para condensar as informações espectrais, discriminar vegetação das demais cenas, avaliar as condições de culturas, tais como: crescimento, doenças e pragas, efeito de seca ou geada e outros eventos meteorológicos que alteram o desenvolvimento das plantas.

A aplicação de índices de vegetação é utilizado no monitoramento e na discriminação de uso de solos terrestre em função de algumas vantagens como:

- Os índice de vegetação compactados são calculados com dados de várias faixas espectrais de radiação.
- Os valores relativos compensam a variação da intensidade de radiação.
- Os efeitos da diferença de refletância das condições atmosféricas, variações de ângulo de visada de sensores e ângulos solares são corrigidos parcialmente.

Nos satélites NOAA, o canal 1 do AVHRR é mais sensível na região do espectro onde a clorofila absorve parte da radiação fotossintética ativa que incide nas folhas. O canal 2 registra uma região do espectro onde a estrutura mesófila esponjosa da folha apresenta considerável refletância. Este contraste entre a resposta de duas bandas é mostrado pela razão de transformação, isto é, dividindo-se uma banda pela outra. Várias

razões de transformação têm sido propostas no estudo de diferentes tipos de superfícies vegetativas (TUCKER, 1979; LIU e TUCKER, 1990).

A refletância, absorção e transmitância da luz pelas folhas dependem de fatores como pigmentação, conteúdo de água e estrutura interna das folhas. Nos comprimentos de onda na faixa do visível, a pigmentação das folhas, particularmente a clorofila, é um fator dominante, em que grande parte da energia incidente é absorvida e a outra parte é refletida. No infravermelho próximo, a estrutura mesófila esponjosa da folha é o fator de maior importância, visto que quase metade da energia incidente é refletida e uma pequena parte é absorvida. O restante participa dos processos atmosféricos de espalhamento e reflexão.

Da combinação das refletâncias dos canais do visível e do infravermelho próximo, respectivamente os canais 1 e 2, obtém-se o Índice de Vegetação de Diferença Normalizada-NDVI. O valor do NDVI varia de -1 ao $+1$. Os valores negativos representam as nuvens. Próximo de zero representam solo nu ou sem vegetação. Os valores $>$ (maiores) que 0 (zero) representam a existência de vegetação. Quanto maior esse valor, significa a existência de maior incidência do verde.

O NDVI correlaciona-se com a biomassa de folhas verdes e área de verde. Na região do infravermelho próximo ($0,73$ a $1,1 \mu\text{m}$), a *absortância* é muito baixa considerando que a *refletância* e a *transmitância* são altas. O NDVI tem mostrado alta correlação com alguns parâmetros de vegetação como: folhas verdes, produção de biomassa e área foliar, mostrando discriminação de coberturas vegetais (JUSTICE et al., 1985; GATES et al., 1980; MYERS, 1983). Contudo, a *refletância* no infravermelho não é somente um indicador da cobertura vegetal, mas também da biomassa de vegetação (SELLERS, 1994). Na região entre $0,58$ e $0,68 \mu\text{m}$, contudo, a refletância e a *absortância* correspondem a valores mais baixos.

Folhas verdes possuem maiores valores de NDVI e o contrário ocorre com folhas amarelas e secas. Atualmente, os diferentes usos do solos e de vegetação podem ser identificados e classificados com os dados de satélites com alta resolução espacial, tais como Landsat TM e SPOT HRV. Também é possível fazer esta identificação e classificação utilizando-se de dados de resolução menores, tais como os dados do NOAA AVHRR (GAC e LAC e de microondas), por meio das análises das evoluções temporal e espacial das imagens. Diferentes tipos de satélites podem ser utilizados para a determinar os avanços das técnicas de sensoriamento remoto.

O índice de vegetação - NDVI - pode monitorar os parâmetros de: precipitação, umidade do solo, evapotranspiração, condições de crescimento da vegetação e estimativas de área plantada, produção primária, biomassa e produtividade das culturas.

A relação entre índices climáticos de graus-dia, precipitação anual total e umidade anual foram avaliados por Potter e Brooks (1998), em escala global, e mostraram que, em conjunto, esses indicadores podem quantificar entre 70 a 80% da variação geográfica entre os valores máximos e mínimos de NDVI, em determinados anos. Estas variabilidades relacionam-se com os indicadores de graus-dia de crescimento das plantas e precipitação total anual e mostram que a disponibilidade de calor e da água influi acentuadamente na sazonalidade.

O Projeto LACIE (Large Area Crop Inventory and Estimation), que envolve a NASA, o NOAA e o USDA, propiciou o desenvolvimento de técnicas de sensoriamento remoto, por meio do satélite LANDSAT, na década de 1970, com o objetivo de identificar, classificar e estimar áreas plantadas de culturas. As características espectrais das culturas foram intensamente estudadas, por meio deste projeto, proporcionando a difusão dos fundamentos das aplicações do sensoriamento remoto na produção agrícola.

Prince (1991) apresentou um modelo de estimativa de produção primária, utilizando dados de NDVI e radiação solar global acumulados para determinado intervalo do tempo estudado.

Verificou-se que a amplitude da variação de NDVI, nos diversos estágios do crescimento das plantas, é estreita em um mesmo tipo de vegetação, em comparação com a maior variação entre diferentes tipos de vegetação. Entretanto, é possível definir um valor médio ao longo do ciclo fenológico de cada planta, para estimar a produção primária, sob forma de matéria seca, com exceção no seu estágio final da maturação, especialmente, no caso de pastagem ou florestas, em uma escala maior em nível continental e global.

1.4.2.2 Índice de Condição da Vegetação (VCI)

Kogan (1990) propôs um Índice de Condição Vegetal (Vegetation Condition Index-VCI), para englobar os estresses ambientais em determinadas regiões, neutralizando o problema das variabilidades geográficas do NDVI. Os dados de NDVI são observados na escala de valores que correspondem entre 0 e 100. O VCI aproxima o valor do NDVI ao seu valor climático, visto que a sua resposta é lenta. Esta condição permite relacionar mudanças nas condições de crescimento da vegetação, de uma situação extremamente

desfavorável até condições ótimas de crescimento. O NDVI apresenta padrões regionais que não devem ser comparados entre si. Em face da existência desse tipo de alterações pode levar a erros de interpretação deste índice. Baixos índices de NDVI para uma determinada região podem indicar estresse vegetal quando comparado com outra. Entretanto, isto depende do tipo de vegetação considerada e da região focada. A variabilidade do VCI pode ser interpretada, do ponto de vista climático, como um índice de vegetação, tendo em vista que a série temporal abrange períodos que podem ser atualizados a cada momento.

1.4.2.3 Índice de Condição da Temperatura (TCI)

Kogan (1995) propôs o Índice de Condição da temperatura (Temperature Condition Index-TCI), visando ao monitoramento das secas nos EUA. Este índice é semelhante ao VCI, mas foram introduzidas modificações para refletir as diferentes respostas da vegetação à temperatura. Em oposição ao NDVI, a ocorrência de altas temperaturas durante o ciclo das culturas pode indicar condições desfavoráveis e prejudiciais ao desenvolvimento fenológico. Temperaturas menores indicam condições de crescimento mais favoráveis. Este índice está relacionado com a quantidade de graus-dia de crescimento da vegetação e complementa o VCI na identificação de condições de estresse vegetal.

O Índice de Condição da Temperatura (TCI) é obtido por meio da temperatura da superfície estimada por meio do canal 4 de AVHRR. Como no caso do VCI, este índice considera os valores máximos e mínimos de temperatura em cada pixel, na série temporal.

1.4.2.4 Previsão de Safras

A previsão de safra deve considerar os mais diversos fatores, sendo que o limite é dado em função das variáveis utilizadas e da técnica a ser empregada na geração dos parâmetros de entrada dos modelos. Costa (1992) definiu como modelo: “É uma representação matemática de relações puramente empíricas, baseadas na teoria fisiológica, entre produtividade e variáveis climáticas”.

Wiegand e Richardson (1990), baseados na boa correlação entre o NDVI acumulado e a matéria seca acumulada, desenvolveram os métodos de estimativa de Evapotranspiração total no ciclo inteiro de uma determinada cultura e de sua produtividade com boas precisões.

Rudorff e Batista (1991) utilizaram imagens das bandas 3 e 4 do Landsat TM em conjunto com dados de produtividade para gerar um modelo de estimativa de produção de safra de trigo, para o estado de São Paulo. O modelo estimou a máxima safra, tomando como base a temperatura e a radiação incidente durante o ciclo da cultura. A estimativa do modelo apresentou uma correlação quadrática (R^2) de 0,65 com um erro padrão de 339 kg/ha. Separadamente, os dados meteorológicos e o índice de vegetação RVI (Ratio Vegetation Index) apresentaram os seguintes valores de correlação quadrática, 0,48 e 0,43, respectivamente. Os resultados não foram melhores porque a resolução temporal foi pequena: apenas três imagens dos anos de 1986 e 1987. As baixas correlações limitaram a aplicação do modelo, portanto, para que melhores resultados sejam obtidos, deve-se utilizar uma série temporal mais longa.

Liu et al. (1992) utilizaram o NDVI acumulado nos estágios do crescimento máximo e eliminaram a contribuição de vegetação de “background”, para estimar o rendimento do milho na região de Ribeirão Preto, no Estado de São Paulo. O erro de estimativa foi, em média, 11%. Para a cultura de arroz na mesma região, o erro médio foi menor que 10%, exceto no ano de 1988, que tinha a estação de chuva diferente.

Hayes e Decker (1996) desenvolveram um modelo de previsão de produtividade para o “Cinturão de Cereais”, nos EUA, enfatizando a produtividade de milho por meio da técnica de regressão múltipla baseada nos dados de VCI, entre 1985 e 1992, apresentando erros da ordem de 10%. Para melhorar o desempenho de um modelo futuro, sugeriu-se a combinação de dados de satélites e climatológicos.

O monitoramento das condições de crescimento das culturas, em conjunto com previsões obtidas por modelos agrometeorológicos e fisiológicos, aliados às imagens anteriores ao ciclo fenológico, pode fornecer mapas temporais mais exatos da produção das culturas. Portanto, os dados de sensoriamento remoto podem tornar-se uma ferramenta importante no monitoramento e na previsão das culturas (MORAN et al., 1997).

1.4.2.5 Déficit hídrico e precipitação inferidos pelo NDVI

A vegetação terrestre adapta-se bem com o tipo de clima específico, que se manifesta na variação de distribuição da chuva. Uma vez estabelecida a correlação entre NDVI e déficit hídrico, a falta de chuva, intimamente relacionada ao déficit hídrico, pode ser inferida pelo NDVI. Para demonstrar este fato, as correlações entre NDVI e chuva

poderão ser calculadas para as localidades usando os dados de chuva mensal e os dados de NDVI mensal do mesmo período.

1.4.2.6 Evolução da seca inferida pelo NDVI

As imagens mensais de NDVI, processadas pelo procedimento de valor máximo composto para um mês, são utilizadas para delinear os mapas de área de seca com o valor de NDVI menor que 0,22 (LIU et al., 1994). As evoluções temporal e espacial de ocorrência de área de seca poderão ser comparadas para investigar a variabilidade climática interanual. Os mapas mensais de área de seca durante o ano mais seco e o ano mais chuvoso poderão ser utilizados para identificar o padrão de migração da seca ligado com a variabilidade climática na região do estudo.

1.4.2.7 Desmatamento e variabilidade climática

A escala de valores de NDVI, que varia de zero a 1,0, pode ser expressa em cores na imagem dos satélites. O valor de NDVI de zero corresponde à cor marrom escuro e o valor de 1,0 ao violeta intenso. O verde representa o valor de NDVI abaixo de 0,22, que deverá ser utilizado como o valor para delinear as áreas de seca. As imagens mensais de NDVI deverão ser utilizadas para estudar a variabilidade climática (LIU et al., 1994). Os valores médios de NDVI anual, no período do estudo, coincidem com algum dos quatro maiores tipos de vegetação distribuídos no Brasil: 5,40 para a vegetação de floresta tropical chuvosa (Região Amazônica); 2,96 para a de caatinga (Região Central do Nordeste); 4,30 para a de cerrado (Regiões Oeste e Centro-Oeste); e 4,96 para a de agricultura (Regiões Sul e Sudeste), determinados nos estudos acima (tabela 2).

TABELA 2 - NDVI total anual de 4 regiões do Brasil.

Ano	Região			
	Floresta Tropical Chuvosa	Caatinga	Cerrado	Agricultura
1982	5.31	2.27	3.99	4.91
1983	5.25	2.53	4.16	4.89
1984	4.96	2.59	4.10	4.79
1985	5.30	3.35	3.99	4.88
1986	5.90	3.47	4.42	5.12
1987	5.68	3.42	4.56	5.16
Médio	5.40	2.96	4.30	4.96

Fonte: Liu et al. (1994).

1.4.2.8 NDVI e déficit hídrico

A correlação entre NDVI e déficit hídrico poderá ser feita com base em dados amostrais mensais observados. Na correlação entre NDVI e déficit hídrico são utilizados dados mensais de água disponível no solo. A defasagem de resposta do NDVI ao déficit hídrico é de 30 dias para refletir as condições de crescimento das vegetações com raízes rasas (LIU e FERREIRA, 1991). No caso de plantas com raízes profundas, desconsidera-se a possível defasagem. Esta variação do tempo de resposta do NDVI ao déficit hídrico das vegetações tem sido uma das dificuldades para melhorar a estimativa da produtividade das culturas, com a utilização de dados do NDVI. Entretanto, na maioria dos casos, o NDVI reflete bem a vegetação desde que sejam consideradas as variações da profundidade das raízes e do tipo do solo. O NDVI reflete, portanto, as condições de crescimento das vegetações de modo geral, considerando-se com um mês de atraso e pode ser utilizado para o monitorar as evoluções espacial e temporal.

1.4.2.9 NDVI e precipitação

Verificou-se que, no déficit hídrico, os coeficientes de correlação poderão ser analisados com defasagem de NDVI, em relação à chuva, de um mês para culturas anuais.

Estas observações constatadas por (DI et al., 1994) mostraram também que a defasagem do NDVI em relação à precipitação varia de 14 dias no início, para 25 dias no ponto máximo e de 12 dias no fim da estação chuvosa, baseados nas correlações entre os dados diários de precipitação observados e os dados de NDVI, gerados pelo modelo utilizando-se de dados do LANDSAT TM. 4.

1.4.3 Caracterização dos Satélites da Série LANDSAT

LANDSAT 1, 2 e 3

O primeiro satélite da série LANDSAT, antigamente chamado ERTS (Earth Resource Technology), foi lançado em julho de 1972 para experiências em processamento de imagens de satélites e interpretação de informações multiespectrais sobre os aspectos agrícolas, florestais, oceanográficos e geológicos. As escolhas das bandas e da resolução espacial foram feitas em função das exigências multidisciplinares. O sensor Multiespectral Scanner (MSS), dos satélites LANDSAT 1,2 e 3 registraram até 1983, mais de 1,3 milhões

de imagens. Cada imagem cobre área de 185 km² em 3 ou 4 bandas diferentes. No LANDSAT 3 foi instalado um canal na faixa do infravermelho térmico (TIR), com resolução espacial de 240 m em nadir.

A frequência da órbita é de 18 em 18 dias. O ângulo de inclinação da órbita em relação ao plano do equador é de 99° 11'. Altitude da órbita 917 km e duração de 101 minutos.

LANDSAT 4 e 5

LANDSAT 4 foi lançado em julho de 1983 e depois o LANDSAT 5, em 1º de março de 1984 e LANDSAT 7 foi lançado em 1999, além do sistema Multispectral Scanner (MSS), nestes últimos foram desenvolvidos e Thematic Mappers (TM), caracterizados por uma resolução espacial de 30 m e de 120 m no canal térmico, cobrindo a terra a cada 16 dias. Estas imagens têm resolução radiométrica de 8 bits (256 níveis de cinza).

LANDSAT 7

Foi lançado em 1999, em substituição ao 5, já no final de sua vida útil, sendo substituído pelo sensor ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus), com uma série de benefícios adicionais:

- Gravação da banda 6 (infravermelho termal) em duas bandas, com resolução espacial de 60 metros.
- Banda pancromática com 15 metros de resolução espacial no espectro de (0,5–0,90 µm) sincronizada às bandas multiespectrais.
- Maior precisão radiométrica absoluta.
- Geometria de imageamento melhorada permitindo georreferenciamento aproximado apenas com os dados com precisão de 100 a 200 metros.

Para o levantamento da evolução de áreas desmatadas foram interpretadas imagens selecionadas nas bandas 3, 4 e 5, no período entre 1972 a 2000.

Destas imagens foram realizados levantamentos de séries temporais de áreas de desmatamento, no Município de Terenos, utilizando-se os softwares de processamento de imagens (ENVI, SPRING etc.).

O NDVI, gerado com dados do NOAA e do LANDSAT, pode ser calculado pelas seguintes fórmulas:

(LANDSAT) : $NDVI = (Banda\ 4 - Banda\ 3) / (Banda\ 4 + Banda\ 3)$

(NOAA) : $NDVI = (Banda\ 2 - Banda\ 1) / (Banda\ 2 + Banda1)$

CAPÍTULO II

A PESQUISA

1. OBJETIVOS

1.1 Geral

Analisar a aplicabilidade de dados de satélites ambientais como instrumento de planejamento e monitoramento do desenvolvimento local, com a utilização de informações de registros climáticos gerados (NOAA, LANDSAT etc), por meio de Sistemas de Informações Geográficas-SIG e geoprocessamento, tendo em vista a carência crônica desse tipo de instrumento no espaço territorial municipal.

Dentre os instrumentos técnicos, o conhecimento dos mecanismos climáticos é determinante para a definição da biodiversidade do ambiente local e, portanto, da qualidade de vida das pessoas. Disponibilizar os seus resultados, com antecedência, ou permitir o controle dos efeitos decorrentes de eventos climáticos cíclicos, foi uma das preocupações desta investigação.

1.2 Específicos

- analisar a evolução de áreas desmatadas de Terenos, para verificar a variabilidade climática no período entre 1966 a 2000, com a utilização de dados de aerofotos (DSG/USAF-1964/66), imagens de radar e sensores remotos de Satélites NOAA e LANDSAT;
- testar os dados climáticos coletados, cruzando-os com as áreas desmatadas, através de satélite LANDSAT, com a utilização de geoprocessamento para verificação de indícios de mudanças climáticas no período estudado, além de justificar novos estudos ou intervenções corretivas no município;

- analisar a evolução da temperatura média da máxima de Terenos, no período de 1974 a 2000, por meio de dados meteorológicos históricos coletados;
- analisar a evolução de dados de precipitações de Terenos, no mesmo período; analisar a utilização do ferramental para aplicação na definição de parâmetros para elaboração de um Plano do Desenvolvimento Local Sustentável, para o município de Terenos-MS.

2. METODOLOGIA

Este trabalho explora a aplicabilidade de dados e informações obtidos de satélites como NOAA (Administração Nacional Oceânica e Atmosférica) e LANDSAT como instrumento de planejamento para desenvolvimento local sustentável.

Os dados cumulativos anuais do NDVI (Índice de Vegetação da Diferença Normalizada) foram utilizados para correlacionar com taxas de desmatamentos calculados dos dados do NOAA AVHRR (Radiômetro Avançado de Altíssima Resolução), GAC (Cobertura de Área Global), para o período de 1981 a 2000, fornecidos pelo “Global Inventory Modeling and Monitoring System (GIMMS)”, do “Goddard Space Flight Center-GSFC/NASA” (Centro Espacial de Vôo Goddard/Administração Nacional Aeroespacial).

Para calcular a taxa de desmatamento, foram utilizadas aerofotos de 1966, fornecidas pelo DSG (Diretoria de Serviço Geográfico), e imagens de LANDSAT/INPE 225-074 de 1985 (00/00/1995), 1996 (05/04/1996) e 2000 (10/11/2000), usando o método de classificação de imagem e análise do software SPRING, desenvolvido pelo INPE (Instituto de Nacional de Pesquisa Espacial) disponível na Internet.

Na impossibilidade de selecionar toda a série histórica, em face de grande volume de informações e o seu alto custo, foram escolhidas cenas que pudessem ser representativas para os objetivos deste trabalho e que apresentassem maior contraste entre solos utilizados (antropizados) daqueles que ainda contêm a vegetação original.

O desenvolvimento local sugerido seguiu as linhas básicas apresentadas pela Agenda 21 (PNUD, Rio 92), com a adoção dos princípios propostos por Ignacy Sachs (1997), colocando em prática o eco-desenvolvimento, por meio da recriação do

planejamento, com base na revisão bibliográfica sobre o tema e nos conceitos atuais de desenvolvimento local em “escala humana”. A variação interanual da taxa de desmatamento e parâmetros climáticos, incluindo temperatura média anual e precipitação total no Município de Terenos, foi analisada para o período de 1981 a 2000.

2.1 Coleta e tratamento de dados meteorológicos básicos

O Município de Terenos não dispõe de estação meteorológica. Por ser município limítrofe a Campo Grande-MS, foram utilizados dados climáticos deste, coletados por meio de banco de dados da Embrapa (CNPGC), Base Aérea de Campo Grande e INMET, que foram tabulados, analisados e confrontados com as imagens de LANDSAT, processadas com o uso de software SPRING, disponibilizado pela internet, pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE.

2.2 Coleta e tratamento de dados de recursos naturais

Tem por base a coleta e interpretação de imagens de satélites de observação ambiental da Terra (NOAA/AVHRR, LANDSAT TM etc.), visando ao seu uso como instrumento de planejamento do desenvolvimento local sustentável:

Os estudos apoiaram-se na metodologia de interpretação de diferentes imagens de satélite (NOAA, LANDSAT etc.), dentro das possibilidades atuais de um ambiente de Sistema de Informações Geográficas -SIG.

Foram resgatadas informações de interesse para o trabalho, captadas pelos diversos sensores remotos citados, armazenadas em diferentes períodos das ações antrópicas (1966 a 2000), ocorridos no Município de Terenos. O trabalho de interpretação na área de estudo procurou localizar, quantificar e qualificar as informações sobre o processo de evolução de desmatamento e do uso atual de solos.

Os dados disponíveis remontaram a meados de década de 1960, com o levantamento aerofotogramétrico da USAF (1966 reimpresso em 1982), posteriormente, restituídos pela Divisão de Serviços Geográficos do Exército-DSG, nas Cartas Imagens disponibilizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE.

As imagens selecionadas de Satélite LANDSAT foram disponibilizadas pelo INPE (1985, 1996 e 2000). Na medida do possível, escolheram-se cenas e datas representativas das duas estações distintas do estado: verão chuvoso e inverno seco,

quando é possível distinguir com maior contraste os solos utilizados daqueles que ainda contêm a vegetação original.

Foram utilizadas metodologias e técnicas de geoprocessamento e Sistema de Informações Geográficas – SIG, para análise de dados levantados, apoiadas na utilização do Software SPRING e ENVI.

3. EVOLUÇÃO DE DADOS BÁSICOS

3.1 Evolução de uso atual de solos via satélite

A escolha de imagens de satélites ideal seria a seleção daquelas que, de um lado, coincidissem com o período final de preparo de solo para plantio de lavouras, quando as superfícies estão mais expostas e, de outro, após o período chuvoso de verão, quando a regeneração das pastagens e vegetações, de um modo geral, já se processou acentuando o índice de verde. Isso facilitaria a definição das áreas antropizadas daquelas remanescentes de vegetação natural, em face de se poder obter maior contraste entre as imagens.

Para os objetivos do trabalho, no entanto, selecionaram-se 4 (quatro) imagens, sendo 3 (três) do satélite LANDSAT (1985, 1996 e 2000) e 1 (uma) Carta imagem do DSG, elaboradas a partir de aerofotos, correspondentes ao ano de 1966, que serviram de referencial básico. Com isso, foi possível testar a aplicabilidade de uso de informações geradas por sensores remotos, via satélites, para análise da variabilidade climática e previsões no município de Terenos, e a sua utilização como instrumento de planejamento do desenvolvimento local. Para pesquisas mais detalhadas, deverão ser adotados outros critérios de seleção de imagens, que levem em consideração aspectos como: densidade, frequência, série temporal e resolução espacial, de acordo com os objetivos e o nível de detalhe ou escala dos estudos a serem realizados.

3.2 Obtenção do NDVI

Foi utilizado o software ENVI (The Environment for Visualizing Images) para a obtenção de informações referentes à evolução do NDVI (Normalized Difference Vegetation Index - Índice de Vegetação de Diferença Normalizada) do município de Terenos, por meio de dados do sensor “Advanced Very High Resolution Radiometer–AVHRR”, instalado no satélite da série NOAA/AVHRR. Os sensores AVHRR são utilizados para detectar as refletâncias das radiações eletromagnéticas de diferentes objetos

na superfície terrestre, baseados no conceito de que qualquer objeto que tem a temperatura maior que zero grau absoluto ($> 0^{\circ}\text{K}$) emite radiação eletromagnética com suas características espectrais singulares.

O uso de sensoriamento remoto para monitorar e detectar as evoluções temporal e espacial da superfície terrestre consistiu em aplicar a refletância espectral singular de cada objeto, que permitisse a sua classificação pela técnica da análise espectral, denominando reconhecimento de padrões, utilizando-se de dados de refletância espectral nas bandas chaves.

Várias técnicas para a obtenção de Índices de Vegetação, derivadas com os dados de refletâncias espectrais, foram desenvolvidas para indicar o grau de verde de vegetação da superfície terrestre. Um destes índices o NDVI foi recomendado para acompanhar não só o desenvolvimento da vegetação, mas também para estimar o seu rendimento (WIEGAND e RICHARDSON, 1990). Os dados do NDVI são obtidos da razão entre a diferença e a soma de refletância da radiação no infravermelho próximo ($0,725\text{-}1,10\ \mu\text{m}$) e da radiação visível ($0,55\text{ - }0,68\ \mu\text{m}$).

A análise de frequência das chuvas é uma das condições climáticas mais importantes que afetam a produtividade de determinada cultura, sendo a chuva a principal fonte de água para a agricultura nas áreas tropicais. Período de falta de água ou deficiência hídrica não só reduzem o rendimento como também alteram o crescimento dos vegetais em diversos estágios fenológicos críticos, como o florescimento e o enchimento de grãos. A potencialidade agrícola de uma região, portanto, está fundamentada, principalmente, na época de ocorrência e distribuição das chuvas.

O sensoriamento remoto por meio de satélites como o NOAA e LANDSAT, entre outros, permite estudar a variabilidade climática e a previsibilidade, como, por exemplo, de fenômenos climáticos, como: “El Niño e La Niña”, “efeito estufa” e aquecimento global, com o uso de ferramental de geoprocessamento e computadores de alta resolução.

CAPÍTULO III

RESULTADOS

1 VARIABILIDADE CLIMÁTICA E PREVISÕES: O CASO DE TERNOS

1.1 Elementos de análise meteorológica

1.1.1 Clima local e regional

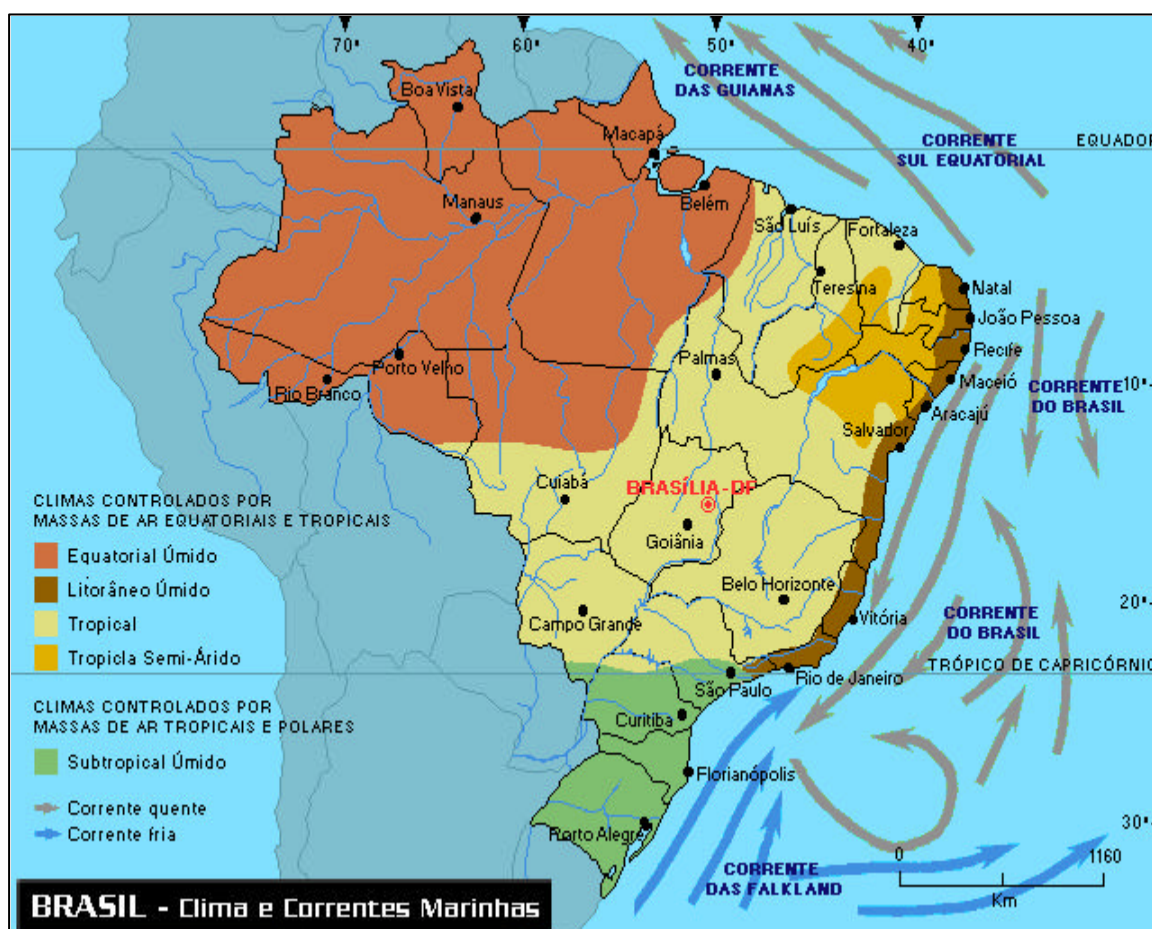
Os dados climáticos globais foram obtidos por meio de fontes já existentes, incluindo-se os “normais climáticos”. Os principais elementos climáticos em nível de estado foram extraídos do Atlas Multirreferencial de MS, 1990, elaborado pelo RADAMBRASIL/IBGE, obtidos do antigo DNAEE.

Os dados de Temperatura e Precipitação Pluviométrica foram os elementos meteorológicos utilizados para o processamento do Balanço Hídrico de MS. As informações sobre precipitação pluviométrica da Microrregião de Campo Grande, onde se inclui o Município de TERNOS, bem como, os dados de temperatura local, foram obtidos do INMET, EMBRAPA/CNPQC, INPE e Ministério da Aeronáutica - Base Aérea de Campo Grande/MS (mapas 1 e 2).

Estudos realizados por Honer (1993), EMBRAPA-CNPQC, analisando a precipitação pluviométrica na região de Campo Grande-MS, no período de 1970 a 1991, caracteriza as chuvas da Região como sendo principalmente do tipo convectivo, freqüentemente com distribuições não-normais no espaço e no tempo com identificação de padrões meteorológicos retrospectivos. A média anual no período de 1970 a 1993 foi de 1.537 mm na Embrapa.

O mapa 1 mostra como o clima de Mato Grosso do Sul, que tem característica de Clima Tropical e Subtropical, sofre as influências da dinâmica das massas de ar Tropical ao Norte e Polar ao Sul. Zavattini (1990), observando a gênese da dinâmica

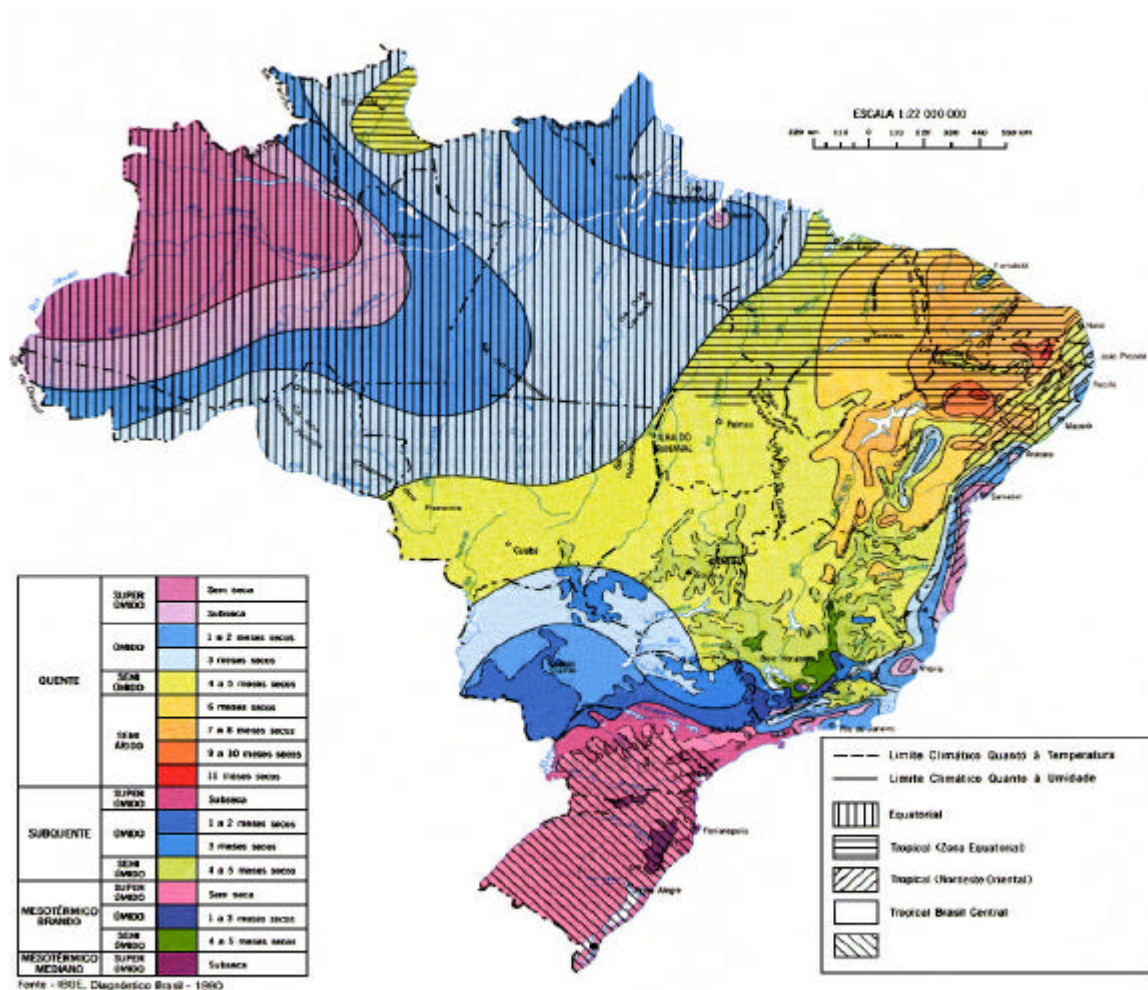
atmosférica e a distribuição das chuvas em MS, realizou estudos por meio das tendências observadas e propôs a Classificação Climática de Base Genética para MS, detalhada adiante.



MAPA 1 - Brasil - clima continental e correntes marítimas.

Fonte: INMET (1990).

O mapa 2 mostra que Mato Grosso do Sul, localizado na região de Clima Tropical do Brasil Central, predomina ao Norte e Oeste (Região do Pantanal), Clima Quente e Úmido, com pelo menos 3 meses de seca. Na mesma região, no extremo norte e nordeste, divisa com Goiás, nos Chapadões (sob influência da altitude), intercala-se região com Clima Sub-Quente e Úmido, com 1 a 2 meses, seco (mesmo clima do extremo Sul). Na zona Central e Leste, onde se localiza a área do Estudo (Municípios de Terenos e Campo Grande), predomina a região Sub-Quente e Úmido, com pelo menos 3 meses de seca. Na região Sul predomina a zona com Clima Sub-Quente e Úmido, com pelo menos 1 a 2 meses de seca.



MAPA 2 - Brasil - unidades climáticas.

Fonte: INMET (1990).

1.1.2 Balanço hídrico

Segundo Thornthwaite, o confronto entre as necessidades hídricas das plantas em geral e a chuva, em uma determinada área, constitui o princípio fundamental do Balanço Hídrico. Dessa forma, é contabilizada a água no solo, em um processo no qual a chuva representa o abastecimento de água e a evapotranspiração, a perda, considerando-se uma determinada capacidade de armazenamento ou retenção de água no solo, no caso, adotou-se o nível de 125 mm (média de 52 anos de observação) como medida padrão de água disponível no solo, considerando-o como a diferença entre a capacidade de campo correspondente ao teor máximo de água que o solo poderia reter contra a ação da gravidade, em condições normais de campo.

Utilizando-se a medida padrão de água disponível (125 mm), desprezaram-se as características texturais do solo, pois, nos solos arenosos, de menor capacidade de retenção hídrica que os argilosos, o sistema radicular das plantas tende a explorar as camadas mais profundas. Admite-se que ambos, para efeito de balanço hídrico, apresentem a mesma capacidade de armazenamento na zona das raízes.

A evapotranspiração potencial é o elemento que indica a necessidade de água, por unidade de área do terreno, ou seja, a chuva teoricamente necessária para manter a vegetação verde e turgescente o ano inteiro. A evapotranspiração real corresponde às quantidades de água que, nas condições reais, evapora-se do solo e transpira das plantas. Esta taxa na região de Campo Grande é estimada em 4,8 mm/dia (média de 25anos). Deficiência Hídrica é o saldo negativo. Ocorre após o início da estação seca, perdurando além do início da estação chuvosa.

Excedente hídrico correspondente à diferença entre a precipitação e a evapotranspiração potencial, quando o solo atinge a sua capacidade máxima de retenção de água. O valor de equilíbrio mensal é de 125 mm, na média anual de 52 anos, 1.503 mm.

1.1.3 Índice efetivo de Umidade de Thornthwaite

O Índice efetivo de Umidade de Thornthwaite representa a relação entre o Índice de Umidade (Iu) e o Índice de Aridez (Ia). As duas relações são afetadas por Fatores de correção: 100 para Excedente e 60 para Déficit. A razão desta diferença está no fato de que, na maioria dos solos, o excedente e a deficiência hídrica ocorrem em estações distintas e ambos devem ser computadas no índice efetivo de umidade.

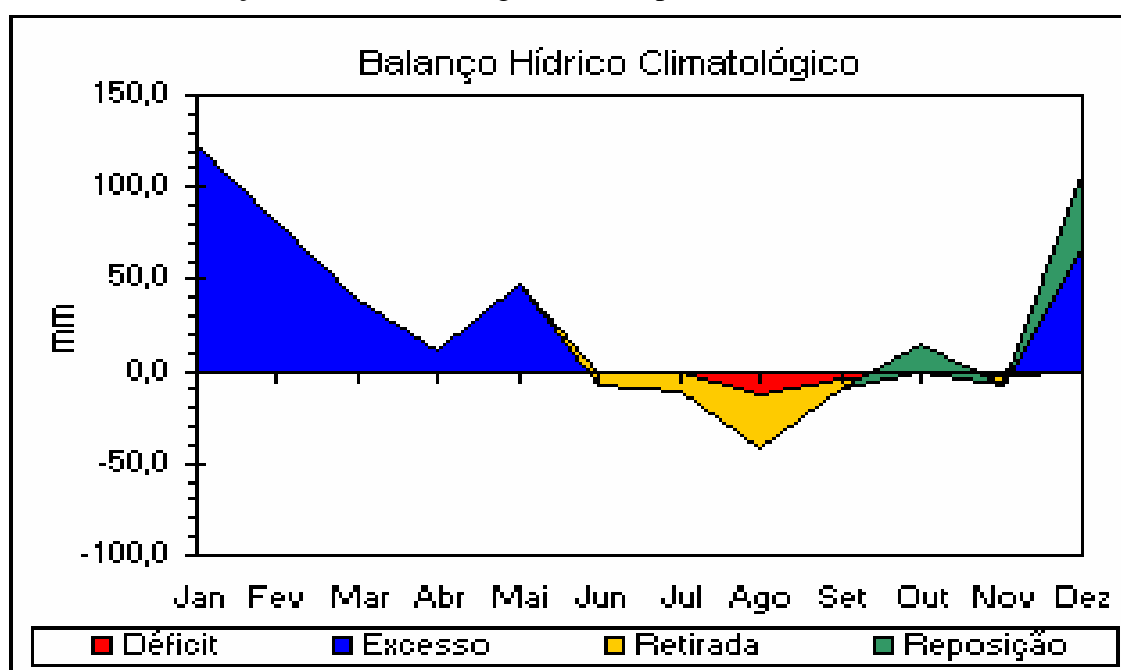
Embora o excedente de uma estação não compense a deficiência da outra, há certa tendência à regularização pela existência de reservas mais profundas (umidade do subsolo e lençóis de águas subterrâneas) do que aquelas consideradas apenas no balanço hídrico e que atenuam os efeitos da deficiência de chuvas. Esse efeito de regularização é sentido, sobretudo, se a vegetação comporta plantas com sistema radicular profundo.

Por estas razões, o método admite que um excedente de 6 mm em uma estação pode amenizar ou até eliminar os efeitos de carência de água da outra estação até um total de 10 mm. Isto levou a conceder, na equação do índice efetivo de umidade, mais peso em relação ao índice de umidade do que ao índice de aridez (RADAMBRASIL/IBGE, 1990).

O índice efetivo de umidade corrigida na metodologia utilizada foi obtido, portanto, pela seguinte fórmula: $I_m = (100 \times \text{EXC} + 60 \times \text{DEF}) / \text{EP}$.

A Evapotranspiração Total (ET) medida em milímetro (mm) facilita o cálculo do balanço hídrico, visto que a quantidade de água disponível no solo é medida em mm. A medida da ET, em mm, na produção agropecuária (agrometeorologia), é mais utilizada em substituição ao conceito de energia do fluxo de calor latente mais utilizado na meteorologia geral. No caso desta pesquisa, optou-se por adotar os trabalhos desenvolvidos no primeiro caso. A figura 9 mostra o Balanço Hídrico Climatológico de Campo Grande (INMET, 1999), neste trabalho, inferido também para Terenos, onde se observa excesso entre os meses de novembro a maio (seis meses), com pico em janeiro (cerca de 140 mm).

FIGURA 9 - Balanço hídrico climatológico de Campo Grande-MS.



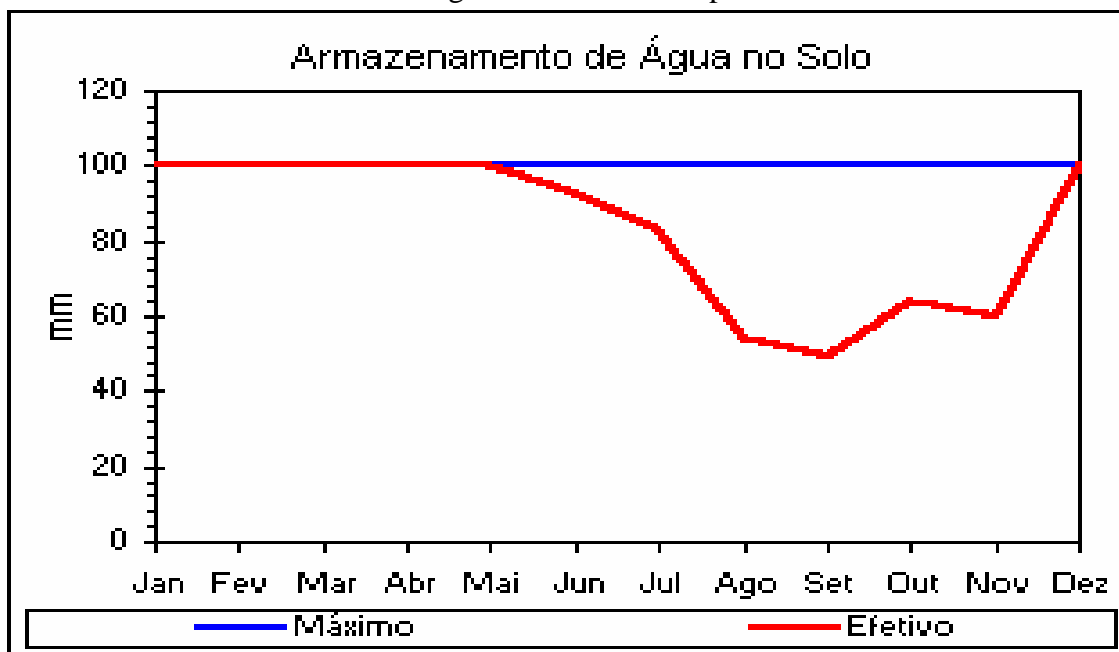
Fonte: INMET (1990).

A retirada de água dos solos inicia-se a partir de maio até final de setembro (4 meses) com máxima de retirada da água até fins de agosto. O déficit hídrico ocorre de julho a fins de agosto (2 meses). A partir de setembro, com o início das chuvas, inicia-se a reposição da água durante o verão.

A figura 10 mostra o nível de armazenamento efetivo da água, em função da capacidade do solo, no caso de Campo Grande. A máxima capacidade corresponde a 100 mm nos meses de janeiro a maio. A partir de maio, o armazenamento da água do solo

diminui, chegando em torno de 50 mm, entre agosto e setembro, quando se inicia novamente a reposição em função das chuvas de verão.

FIGURA 10 - Armazenamento de água no solo em Campo Grande-MS.



Fonte: INMET (1990).

1.1.4 Índice mesoclimático do estado

O clima regional, segundo metodologia utilizada pelo RADAMBRASIL/IBGE, representa a interação combinada da circulação atmosférica secundária e os fatores geográficos mais significativos, como a Continentalidade, Latitude e Altitude, modificadoras das características mais amplas dos sistemas atmosféricos atuantes na área (mapa 3) dos “anos-padrões” e os atributos pluviais da área estudada.

Assim sendo, o conceito de clima regional definido pelo RADAMBRASIL/IBGE busca maior homogeneidade possível nos espaços considerados. Para se definir os climas regionais e suas variações mesoclimáticas, foram confrontados os seguintes elementos:

- Índice efetivo de umidade de Thornthwaite.
- Precipitação total anual.
- Excedente hídrico total anual.
- Número de meses por ano com excedente hídrico.
- Deficiência hídrica total anual.

- Número de meses por ano com deficiência hídrica.

Definidos pelas linhas de isotaxons ou distâncias taxonômicas, os climas regionais de MS são de quatro tipos diferentes:

a) Úmido

Apresenta índice efetivo de umidade com valores anuais variando de 40 a 60. A precipitação pluviométrica anual varia entre 1750 a 2000mm anuais, excedente hídrico de 1200 a 1400 mm durante 07 a 08 meses e déficit hídrico de 200 a 350 mm durante 3 meses.

b) Úmido a sub-úmido

Apresenta índice efetivo de umidade com valores anuais variando de 20 a 40. A precipitação pluviométrica anual varia entre 1500 a 1750 mm anuais, excedente hídrico anual de 800 a 1200 mm durante 05 a 06 meses e deficiência hídrica de 350 a 500 mm durante 04 meses.

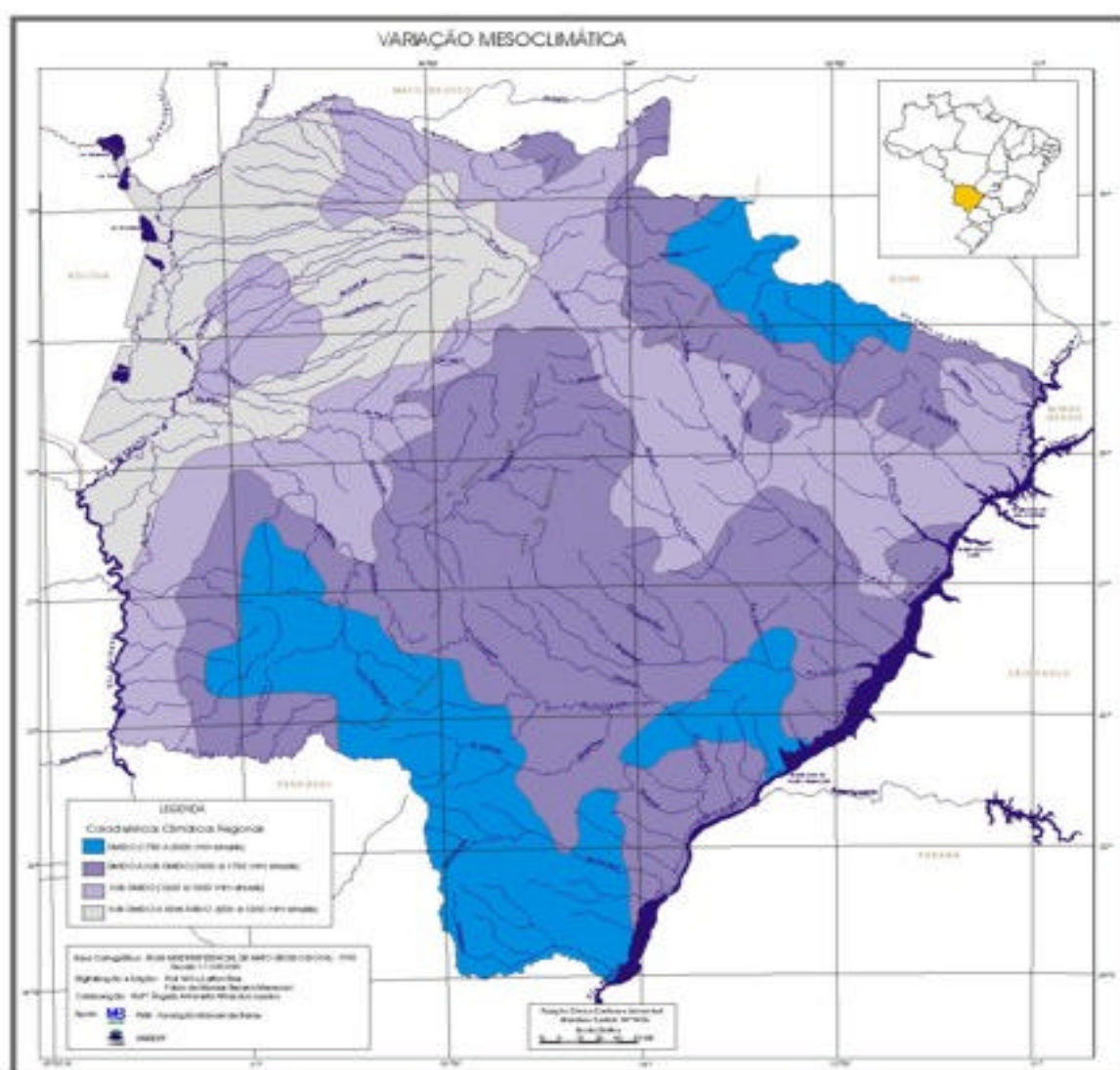
c) Sub-úmido

Apresenta índice efetivo de umidade com valores anuais variando de 0 a 20. A precipitação pluviométrica anual varia entre 800 a 1200 mm anuais, excedente hídrico anual de 100 a 400 mm por 02 meses e deficiência hídrica de 650 a 750 mm por 06 meses.

d) Sub-úmido a semi-árido

Apresenta índice efetivo de umidade com valores anuais variando de: -20 a 0 (zero). A precipitação pluviométrica anual varia entre 800 a 1200 mm anuais, excedente hídrico anual de 100 a 400 mm durante 02 meses e deficiência hídrica de 650 a 750 mm durante 06 meses. Balanço Hídrico com Deficiências e Excedentes Hídricos Totais Anuais com isolinhas expressos em Número de Meses e em mm.

Os dados meteorológicos foram fornecidos pela EMBRAPA CNPGC e Ministério da Aeronáutica e incluem temperatura do ar, precipitação e evapotranspiração potencial, para todos os meses, de 1981 a 1994, para as estações meteorológicas de Campo Grande.



MAPA 3 - Variação Mesoclimática de MS.

Fonte: Atlas Multirreferencial (1990).

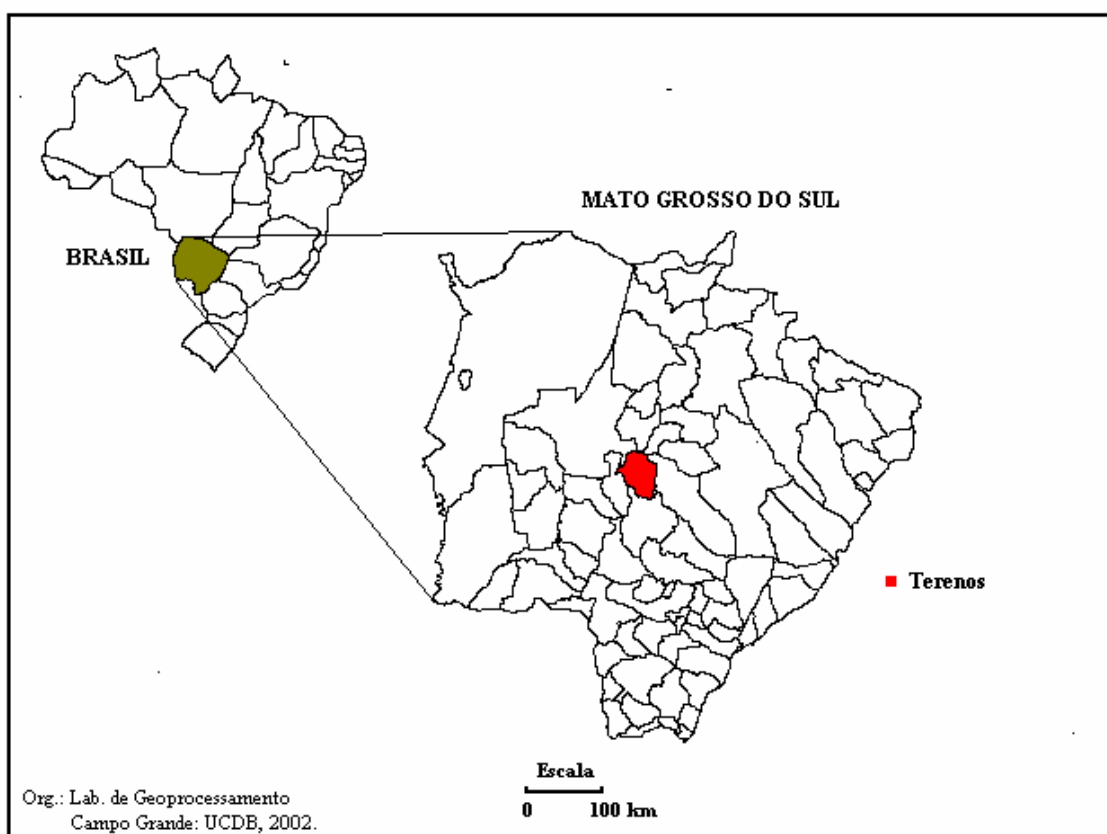
O autor observou que a distribuição de chuvas apresenta irregularidades no ritmo climático atual, com períodos muito chuvosos e de outro lado severas estiagens. A partir dessa constatação analisou a distribuição das chuvas tanto do ponto de vista quantitativo (diferentes volumes de precipitação) com qualitativo (padrões de distribuição pluviométrica e ritmos) tendo o interesse de aprofundar os estudos esclarecendo como se comporta a faixa climática de transição sobre o Estado, tendo ao norte o domínio das massas tropicais e equatoriais e ao sul das massas tropicais e polares (MONTEIRO, 1973).

Por outro lado, os estudos climáticos de Zavattini (1990) revelaram a existência de enormes lacunas na dinâmica atmosférica e distribuição das chuvas em MS. Com base

2. DADOS BÁSICOS DE TEREÑOS

2.1 Localização

O Município de Terenos localiza-se na área central de Mato Grosso do Sul, fazendo parte da Micro-Região Homogênea-MRH de Campo Grande. Limitam-se, ao Norte, com os municípios de Aquidauana, Corguinho e Rochedo, cujo limite territorial é o Rio Aquidauana e seus afluentes. Pertence à bacia do Rio Paraguai, com divisa na Bacia do Paraná, pela Serra do Maracaju, no sentido Sudoeste-Nordeste, tendo Campo Grande como seu limite a Leste. Ao Sul, faz divisa com o Município de Sidrolândia e a Oeste com Dois Irmãos do Buriti.



MAPA 5 - Localização do Município de Terenos.

Fonte: Laboratório de Geoprocessamento-UCDB-MS (2002).

2.2 Pressupostos básicos para o desenvolvimento sustentável de Terenos

Uma das questões defendidas na Agenda 21 da Conferência do Rio-92/ONU é o combate à pobreza, às desigualdades sociais e a recuperação estrutural do meio ambiente, buscando-se o realismo econômico como uma das condicionantes necessárias, embora não suficiente. A estratégia para se atingir um desenvolvimento deverá buscar também a instrumentalização da eficiência e da eficácia, por meio do princípio do eco-desenvolvimento, cujo pressuposto procura a harmonização das questões ecológicas - ambientais, econômicas, sócio-culturais, territoriais e político-institucionais (SACHS, 1998), para que a rentabilidade e a competitividade tornem-se realidades concretas e os pequenos agricultores protagonizem, de fato, o autodesenvolvimento, a partir das suas próprias condicionantes endógenas em um mundo globalizado.

A questão instrumental ou teórica mais ampla do desenvolvimento local no meio rural leva à necessidade de compreensão da relação solo-planta-clima-homem, para se buscar as ações que leve ao cerne do desenvolvimento auto-sustentado.

A utilização do instrumental de sensoriamento remoto, por meio de geoprocessamento e Sistema de Informações Geográficas-SIG, torna-se imprescindível também para o Zoneamento Agro-Ecológico, fundamental na definição de programas de investimentos e suporte para o planejamento do desenvolvimento rural sustentável. Levantadas as aptidões agrícolas, identificadas e cartografadas as potencialidades naturais por cartas das vocações agrícolas, estas servirão de base para traçar políticas públicas e privadas de recuperação ambiental e de geração de capital humano e social, em bases sustentáveis.

2.3 Problemática Local

Terenos tem altitudes entre 460 a 600m, com clima e balanços hídricos representativos de divisores de água das áreas centrais de MS, situadas nas bordas da Região do Pantanal com a Serra de Maracaju, cortando o estado no sentido longitudinal.

A partir de outubro, a curva das precipitações pluviométricas eleva-se acima da evapotranspiração potencial, iniciando-se a estação de superávit hídrica efetiva que se estende até maio ou junho (8 a 9 meses). O pico dos excedentes ocorre nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro (cerca de 100mm/mês). No inverno, embora haja sensível diminuição de chuvas, a forte queda de temperatura não permite que haja deficiência hídrica significativa. Ultrapassa 50 mm, em invernos muito “secos”, sendo que, em condições normais, não oferece restrições severas às atividades agrícolas permanentes. O

verão, embora normalmente chuvoso, costuma registrar os chamados “veranicos” de até três semanas. Pela imprevisibilidade, podem causar prejuízos às lavouras. A redução sensível de temperatura costuma chegar abaixo de 10° C, inclusive com geadas esporádicas (NIMER e BRANDÃO, 1989).

A região da área de estudo tem precipitação em torno de 1400 mm anual, com distribuição muito desigual ao longo do ano. Concentra-se no verão com excesso de água, intenso escoamento superficial e enchentes de rios provocando erosões e degradações do ambiente. No inverno, são estações com deficiências hídricas, incêndios nas pastagens e cerradas, com solos secos e compactados e rebaixamento de lençol freático.

As deficiências de inverno são limitantes do ponto de vista ambiental, constituindo-se em restrições ao uso do solo para agricultura e pastagens. Mesmo as culturas perenes sofrem o estresse de seca e perdem a sua capacidade produtiva, necessitando de irrigação.

A agricultura é restrita à estação chuvosa, restringindo o uso de mão-de-obra e capital intensivo como os maquinários, o que dificulta o planejamento das atividades. A ocorrência de “veranicos”, embora de curta duração, seguida seca no verão, em geral chuvoso, tem causado prejuízos incalculáveis, em anos de sua ocorrência, trazendo, como consequência, a instabilidade econômico-financeira e social.

Modernamente, o Zoneamento agroecológico seria uma das formas de enfrentar esses desafios e os satélites ambientais deverão ser utilizados como instrumentos de maior precisão para se buscar as causas e prevenir a ocorrência de tais fenômenos.

Nos estudos desenvolvidos, uma das dificuldades foi a obtenção de dados específicos de clima, em nível da unidade territorial focado, qual seja, o município de Terenos. Entretanto, em face da sua posição geográfica, que faz limite com Campo Grande, tomaram-se os dados de pluviometria, temperatura e balanço hídrico, coletados nas instituições como a EMBRAPA - CNPGC e a Base Aérea de Campo Grande, que dispõem de dados desde 1970.

O trabalho não entrou em nível de detalhe para o estudo do microclima local, que requer pesquisa em maior detalhe, com a utilização de técnicas mais avançadas de sensoriamento remoto, com levantamentos e calibragem de campo.

Para efeito do estudo, foram, também, inferidos os dados meteorológicos e climáticos em nível de estado, coletados nas diversas instituições especializadas.

O Município de Terenos é polarizado pela Capital, Campo Grande, que, em vários aspectos, apresenta características comuns, que a torna homogênea do ponto de vista ecossistêmico, especialmente, quanto aos padrões decorrentes da influência de clima, solo e vegetação. Desta forma, apenas os dados de AVHRR foram utilizados na investigação dos padrões de homogeneidade das características do município, no âmbito do sensoriamento remoto. Esses padrões foram analisados para a definição de NDVI, no período compreendido entre 1982 a 2000, além de dados de Temperatura e Precipitação do mesmo período, por meio de dados da série histórica coletados de forma convencional.

2.4 Dados sócio-econômicos do município

O município de Terenos foi elevado a distrito pela Lei n. 1.021, de 21 de setembro de 1929 e a município pela Lei n. 674, de 11 de dezembro de 1953. Dista cerca de 23 km da Capital, fazendo divisa com o município de Campo Grande, na sua porção oriental. Segundo dados do Macrozoneamento Geoambiental de MS, o município de Terenos possui 2.841,2 km². Densidade Demográfica: 4,08 hab/km² (2000).

Os dados intercensitários revelam que a população de Terenos teve um incremento a taxas médias geométrica de 1,80; 0,74 e 2,80, nos censos de 1980, 1991, 1996 e 2000. A sua taxa de urbanização é da ordem de 49%, portanto, 51% da população ainda moram no meio rural (tabela 3).

TABELA 3 - Dados Demográficos do Município de Terenos

Anos	População Total	Taxa de Urbanização	Anos	Taxa Média Geométrica
1980 ⁽¹⁾	8.215	31,08%	1980/91	1,80
1991 ⁽¹⁾	9.998	46,96%	1991/96	0,74
1996 ⁽²⁾	10.375	50,49%	1996/00	2,80
2000 ^{(1) (3)}	11.586	48,68%		

(1) Censo Demográfico. (2) Contagem da População. (3) Dados Preliminares.

Fonte: IBGE.

Em termos de agricultura, a área colhida representou cerca de 6,5 mil ha, no ano 2000. Sendo liderada pela soja e o milho (73%); cana-de-açúcar (16%); outros (11%), significando cerca de 2,8%, em relação à superfície total do município. A soja teve um crescimento de cerca de cinco vezes no período, passando de 450 ha para 2,56 mil ha. O milho praticamente manteve a mesma área colhida. Foi expressivo também o crescimento

da cana-de-açúcar, que passou de 20 ha para 1028 ha, no mesmo período. É importante a iniciativa de diversificação observada no município, embora modesto, o crescimento de cultivo de plantas perenes e semi-perenes, como os citros, manga, bananas (tabela 4).

TABELA 4 - Terenos - área colhida dos principais produtos agrícolas - 1996-2000.

Produtos	Ano				
	1996	1997	1998	1999	2000(*)
Arroz	115	100	60	160	100
Algodão herbáceo	50	5	20	40	20
Feijão	30	85	178	80	140
Mandioca	60	150	210	300	250
Soja	450	750	1.800	2.860	2.560
Milho	2.520	2.200	2.300	2.500	2.150
Abacaxi	18	18	18	20	10
Cana-de-açúcar	20	200	220	223	1.028
Banana	26	26	26	26	10
Laranja	157	300	154	154	204
Limão	5	10	61	61	-
Manga	-	20	20	20	-
Tangerina	-	15	64	64	-
Total	3.451	3.870	5.131	6.508	6.472

(*) Estimativa.

Fonte: IBGE.

Em termos de produção, os grãos significam 11,4 mil toneladas; a cana-de-açúcar, 78, 3 mil toneladas; a mandioca, 3,8 mil toneladas. A cana-de-açúcar abastece uma usina de álcool da região. É importante notar que é significativa, também, a produção de culturas permanentes especialmente frutas, como: citrus, manga, banana etc. (tabela 5).

TABELA 5 - Terenos - principais produtos agrícolas - 1996-2000.

Produtos	Produção (toneladas)				
	1996	1997	1998	1999	2000(*)
Arroz	173	150	60	204	180
Algodão herbáceo	60	6	18	36	18
Feijão	22	66	107	56	80
Mandioca	900	3.750	2.100	3.000	3.750
Soja	999	1.800	3.780	7.207	6.144
Milho	9.348	5.700	9.120	9.960	5.148
Abacaxi ⁽¹⁾	648	648	450	400	200
Cana-de-açúcar	1.200	13.000	15.400	22.893	78.345
Banana ⁽²⁾	36	36	36	36	16
Laranja ⁽¹⁾	12.500	23.835	9.240	9.240	18.360
Limão ⁽¹⁾	575	1.000	3.050	3.050	-
Manga ⁽¹⁾	-	200	320	560	-
Tangerina ⁽¹⁾	-	1.200	640	1.920	-

(*) Estimativa: (1) mil frutos; (2) mil cachos.

Fonte: IBGE.

Estima-se que cerca de 200 mil ha de pastagem dê suporte para cerca de 256 mil cabeças de bovinos no município de Terenos (média de 1,28 cab/ha/ano). Isto infere que cerca de 70% da área do município esteja tomado pela pastagem plantada (tabela 6).

TABELA 6 - Terenos - principais rebanhos - 1995-1999 (cabeças).

Especificação	1995	1996	1997	1998	1999
Bovinos	255.045	230.816	233.500	252.861	256.473
Suínos	8.623	7.566	7.650	7.099	7.235
Equinos	2.806	4.550	4.585	4.875	4.880
Ovinos	2.185	3.250	3.280	3.372	3.520
Aves ⁽¹⁾	948	1.457	1.404	1.630	1.838

(1) (galinhas, galos, frangos (as) e pintos) - em mil cabeças.

Fonte: IBGE

2.5 Potencialidade e restrições do município

A cobertura vegetal atual, em mais de 70% da área do Município, é a pastagem plantada. A savana (Cerrado) e pequena porção de Floresta Estacional restam da cobertura vegetal natural.

A vegetação natural, com o uso atual dos solos, observada por meio de imagens de satélite e dados estatísticos de produção municipal, demonstra que praticamente desapareceu (mapa 6), restando mínima área de vegetações do tipo Savana Arbórea Aberta, sem Floresta de Galeria; e na metade Centro para Oeste até o Norte do município,

vegetação de Savana Arbórea Densa, intercalada por atividade agropecuária, que toma praticamente 73% da área total do município.

Na escala em nível estadual, na Avaliação do Potencial de Recursos Naturais da região de estudo, observou-se a hierarquia de uso dos recursos naturais, em função das suas potencialidades regionais, com o objetivo de auxiliar no planejamento das ações estaduais. No caso da região do município, em estudo, identificaram-se pelo menos 3 (três) grandes categorias de uso: aptidões para lavoura, uso indefinido e áreas de proteção (mapa 7). Na avaliação em escala municipal, em maior detalhe, deverão ser ainda hierarquizadas potencialidades nas categorias de: pastagens plantadas, pastagem natural, silvicultura, exploração florestal e exploração mineral.

Os tipos de solos formam mosaicos diversificados de paisagem (mapa 8):

a) LEa - Latossolo Vermelho-Escuro álico - são solos minerais, não hidromórficos, altamente intemperizados (apresenta horizonte B latossólico), no geral, são profundos a muito profundos, bem drenados a acentuadamente drenados, friáveis e bastante porosos.

b) LRd - Latossolo Roxo distrófico - são solos minerais, não hidromórficos, muito profundos, friáveis, bastante porosos de textura variável e fortemente intemperizados.

c) AQa - Areias Quartzosas álicas - solos pouco desenvolvidos, profundos a muito profundos, excessivamente drenados. Os baixos valores da soma de bases aliados à saturação com alumínio trocável elevado e agravados pela intensa lixiviação, baixa capacidade de retenção da umidade e susceptibilidade à erosão, tornam o solo desaconselhável à utilização para lavoura.

Os demais tipos de solos no município são: PVd - Podzólco Vermelho-Amarelo distrófico; HGPd - Gleí pouco húmico distrófico; Ra - solos litólicos álicos; Re - solos litólicos eutróficos.

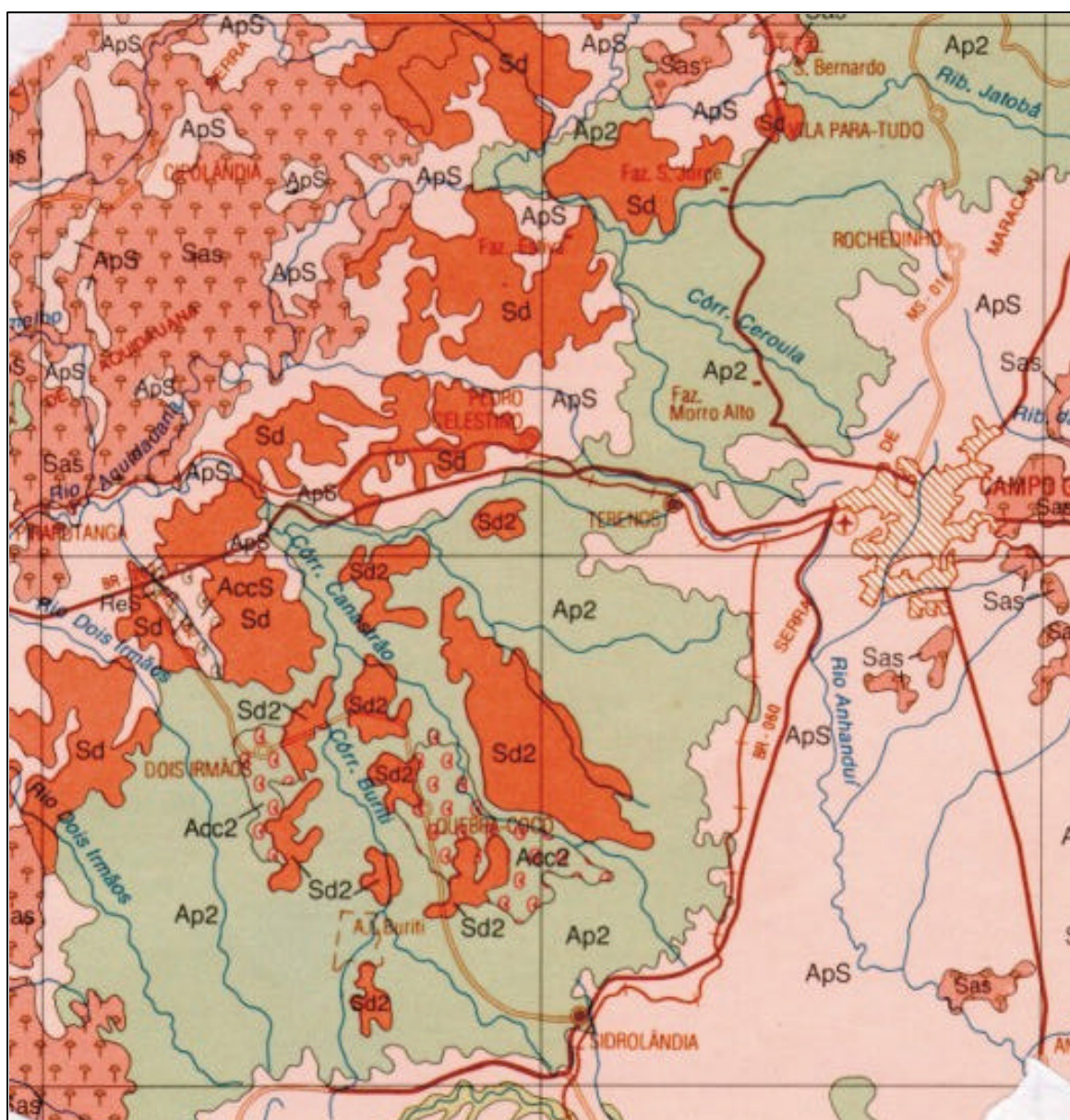
Em resumo, a porção Leste do município é predominante o Latossolo Roxo de textura argilosa e baixa fertilidade natural, associada à Terra Roxa estruturada de textura muito argilosa e elevada fertilidade. Nas porções Oeste e Norte, os solos são arenosos, predominantemente representados por Latossolo Vermelho-Escuro, de textura média e Areias Quartzosas, ambas com baixa fertilidade natural.

Do ponto de vista espacial, Terenos apresenta, nas porções Leste e Sul, clima com temperaturas sob a influência de Campo Grande, com médias do mês mais frio

menores do que 20°C e maiores que 18°C. O período seco estende-se por dois meses. A precipitação está entre 1200 a 1500 mm. Na região Noroeste, o período de seca estende-se por 3 a 4 meses.

A Avaliação do Potencial de Recursos Naturais da região do estudo revelou característica importante a ser observada no Município de Terenos do ponto de vista da aptidão de solos (mapa 9). Na parte Leste, possui áreas com Aptidão Regular para lavouras, nos níveis de manejo B e C; e Restrita no nível A; parte sem aptidão para uso agrícola intercalada com terras marginais, de classe intermediária entre lavoura e pastagens plantadas (TM1), na divisa com o Município de Campo Grande. Na porção Norte, predomina a Aptidão Agrícola do tipo TM2 (Terras Marginais, classe intermediária entre pastagens plantadas e silvicultura). A porção Centro-Oeste predomina Aptidão do tipo TM1. Os solos são pobres e necessita de manejo adequado para a sua utilização e influi na capacidade de retenção de água do terreno e na manutenção do equilíbrio ambiental.

O relevo do município é suavemente ondulado. Na porção Sudoeste, é entremeada por áreas planas, resultantes da acumulação fluvial. A Leste encontra-se frentes de “Cuesta” da Serra do Maracaju, na divisa com Campo Grande, que torna o terreno acidentado.



MAPA 6 - Região de Terenos - Mapa de Vegetação.

Fonte: Macrozoneamento Geoambiental de MS (1989).

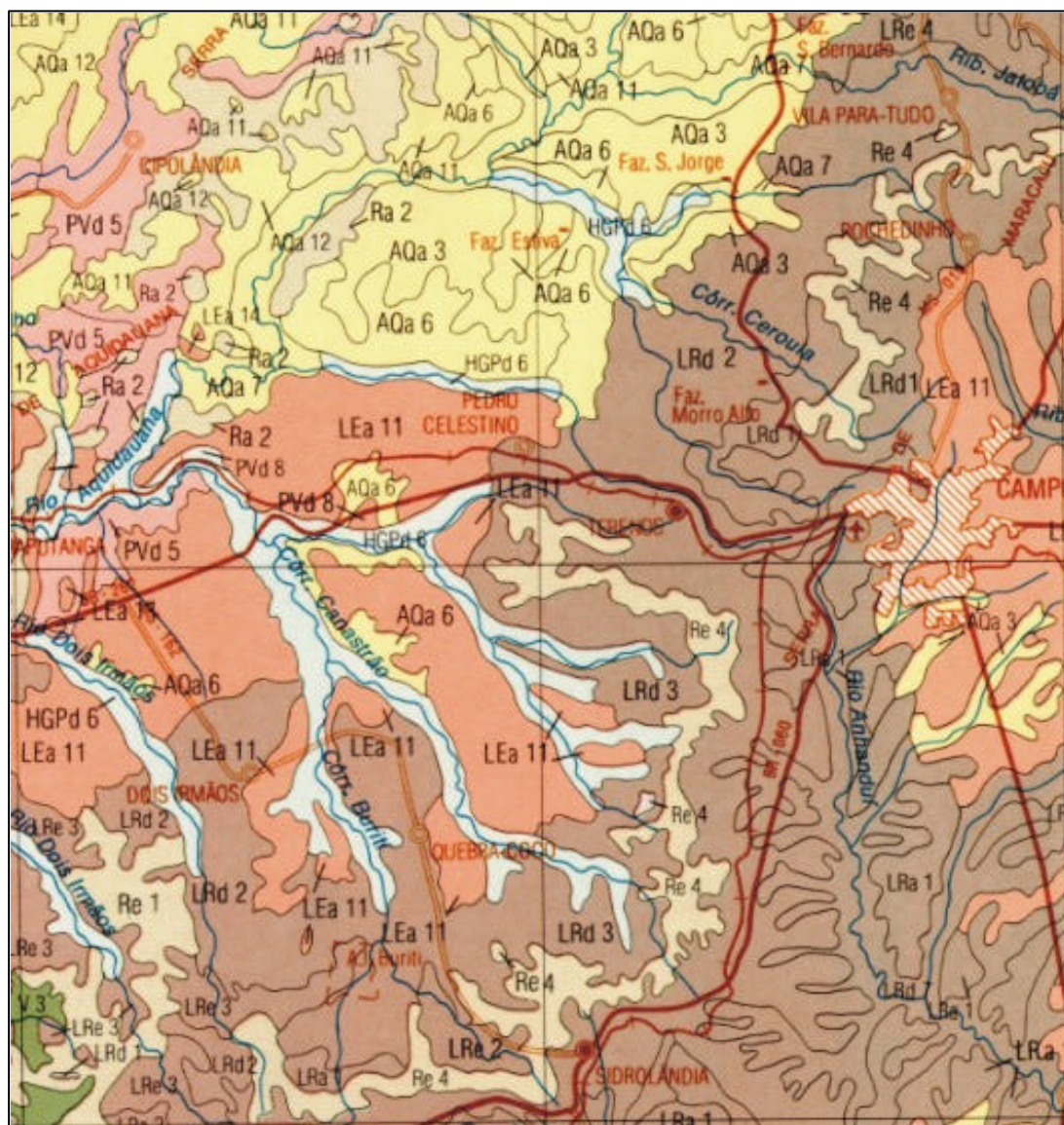
Legenda

Vegetação Predominante:

Sas - Savana Arbórea Aberta, sem floresta de galeria.

Ap - Agropecuária, pastagem.

Sd - Savana Arbórea Densa.



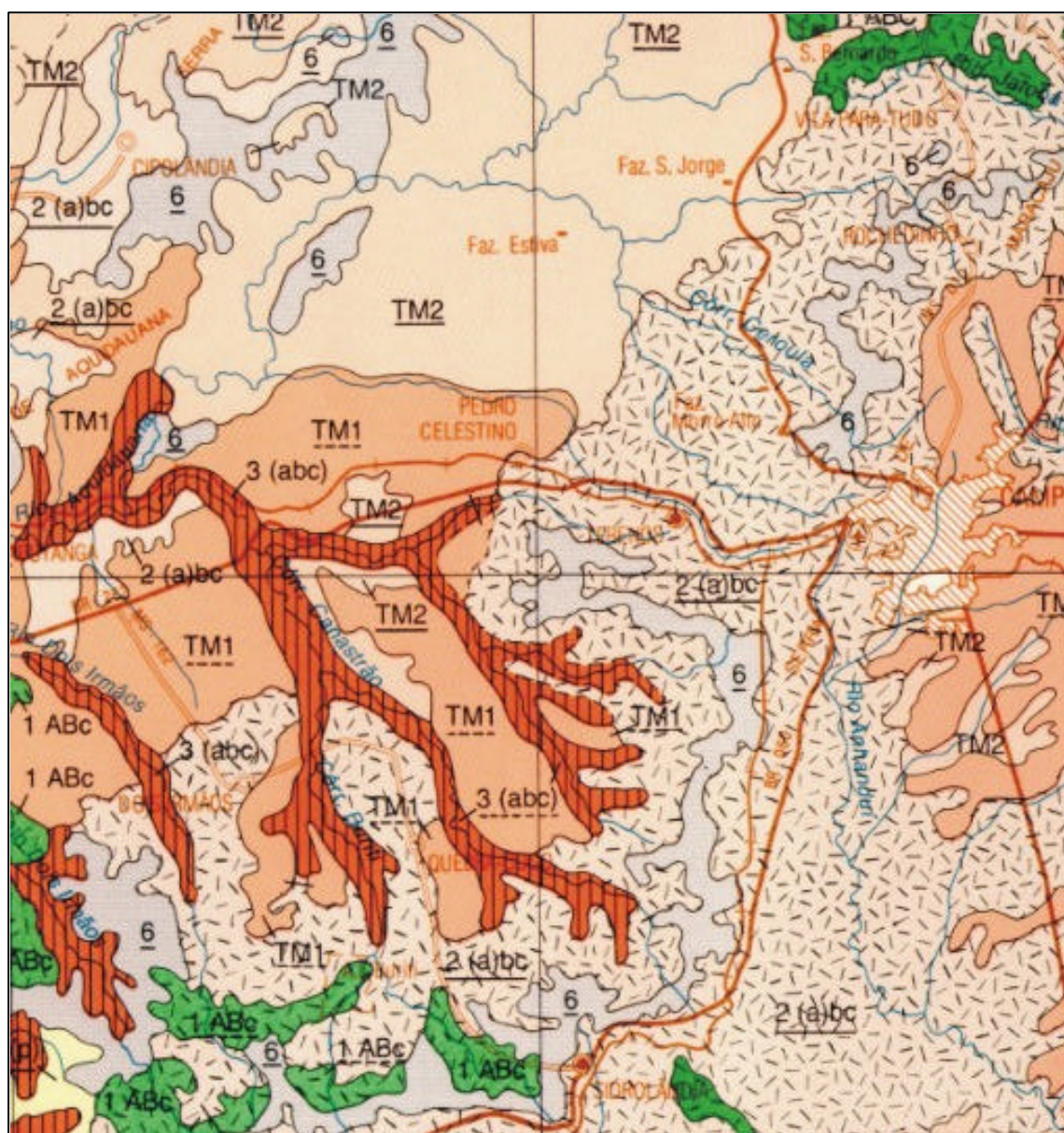
MAPA 8 - Região de Terenos - solos.

Fonte: Macrozoneamento Geoambiental de MS (1989).

Legenda

Solos predominantes na área de estudo:

- Lea Latossolo Vermelho-Escuro álico.
- LRd Latossolo Roxo distrófico.
- PVd Podzólico Vermelho-Amarelo distrófico.
- HGPd Glei Pouco Húmico distrófico.
- AQa Areias Quartzosas álicas.
- Ra Solos Litólicos álicos.
- Re Solos Litólicos eutróficos.



MAPA 9 - Região de Terenos - aptidão agrícola dos solos.

Fonte: Macrozoneamento Geoambiental de MS (1989).

Legenda

Aptidão agrícola predominante na área de estudo:

- 2(a)bc Aptidão Regular para lavoura, nos níveis de manejo B e C e Restrito no nível ^a
3(abc) Aptidão restrita para lavoura nos níveis de manejo A, B e C.
6 Sem Aptidão para uso agrícola.
TM 1 Terras Marginais, classe intermediária entre lavouras e pastagens plantadas.
TM 2 Terras Marginais, classe intermediária entre pastagem plantada e silvicultura.

CAPÍTULO IV

DISCUSSÃO

1 ANÁLISE E EVOLUÇÃO DOS DADOS

1.1 Análise de Dados de Satélites

Os dados pluviométricos coletados na área do estudo permitem afirmar que, além de outros fatores, como a variabilidade climática global dos fenômenos “El Niño” e “La Niña”, existe indicativo da influência dos desmatamentos no declínio de chuvas e na elevação de temperatura média da região no período pesquisado (figuras 12 e 15).

Os estudos inferem que os satélites de informações ambientais podem ser utilizados para avaliar os fenômenos climáticos e os recursos naturais, recuperando séries históricas de variados tipos de dados e informações da superfície terrestre, da dinâmica ambiental e da atmosfera, permitindo a sua utilização no planejamento do desenvolvimento local.

Neste trabalho, a aplicabilidade do instrumental ficou restrita a eventos climáticos e ações antrópicas, como a evolução dos desmatamentos. O instrumental admite, no entanto, direcionar para outros temas mais complexos nas áreas de climatologia e ciências agrárias para análises globais regionais ou locais espacializadas e inter-relacionadas, de interesse de outras ciências afins. A sua utilização permite resultados satisfatórios sobre o diagnóstico ambiental, tendo a possibilidade de traçar alternativas de monitoramento racional dos recursos naturais e das potencialidades que, associadas ao capital humano e social, podem definir e monitorar as forças locais.

A ferramenta utilizada constitui-se em importante avanço científico e tecnológico no planejamento do desenvolvimento local de forma sustentável, com visão holística e integrada. Foi útil para inferir alguns indicadores locais da variabilidade climática, no âmbito do espaço físico da região de Terenos, ainda que sob influência de

Campo Grande. Na definição de parâmetros de custo-benefícios, sob influência de microclimas locais, serão necessários estudos mais aprofundados, como os sistemas agrossilvopastoris, em escala local e regional. Para isso, pode-se destacar pesquisas sobre influências das florestas na diminuição de calor, na elevação do nível de precipitação, na recuperação do teor de matéria orgânica dos solos e balanço de carbono, a exemplo da região amazônica. Esses estudos poderão ser aprofundados até se chegar às análises de custo-benefícios, permitindo dimensionar projetos de recuperação ambiental economicamente estruturados. Um ferramental desse tipo poderia ainda ser aplicado na localização, quantificação e qualificação de áreas de reposição florestal, como matas ciliares, áreas de reservas permanente ou legal, definidas em lei. As pesquisas, nesses casos, deverão ser confirmadas por meio de amostragem e controle de campo, visando à recuperação de áreas de degradadas, no Município de Terenos.

1.2 Evolução anual de NDVI/NOAA e tendências (1982-2000)

A evolução do NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) anual observado no período do estudo (figura 12), apresenta tendência declinante, significando a diminuição da refletância do verde, no período pesquisado, como consequência dos desflorestamentos ocorridos. Neste caso, trabalhou-se com NDVI acumulado anual, portanto, houve uma compensação entre as maiores e as menores refletâncias do verde, em função das estações secas ou de chuvas que caracterizam a região. A análise intersazonal do NDVI entre essas duas estações poderá melhorar o perfil climático, dentro do ano, para facilitar o monitoramento e as previsões para culturas, em função das diferentes respostas espectrais dos sensores remotos às sazonalidades, específicas para cada cultura.

A vegetação arbórea e arbustiva dos cerrados, de um modo geral, tem comportamento do tipo deiscente, com perda de folhas no inverno (baixo nível de água) e desenvolvimento normal no verão (maior quantidade de água). Isso muda o nível da refletância do verde. Estudos realizados em países de climas temperados mostram que, em algumas circunstâncias as gramíneas, por exemplo, apresentam índices do verde maior que muitas espécies arbóreas. Estudos conduzidos na EMBRAPA indicaram que a captura do CO₂ em gramíneas (pastagens cultivadas), em alguns casos, equivalem ou são superiores às vegetações de Cerrados brutos, devido à maior atividade fotossintética no verão.

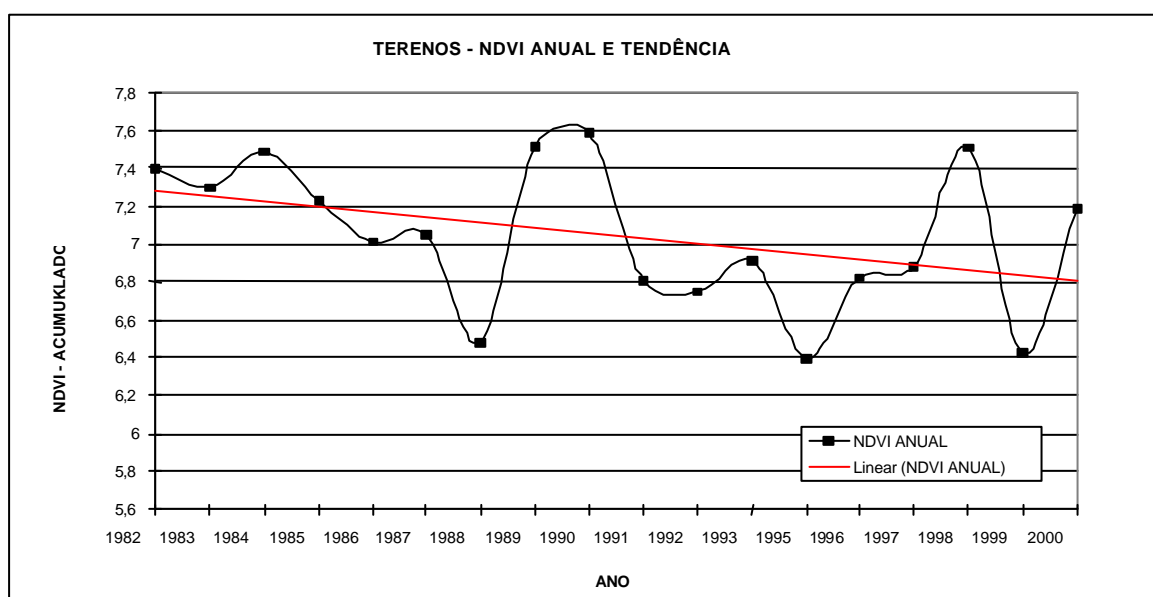
No caso das gramíneas locais (*Brachiária* sp.) da região do estudo, elas podem apresentar refletância maior do que a vegetação arbórea original (Cerrados), durante o

verão. Portanto, nesses casos, nem sempre a existência de vegetação arbórea é sinônimo de abundância de verde (refletância maior). É importante que se leve em consideração a média inter-regimes climáticos da região (chuvoso e seco), estreitando-se a frequência de leitura das imagens de sensores (mensal, quinzenal ou até diário).

A figura 12 mostra que os dados cumulativos anuais do NDVI (Índice de Vegetação da Diferença Normalizada) foram utilizados para correlacionar com taxas de desmatamentos, calculados dos dados do NOAA AVHRR, para o período de 1982 a 2000 baixaram, em média, cerca 0,5 ponto (7,3 para 6,8), demonstrando a diminuição da refletância de verde, indicando que o desflorestamento afetou o clima regional. O valor do coeficiente de correlação foi $R = 0,598$.

Os resultados obtidos (figura 12) poderão ser mais bem analisados comparando-se com a ocorrência do “El Niño”, cuja variação de temperatura na superfície do Oceano Pacífico, segundo Climate Prediction Center (NWS)/ USDA/NOAA, oscilou acima da média, entre 10^0 C a 30^0 C, com tipos diferentes de ciclos em (1972-1974, 1987-1989 e 1997-1999) e em (1982-1983 e 1997-1998). No caso de “La Niña”, variou para baixo da média normal e ocorreu nos anos 1970-1971, 1973 a 1976, 1983 a 1986, 1988-1989, 1995-1996, 1998-1999.

FIGURA 12 - NDVI Anual e Tendência de Terenos.



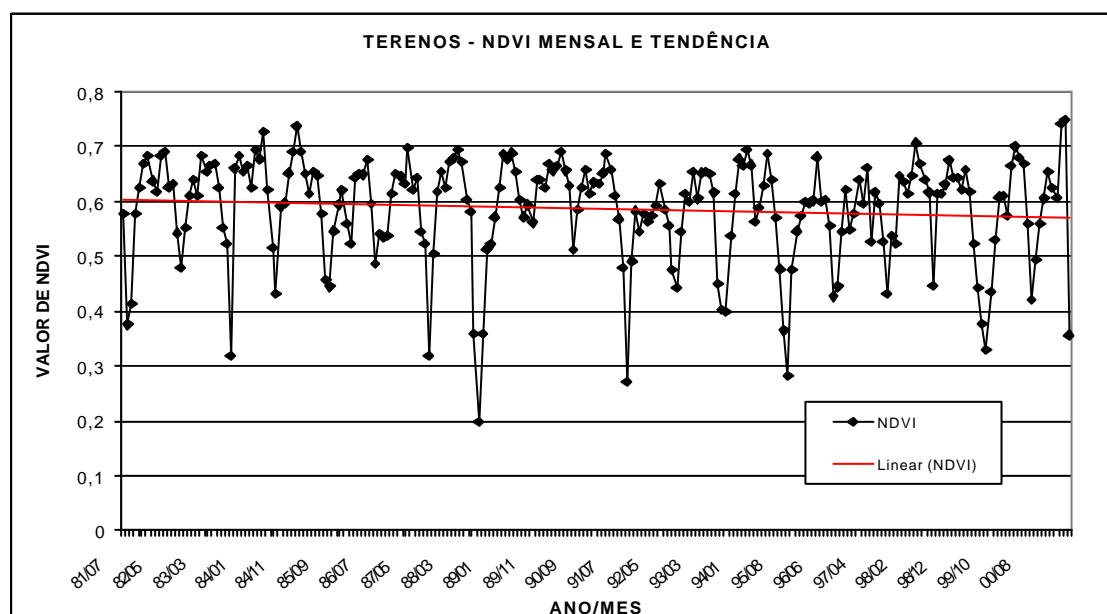
Fonte: Interpretação de imagens do satélite NOAA/AVHRR-GAC.

1.3 Evolução mensal de NDVI e tendências (1981 a 2000)

Os dados do NDVI mensais observados no período do estudo (figura 13), confirmam a tendência declinante da refletância do verde. Neste caso, distingue-se, nitidamente, o efeito da sazonalidade climática da região (verão chuvoso e inverno seco). No verão, observa-se abundância do verde com valores de NDVI acima de 0,6 a 0,7. No inverno, é maior a frequência de valores de NDVI inferiores a 0,5. Ocorrências de NDVI abaixo de 0,4 foram periódicas (sete no período analisado), com apenas 1 (uma) ocorrência nos níveis de seca, observados no Nordeste brasileiro (LIU et al., 1999), com índices próximos de 0,2, na faixa de seca ($< 0,22$). Entretanto, na média geral, houve uma compensação entre as maiores e as menores refletância do verde, em função das estações de seca ou de chuva que caracterizam a região.

A figura 13 mostra ainda que, no período, o valor do NDVI apresentou o balanço negativo do NDVI não só por perda da massa arbórea como consequência do desmatamento, mas, também, inferiu no balanço negativo nutricional do sistema solo-planta, em face da diminuição do nível de matéria orgânica e fertilidade dos solos, na produção da biomassa. O valor do coeficiente de correlação é de $R = 0,598$.

FIGURA 13 - Índice de NDVI Mensal da Região de Terenos.



Fonte: Interpretação de imagens do satélite NOAA/AVHRR-GAC.

1.4 Evolução de uso atual de solos por meio de satélite LANDSAT

O uso atual dos solos, com base em interpretação de imagens de satélite LANDSAT (mapas 10, 11, 12 e 13), mostra o desmatamento no município de Terenos, no período de 1966 a 2000 (figura 14).

Foram utilizadas aerofotos de 1966, fornecidas pela DSG (Diretoria de Serviço Geográfico) e imagens de LANDSAT de 1985, 1996 e 2000, para calcular a taxa de desmatamento usando o método de classificação de imagem e análise do software SPRING, desenvolvido pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisa Espacial).

A carta-imagem da DSG de 1966 serviu de base para início da análise da evolução do desmatamento em Terenos, mostrando que existia cerca de 68% de vegetação, naquele ano. As imagens mais recentes (1985, 1996 e 2000) indicaram que, em 4 anos, a área de vegetação passou de cerca de 34,6% para 32,5% e 27,5%, respectivamente, significando que, no ano 2000, cerca de 73% da superfície do município (207 mil ha) foi transformado em lavouras e pastagens (restam cerca de 76,7 mil ha de vegetação natural).

Os dados referentes aos anos de 1970, 1975 e 1980 foram obtidos por meio de interpolação, com base em dados já conhecidos. A evolução mais precisa, nestes casos, pôde ser obtida por interpretação de imagens de LANDSAT, nos anos correspondentes, utilizando-se do mesmo instrumental de interpretação de imagens.

Os dados analisados indicaram que a superfície de Terenos está com a sua capacidade máxima de suporte comprometida com as ações antrópicas (do total utilizado, cerca de 98% da superfície é composta de pastagens e cerca de 2,0% com lavouras). Cerca de 27% ainda é de vegetação natural (matas ciliares, encostas e morrarias).

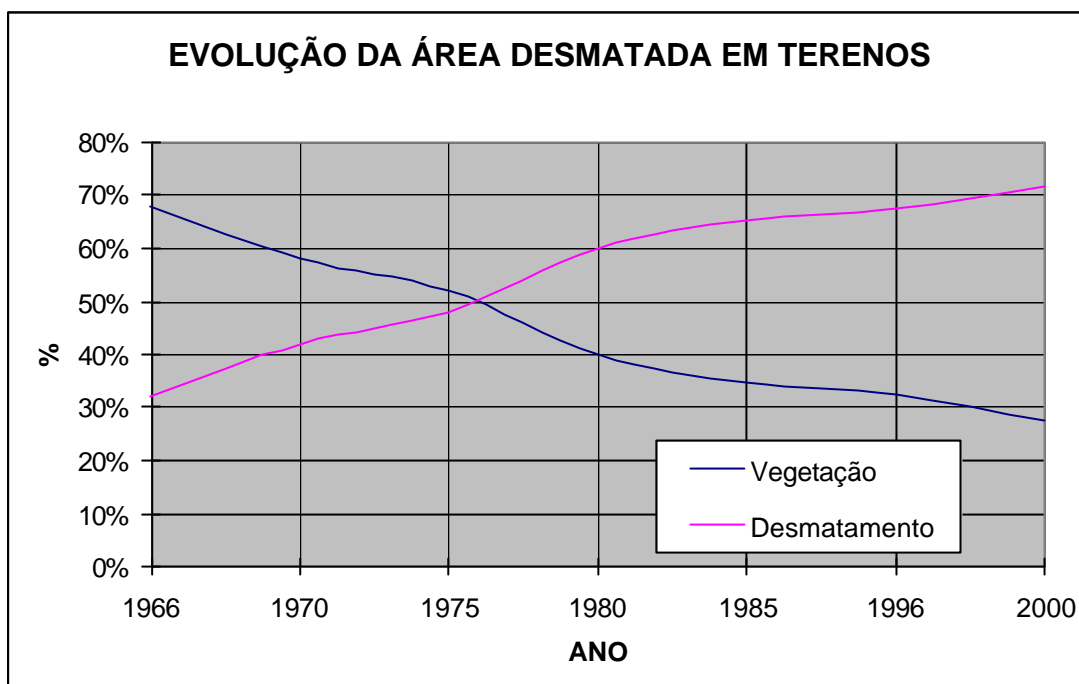
TABELA 7 - Terenos - evolução da área desmatada (%)

Discriminação/Ano	1966	1970(*)	1975(*)	1980(*)	1985	1996	2000
Vegetação	68%	58%	52%	40%	34,60%	32,50%	27,50%
Desmatamento	32%	42%	48%	60%	65,40%	67,50%	71,50%
Total	100	100	100	100	100	100	100

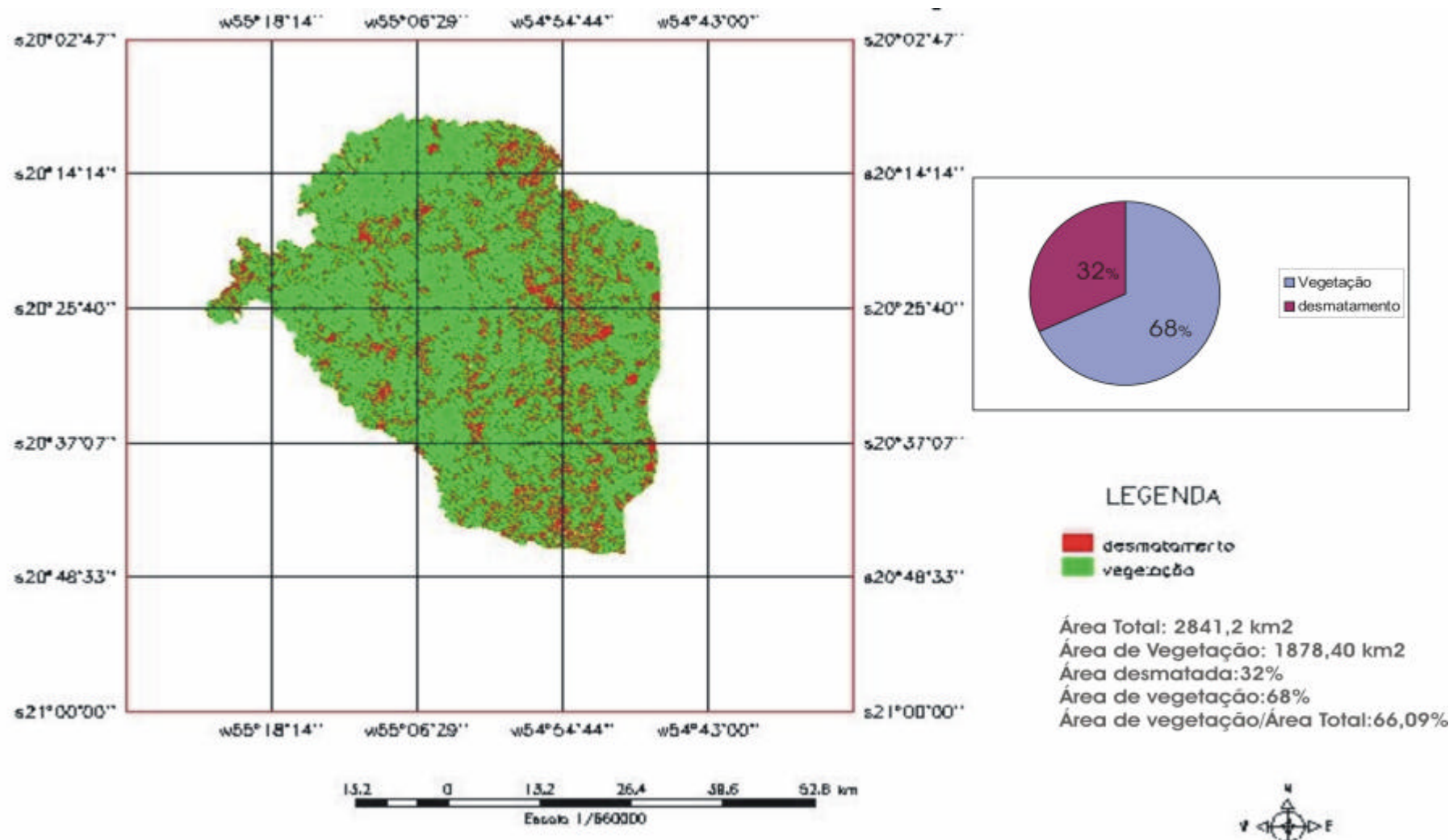
(*) Dados interpolados.

Fonte: Tratamento imagem LANDSAT por meio de SPRING (INPE).

FIGURA 14 - Taxa de evolução de desmatamento e vegetação natural.

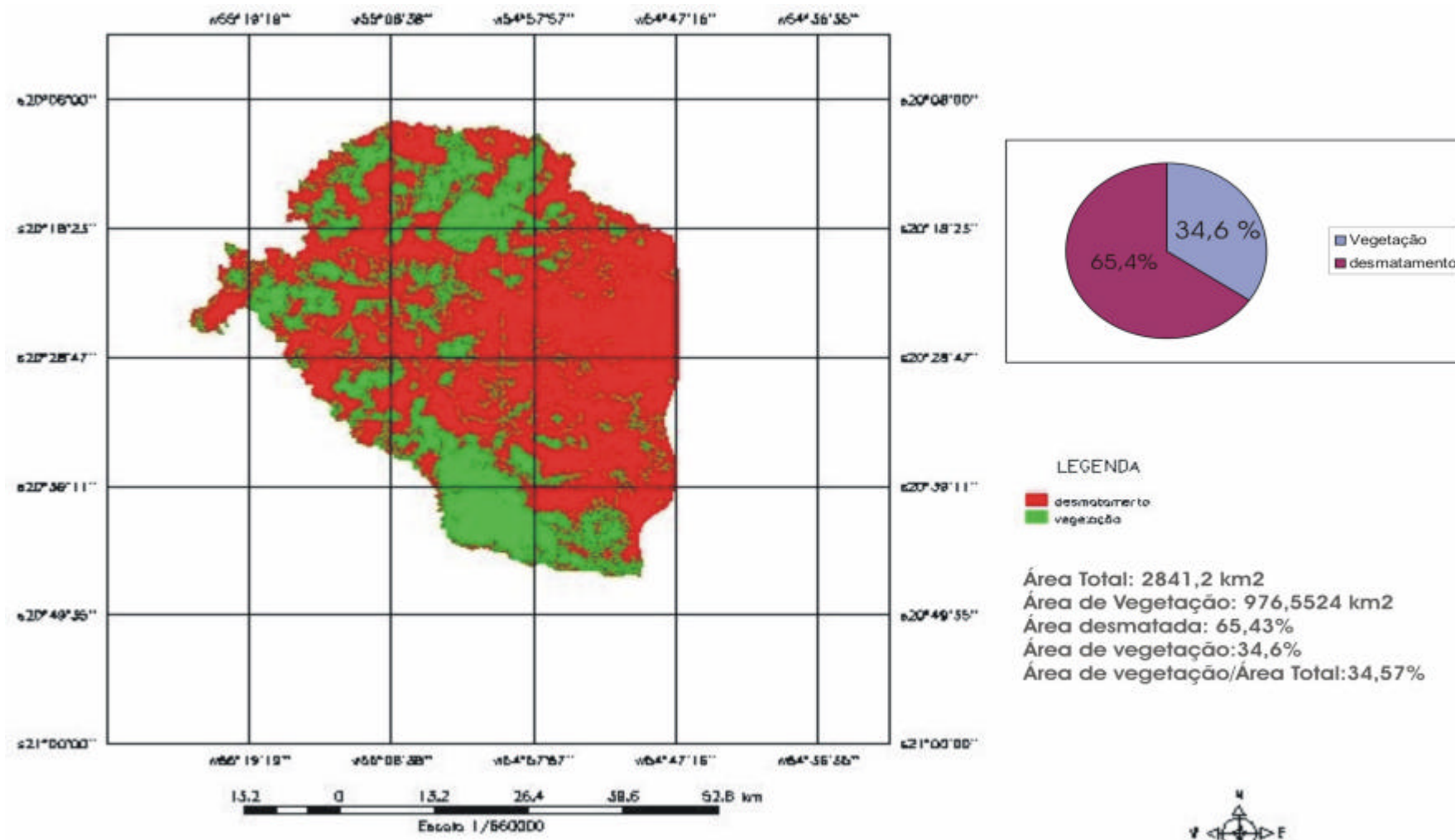


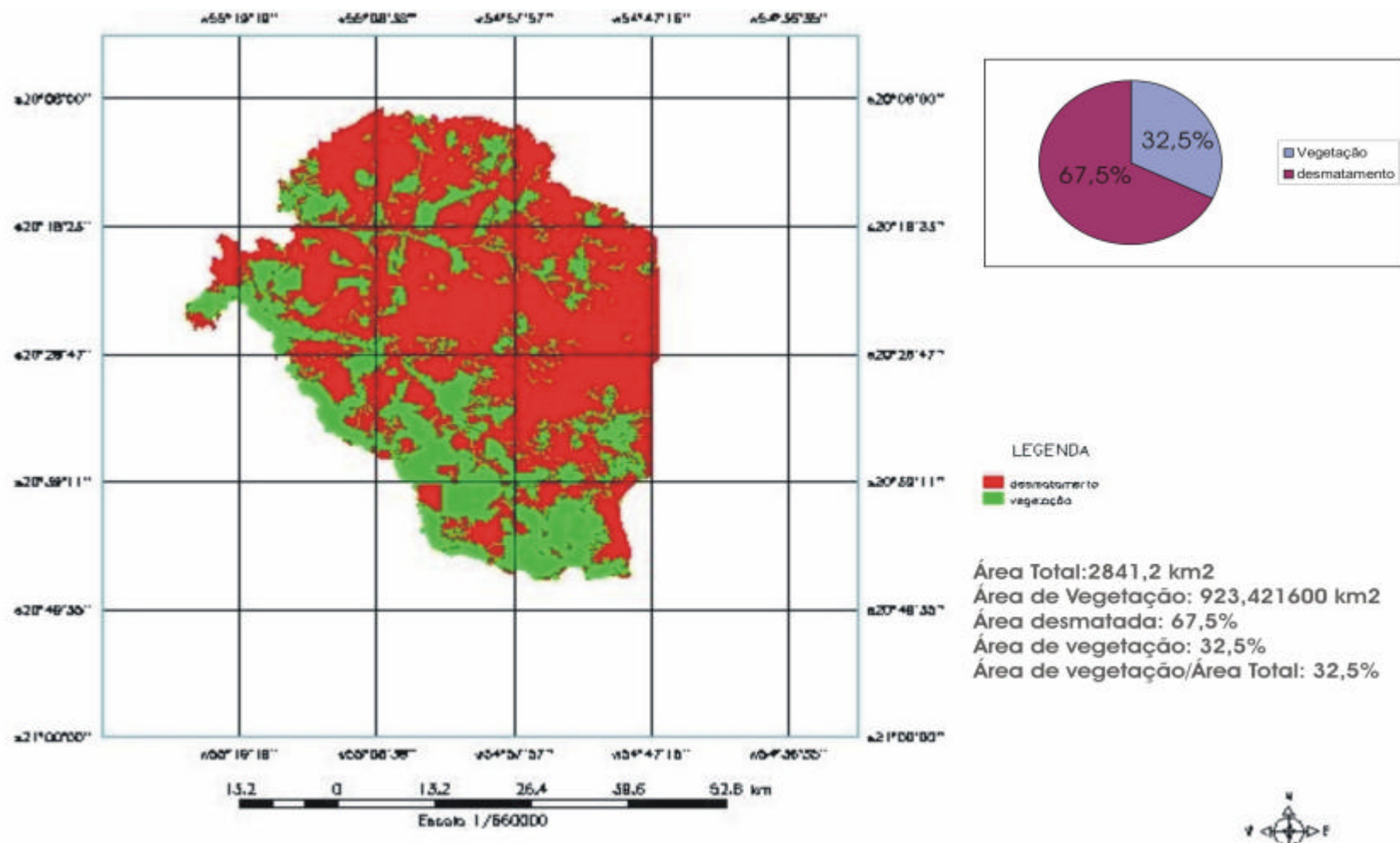
Fontes: a) Carta Imagem da DSG - 1966.
b) Dados interpolados: 1970, 1975, 1980.
c) Imagens de LANDSAT: 1985, 1986, 2000.



MAPA 10 - Terenos - uso atual dos solos - 1966.

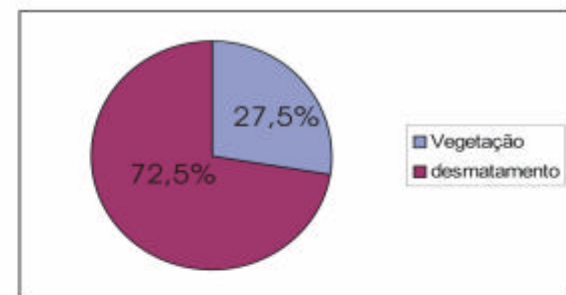
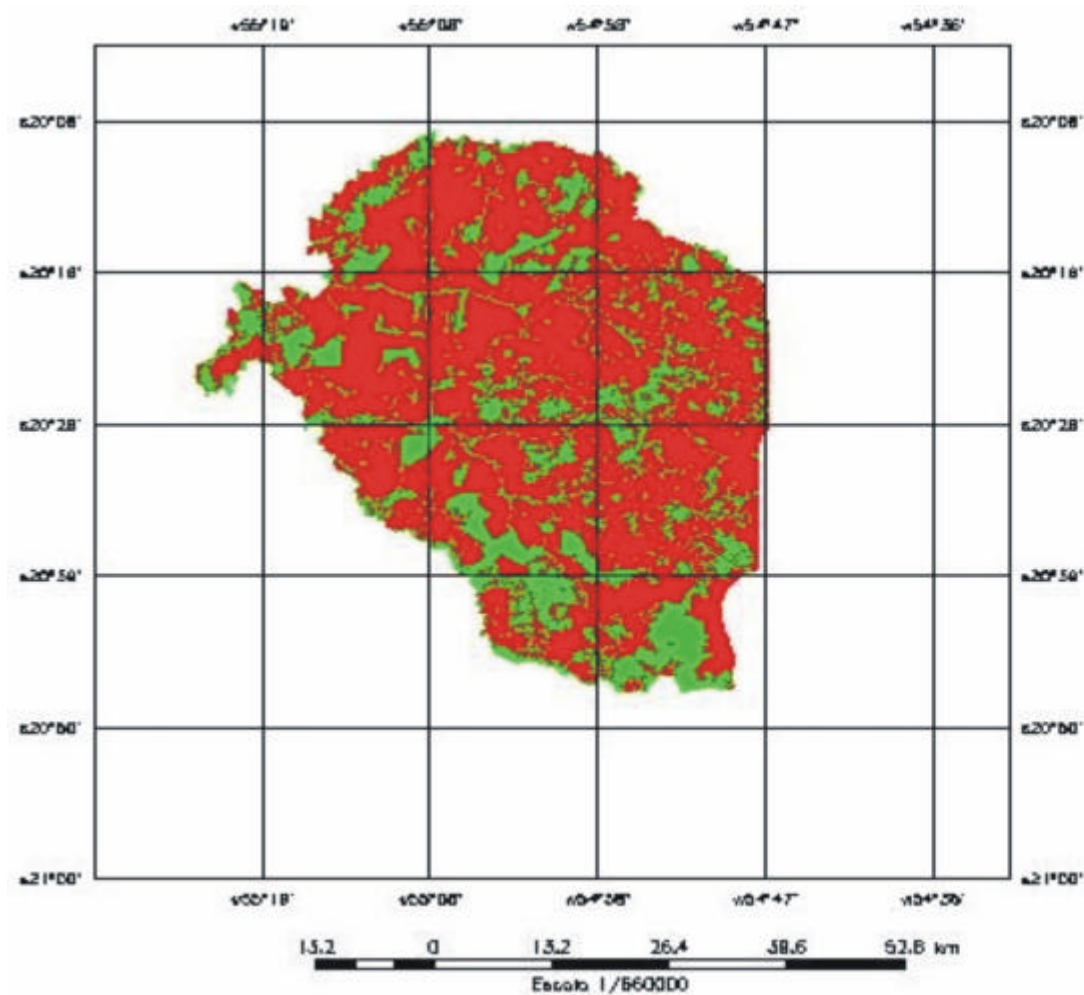
Fonte: Aerofoto DSG - 1966.





MAPA 12 - Terenos - uso atual dos solos - 1996.

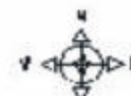
Fonte: LANDSAT/225-074 (05/04/1996).



LEGENDA

desmatamento
vegetação

Área Total: 2841,2 km²
 Área de Vegetação: 782,2962 km²
 Área desmatada: 72,5%
 Área de vegetação: 27,5%
 Área de vegetação/Área Total: 27,5%
 FONTE: IMAGEM LANDSAT/INPE 225-074
 10/11/2000



MAPA 13 - Terenos - uso atual dos solos - 2000.

Fonte: LANDSAT/225-074 (10/11/2000).

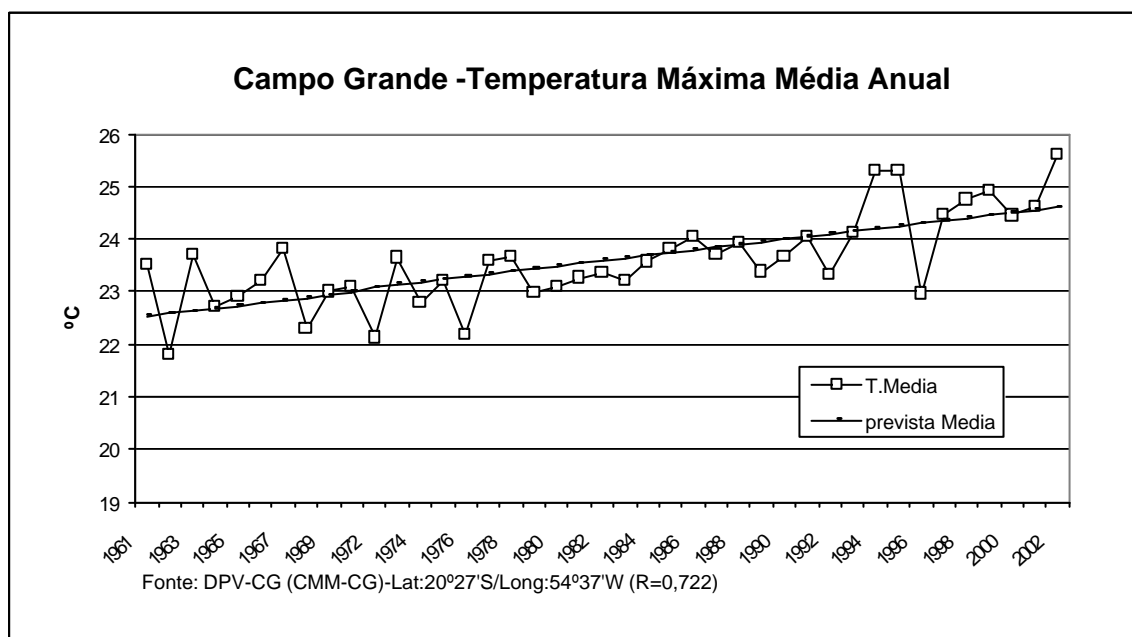
1.5 Resultados de análises de dados meteorológicos

O município de Terenos não dispõe de dados meteorológicos local. Assim, foram utilizados dados obtidos da EMBRAPA (1977 a 2001), Base Aérea de Campo Grande (1960 a 2001), que faz divisa com Campo Grande. Analisando-se a evolução da temperatura, de 1961 a 2000 (figura 15), nota-se que houve um aquecimento da temperatura média da máxima regional em cerca de 2°C (de 33,5° para 24,56° C) ($R = 0,722$). Os resultados dos estudos, no caso do município de Terenos, mostraram que a temperatura média anual aumentou de 22,5° para 24,60° C.

A literatura que aborda esse fenômeno tem ocorrido em diversos locais do globo terrestre e no Brasil, seja sob a influência de fenômenos como o “efeito estufa” global ou com a ocorrência dos fenômenos “El Niño” e “La Niña”, alterando a variabilidade climática local. Os efeitos microclimáticos, neste caso, deverão ser mais bem estudados, tendo em vista, ainda, a análise da relação causa-efeito entre solos desflorestados, solos reflorestadas ou recobertos no sistema de manejo agrossilvopastoril.

1.5.1 Evolução da Temperatura

FIGURA 15 - Campo Grande - temperatura máxima média anual.



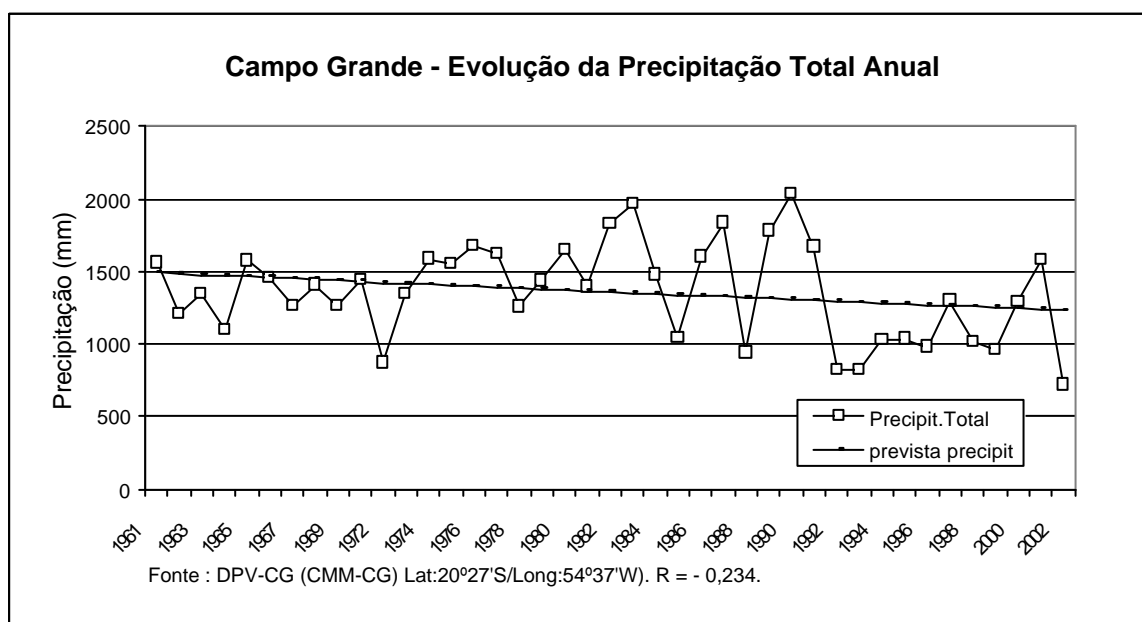
Fontes: DPV-CG e EMBRAPA/CNGC.

Estudos como os do fenômeno das “Ilhas Urbanas de Calor” (LOMBARDO, 1985) mostraram que há diferentes refletividades de calor conforme o ambiente rural e urbano. Onde há substituição da cobertura vegetal por ambiente urbano, implica na elevação de temperaturas, caracterizadas pelas chamadas “ilhas de calor” urbano. Estudos realizados na Austrália (MOLION, 2001) revelaram que, em uma série de dados de 100 anos, entre ambientes rurais e urbanos, houve incremento de temperatura no meio urbano, enquanto, na rural, houve a manutenção da temperatura, ao longo dos anos. Os albedos de materiais como telhados, concreto, asfalto e outros refletem o aumento da temperatura no perfil da ilha de calor urbano. No meio rural, a existência de vegetação atenua o calor. A implantação de reflorestamento, em relação a um solo exposto, apresentava temperatura entre 27° C a 28° C e entre 17° C e 18° C, para áreas reflorestadas, mostrando a importância da vegetação na manutenção da temperatura a patamares amenos.

1.5.2 Evolução da precipitação

Embora não tenha trabalhado com dados específicos de Terenos, os dados pluviométricos coletados em Campo Grande (a sede dista 20 km), no período de 1961 a 2002 (EMBRAPA e Base Aérea de Campo Grande), permite inferir que os desmatamentos tenham influído na tendência declinante da pluviometria da região. A média de 2002 foi cerca de 250 mm menor do que a média de 1961 ($R = -0,234$) (figura 16).

FIGURA 16 - Campo Grande - evolução da precipitação total anual



Fontes: DPV-CG e EMBRAPA/CNGC.

A média da precipitação total anual diminuiu de 1500 para 1250 mm no período. É importante observar que estudos recentes conduzidos na Amazônia, pelo projeto de Cooperação Internacional “Experimento de Grande Escala da Biosfera na Amazônia” (Artaxo et al., LBA-INPA, 2003), que estudaram os mecanismos de “como as florestas fazem chover”. Entre os resultados da pesquisa, já se sabe que partículas de “aerossóis” liberados pela vegetação agregam gotas de água, formam nuvens baixas e garantem as chuvas na Amazônia. Na Floresta Amazônica, a principal fonte de Núcleos de Condensação de Nuvens (NCN) é a própria vegetação. Os NCNs são partículas microscópicas de “aerossol”, com propriedades de condensar a água em sua superfície. As chuvas de nuvens rasas, na estação chuvosa, devolvem os NCNs à superfície.

A proposição de realizar estudos microclimáticos local ou regional, por meio de reposição de vegetação arbórea, econômica e de recuperação de matas ciliares ou de recuperação de áreas de reserva legal, em áreas degradadas, será de fundamental interesse para a confirmação dos estudos. O resultado da pesquisa poderá contribuir para políticas públicas e privadas, visando reconstituir, gradativamente, essa capacidade perdida, ao ecossistema local e regional. Um estudo técnico-científico mais abrangente a ser conduzido deverá considerar, ainda, os estudos relativos à direção, intensidade, tipo e época de ventos dominantes (verão ou inverno) integrados a um sistema de conservação e recuperação, em nível de microbacias hidrográficas, tendo como exemplo um sistema agrossilvopastoril.

Outra pesquisa científica, conduzida na Amazônia (Rondônia), pelo Ministério da Ciência e Tecnologia, Comunidade Européia, FAPESP de São Paulo, além da Agência Espacial Americana, como parte do estudo do LBA, confirma a função da floresta como sorvedouro do CO₂, o gás do “efeito estufa”, e formadora de chuvas para o seu próprio equilíbrio, amenizando o aquecimento da Terra (NOBRE, LBA, 2003). A pesquisa demonstra, também, que os desmatamentos e queimadas afetam o regime de chuvas, corroborando com a conclusão deste trabalho, com base em dados pluviométricos coletados em Campo Grande, onde se observou tendência declinante do seu regime pluviométrico. É necessário pesquisar também se mecanismos como as que as florestas fazem chover, estudadas por Artaxo et al. (2003), sobre as partículas de “aerossóis”, liberados pela vegetação, podem ser aplicados na área de estudo.

1.5.3 Correlação entre NDVI e taxa de desmatamento

A pesquisa mostrou que a temperatura média anual na região de estudo (no período de 1981 a 2000) aumentou de 22,5° a 24,6° C (cerca de 2° C) e a média da precipitação total anual diminuiu de 1500 para 1250 mm. Há que considerar, no entanto, os estudos realizados por Lombardo (1985), como os do fenômeno das “Ilhas Urbanas de Calor”, assim como os estudos de Molion (2001).

O NDVI cumulativo anual, no caso do estudo, diminuiu de 7,3 para 6,8, como consequência da diminuição da cobertura vegetal natural do Município de Terenos, que reduziu de 68%, existente em 1966; para 35%, em 1985; 32%, em 1996 a 27%, em 2000. Esses dados indicam que o desmatamento afetou o clima regional e local. Foi obtido um valor de coeficiente de correlação de 0.91, entre NDVI e a taxa de desmatamento, demonstrando que há alta correlação entre a diminuição do Índice do Verde da superfície territorial e a redução da vegetação nativa arbórea, no município de Terenos (tabela 8).

TABELA 8 - Correlação entre NDVI e taxa de desmatamento em Terenos.

Ano	Taxa de Vegetação	NDVI Anual Acumulado
1985	35	7,52
1966	32	6,9
2000	27	6,8

Fonte: Interpretação de Imagens de satélites NOAA e LANDSAT.

Correlação: Taxa de desmatamento/ NDVI Anual cumulativo = **0,91**

A correlação foi obtida com base em 3 (três) imagens de LANDSAT selecionadas em distintos anos (1985, 1966 e 2000), no espaço de 15 (quinze anos). Para melhorar a calibração temporal e espacial, o ideal seria trabalhar com maior número de imagens possível, no intervalo de pelo menos um Normal Climático (30 anos de observação). Entretanto, no caso do estudo, mesmo analisando visualmente as imagens utilizadas, pode-se distinguir, nitidamente, que essa possibilidade existe (anexos 1, 2, 3 e 4).

Os dados gerados pelos satélites ambientais, por meio de tratamento de imagens utilizando software Spring e ENVI, apenas reforçam as observações possibilitando localizar, quantificar e qualificar tais informações. Conclui-se, portanto, a importância desses instrumentos no diagnóstico da variabilidade climática e ambiental, tornando-se, ferramenta útil para monitorar e melhorar os parâmetros para um planejamento do desenvolvimento local de forma sustentável. É possível avançar os estudos, em maior detalhe, no município, aplicando-se modelos de Sistemas de Informações Geográficas

(SIG) e geoprocessamento, combinando-se mapas digitais de uso de terra, aerofotos e imagens digitais de satélite, com validação de dados no campo, para instrumentar estratégias públicas e privadas adequadas para a recuperação das terras degradadas, por meio de um plano de desenvolvimento local sustentável de forma integrada e participativa, em que, segundo Mahabub Ul Haq (1978), as pessoas são ambos os meios e o fim do desenvolvimento econômico.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos desenvolvidos inferem que os satélites de informações ambientais (NOAA, Landsat, e diversos outros em órbita terrestre) permitem, por meio de sistemas de geoprocessamento e Sistema de Informações Geográficas - SIG recuperar séries históricas de variados tipos de dados e informações sobre a superfície terrestre, da dinâmica ambiental e da atmosfera. Entre esses tipos de informações estão os eventos climáticos e as ações antrópicas, como os desmatamentos, objetos deste estudo, e de interesse para pesquisas ambientais mais detalhadas para planejamentos e monitoramento.

As informações eletromagnéticas captadas por sensores remotos de alta precisão permitem analisar, por meio de seus espectros singulares, as inúmeras variabilidades globais, regionais e locais, especializadas e inter-relacionadas, de interesse das ciências afins, para o planejamento do desenvolvimento local.

Revelou, também, a possibilidade de localizar, quantificar e qualificar os recursos naturais e identificar as suas limitações, apoiados por controle de amostras, em terra, propiciando resultados satisfatórios do meio ambiente, tendo ainda a possibilidade de traçar alternativas de uso racional dos recursos naturais e das potencialidades, definidas como forças locais.

A escala do estudo analisou os efeitos da variabilidade em nível do município de Terenos, porém, esse instrumental poderá, pelos estudos detalhados, definir parâmetros microclimáticos locais, envolvendo estudos agrônômicos, sistemas agrossilvopastoris, reflorestamentos e recuperação ambiental planejadas economicamente, definindo políticas públicas consistentes de recuperação efetiva de espaços degradados.

Segue como recomendação, a partir do diagnóstico das potencialidades e restrições ambientais identificadas, o aprofundamento de novas pesquisas, com ênfase rural, a exemplo de modelos agrossilvopastoris, visando à sua utilização como instrumento

de planejamento e monitoramento do desenvolvimento local e ambiental para o município de Terenos, aplicável também para as comunidades rurais.

A realização de Estudo de Caso, com modelo de simulação teórico-empírico de produção agrossilvopastoril, visando à recuperação de matas ciliares de áreas degradadas, identificadas no município de Terenos, pela metodologia aplicada, é desejável. Os parâmetros de custo-benefício de impactos sócio-econômicos e ambientais de microclima local, assim obtidas, permitirão a geração de indicadores e enorme gama de informações alfanuméricos e gráficos a serem disponibilizados, de acordo com a necessidade de cada caso. Com base nos parâmetros climáticos levantados, por meio de sensores remotos, a metodologia permitirá subsidiar a escolha de espécies na combinação de fatores de produção entre culturas anuais, perenes ou temporários, portadores de valores econômicos e ambientais futuros. Um exemplo para estudo de caso é o projeto de “Consortiamento de Seringueira com Culturas de Importância Econômica” (MAY et al., 1999 - Centro de Café e Plantas Tropicais).

Uma proposta consistente para elaboração de um plano de desenvolvimento local sustentável, sob as dimensões econômicas, sociais e ambientais, dentro dos princípios da Agenda 21 (RIO 92/ONU), envolverá, necessariamente, não só as áreas com vocações produtivas, mas, também, a recuperação econômica das matas ciliares e as áreas de reservas naturais e legais do município, pela implementação de modelos agrossilvopastoris, que solidifique a busca da equidade social (condição necessária para se atingir a suficiência), a recuperação e conservação ambiental (condições meio do espaço), sem perder de vista a lógica da eficiência econômica (condição necessária, porém, não suficiente por si só).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAMOVAY, R e VEIGA, J. *Novas instituições para o desenvolvimento rural: o caso do PRONAF*. Texto n. 641. Brasília, [s.n.], 1998.
- ARAUJO, N. WEDEKIN, I. e PINAZZA, L. *Complexo agro-industrial: o Agribusiness Brasileiro*. São Paulo: Agrocere, 1990.
- ARTAXO, P. et al. O Mecanismo da floresta para fazer chover. *Revista Scientific American*. Ano 1. n. 11, 2003. p. 38-45.
- BAPTISTA, G. Ilhas urbanas de calor. *Revista Scientific American*. Ano 1. n. 8, 2003. p. 54-59
- BLACK, J.N. *The distribution of solar radiation over Earth's surface*. Wind and Solar Energy. Paris: UNESCO, 1963.
- BOUMAN, B.A. e GOUDRIAAN. Estimation of crop growth from optical and microwave soil cove. *Int. J. Rem. Sens.* 10:1843-1855, 1989.
- BOUMAN, B.A.M., Crop parameter estimation from ground-based X-band (30 cm wave) radar back scattering data. *Rem. Sens. Environ.* 37:193-205, 1991.
- BOUMAN, B.A.M. Linking physical remote sensing models with crop growth simulation models applied for sugar beet. *Int. J. Rem. Sens.* 13: 2565 –2581, 1992.
- BRANDT, S. A. Comercialização agrícola. Piracicaba: Livrocere, 1980. 195p.
- BRASIL. *Programa de ação para o desenvolvimento da Zona da Mata do Nordeste*. Recife: Sudene, 1997. 177p.
- CAPOZZOLI, U. Floresta ameniza o aquecimento da Terra. *Revista Scientific American*. Ano 1, n. 6.2002. p. 30-35.
- CARPIO, J. Desarrollo local para un nuevo desarrollo rural. *Revista Interações*. v.2. n.3. Campo Grande, MS: UCDB, 2001. p. 57-66.
- CARPIO, J. *Perspectivas de desarrollo local*. [S.l.]: [s.n.], [s.d.]. 18 p. (mimeo).
- CARPIO, J., Le BOULEGART, C.; MARTINS, S. *Los retos de Mato Grosso do Sul: entre la globalización y el desarrollo local*. Sevilla: [s.n.], 1999.
- CASELLES, V. e J. DELEGIDO. A simple model to estimate the daily value of the regional maximum evapotranspiration from satellite temperature and albedo images. *Int. J. Rem. Sens.* 8. 8: 1151-1162, 1987
- COSTA, M. M. G. Aplicação de dois modelos de previsão de safra agrícola para a cultura de milho na microrregião de Ribeirão Preto, SP. Dissertação de Mestrado. Ribeirão Preto, SP: IAG-USP, 1992.
- COSTA, R.B et al. Sistemas Agrossilvopastoris como alternativa sustentável para agricultura familiar. *Rev.Interações*. Vol. 3. n. 5. Campo Grande, MS: UCDB, 2002. p. 25-31.
- EMBRAPA. *Diagnóstico e prioridades de pesquisa em agricultura irrigada: Região Centro-Oeste*. Brasília: EMBRAPA, 1987. 139 p.

- FRANCO, A. Por que precisamos de Desenvolvimento Local Integrado e Sustentável - DLIS. Separata da *Revista SÉCULO XXI*. [S.l.]: [s.n.], 2000. 56p.
- FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. Centro de Estudos Econômicos e Regionais. Produção programada de hortaliças e frutas no âmbito do projeto novas fronteiras - CEASA-MS. Campo Grande, MS: FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 1992. 129p.
- GIL, A. *Projeto de Pesquisa*. 3.ed. São Paulo: Atlas, 1991.
- GITTINGER, J. *Análisis Económico de Proyectos Agrícolas*. Publicado para el Instituto de Desarrollo Económico del Banco Mundial. Madrid: Editorial Tecnos, 1983. 532p.
- GONZALES-ALONSO, F.; CUEVAS, J. M.; ARBIOL, R. e BAULIES, X. Remote sensing and agricultural statistics: crop area estimation in north-eastern Spain through diacronic Landsat TM and ground sample data. *Int. J. Rem. Sens. Env.* 18, 2: 467-70, 1997.
- IICA. *Programa Regional de Apoio aos Pequenos e Médios produtores Rurais de MS, PR, SC, RS*. Brasília: PRAPEM, 1993.
- INTERAÇÕES. Revista internacional de Desenvolvimento Local. v.1. n.1. Campo Grande, MS: UCDB, 2000. 82 p.
- JARA, J. C. *Sustentabilidade do Desenvolvimento Local*. Brasília: Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura (IICA); Recife: SEPLAN/PE, 1998. 316p.
- JUSTICE, C. O.; TOWNSHEND, J. R. G.; HOLBEN, B. N. e TUCKER, C. J. Analysis of phenology of global vegetation using meteorological satellite data. *Int. J. Rem. Sens.* 8: 1271-318. [S.l.]: [s.n.], 1985.
- KIDWELL, K. B, NOAA Global Vegetation Index User's Guide 1997. Revision, NOAA / NESDIS. Washington, D. C.: National Climate Data Center, 1995.
- KOGAN, F. N. Remote sensing of weather impacts on vegetation in non-homogeneous areas. *Int. J. Rem. Sens.* 11: 1405-20. [S.l.]: [s.n.], 1990.
- KOGAN, F. N. Application of vegetation index and brightness temperature for drought detection. *Adv. Space Res.* 15: 91-100. [S.l.]: [s.n.], 1995.
- LACKI, P. *Desenvolvimento Agropecuário: da dependência ao protagonismo do agricultor*. FAO. Santiago, Chile: [s.n.], 1995. 150 p.
- LAKATOS, E. *Metodologia de trabalho científico*. 4.ed. São Paulo: Atlas, 1992.
- _____. *Técnica de pesquisa em economia*. São Paulo: Atlas, 1988.
- LARCHER, W. *Ecofisiologia vegetal*. São Paulo: Pedagógica Universitária, 1986. 319 p.
- LE BOURLEGAT, C.A. Ordem Local como força interna de desenvolvimento. *Interações*. Revista Internacional de Desenvolvimento Local. n. 1, v.1. Campo Grande, MS: UCDB, 2000. p. 13-20.
- LEADER. *Guía metodológico para el análisis de las necesidades locales de innovación*. [S.l.]: [s.n.], 1997.
- LIU, W. T. H. e KOGAN, F. N. *Monitoring brazilian soybeans production using NOAA / AVHRR based vegetation condition indices*. (In press). [S.l.]: [s.n.], 1999.
- LIU, W. T. H. e FERREIRA, A. V. Monitoring crop production regions in the São Paulo State of Brazil using normalized difference vegetation index. Proceeding of the 24 th. Rio de Janeiro: Int. Symp. on Rem. Sens. Env., 1991. p. 447-55.

- LIU, W. T. H. e LIU, B. W. Y. Comparação de modelo simples e composto de previsão de safra de soja no estado de Minas Gerais. *Ciência e Cultura*. 40(8): 808-12. [S.l.]: [s.n.], 1988.
- LIU, W. T. H.. Monitoramento da Produção Agrícola Via Satélite. In *Telemetria e Sensoriamento Remoto com Aplicações em Hidrologia e Meteorologia* (73-79). Curitiba: FINEP, 1992.
- LIU, W. T. H. e TUCKER, C. J. Derivation of land surfaces variabilities using AVHRR Vegetation Index for the São Paulo State. *Anais do VI Congresso Brasileiro de Meteorologia*. v.1. [S.l.]: [s.n.], 1990.
- LIU, W.T.; COSTA, M.G.; e NOMOTO, R. Comparação de três modelos de estimativa da produtividade de milho na região de Ribeirão Preto-SP. *Anais de VII Cong. Brasil. Meteo.* 2:553-557. Ribeirão Preto-SP: [s.n.], 1992.
- LIU, W.T.H.; BOTNER, D.M. e SAKAMOTO, C. M. Application of Ceres-maize model to yield prediction of a Brazilian-maize Hybrid. *Agric. For. Meteor.* 45:299-312. [S.l.]: [s.n.], 1989.
- LIU, W.T.H,e JUAREZ, R.J.N. ENSO drought onset prediction in northeast Brazil using NDVI. *Inst. J. Remote Sensing, 2001, Vol.22, n.17*, 3483-501. [S.l.]: [s.n.], 1999.
- LIU, W.T.H. *Aplicações de Sensoriamento remoto*. v. I e II. Campo Grande-MS: UCDB, 2003.
- MAALUF, W. Recursos humanos e desenvolvimento agrícola sustentado. Suécia: FAO/ONU. Fundação Salim Farah Maluf, [s.d.].
- MARQUES, P. e AGUIAR, D. *Comercialização de produtos agrícolas*. v.13. São Paulo: EDUSP, 1993.
- MATO GROSSO DO SUL.SEPLAN/MS. Macrozoneamento Geoambiental de MS. Cooperação Técnica - Científica IBGE/Estado de MS. Campo Grande, MS: IBGE/Estado de MS, 1989.
- MATUS, C. Política, planejamento e governo. 2.v. 3.ed. Brasília: [s.n.], 1997.
- MAX-NEEF, M. et al. *Desarrollo a escala humana: una opción para el futuro*. Cepaur: Fundación Dag Hammarskjold, 1986.
- MAY, A et al. Consorciação de Seringueira com culturas de importância econômica. *O Agrônomo*. v.51. n.1. [S.l.]: [s.n.], 1999. p. 16-23.
- MAZOYER, M. Pour des projets agricoles legitimes et efficace: Theorie et methode d'analyse des systemes agraires. In: *Land Reform, Land Settlement and Cooperatives*. Roma: FAO, 1993.
- MENDES, J. *Economia agrícola: princípios básicos e aplicações*. Curitiba: Scientia et Labor-UFPR, 1989. 399 p.
- MINISTÉRIO da Agricultura-MAARA. Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar - PRONAF. Brasília: Mimeo, 1995.
- _____. Programa de Apoio à Produção e Exportação de Frutas, Hortaliças e Flores Ornamentais – FRUPEX. Brasília: Mimeo, 1993.

MINISTÉRIO do Interior/SUDECO. Conv.:Gov.Brasil-PNUD/OEA. *Estudo de Desenvolvimento integrado da Bacia do Alto Paraguai-EDIBAP*. Tomo I. Brasília: SUDECO, 1979.

MIRANDA, C. et al. *Planejando o Desenvolvimento Sustentável*. Brasília: Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura (IICA), 1998. 331p.

MOTA, F. S. e AGENDES, M. O. *Clima e agricultura no Brasil*. Porto Alegre-RS: Sagra Editora e Distribuidora, 1986.

MOTA, F. S. *Meteorologia agrícola*. São Paulo: Nobel, 1975.

NIMER, E. *Climatologia do Brasil*. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1979.

ONU. Agenda 21. 2.ed. Brasília: ONU, 1997. 598 p.

REICHARDT, K. *A Água na Produção Agrícola*. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1978. 119 p.

Revista Brasileira de Agrometeorologia, 5, 1:51-59.

REZENDE, J. et al. Diagnóstico da produção e do abastecimento de hortigranjeiros, produtos agroindustriais e pescados em MS. Brasília: MA/SDR/PNFC, 1998. 334p.

SACHS, I. Do crescimento econômico ao ecodesenvolvimento. In: *Desenvolvimento e Meio Ambiente no Brasil - a contribuição de Ignacy Sachs*. Vieira, P. et al. (Org.). Brasília: APED, 1988. 448 p.

SANTOS, M. *A natureza do Espaço: espaço e tempo - razão e emoção*. 3.ed. São Paulo: Hucitec, 1999. 308 p.

_____. *Por uma outra globalização*. Do pensamento único à consciência universal. Rio de Janeiro: Record, 2000. 236 p.

SCHUBART, O.R. O Zoneamento Ecológico-Econômico e o Ordenamento Territorial: aspectos jurídicos, administrativos e institucionais. Manaus-AM: [s.n.], 1994

_____. SECRETARIA de Estado de Planejamento e de Ciência e Tecnologia-SEPLANCT. Cenários e Estratégias de Longo Prazo para Mato Grosso do Sul-MS-2020. Campo Grande, MS: SEPLANCT, 2000.109 p.

_____. SUDENE; PNUD; BANCO MUNDIAL. *Manual de Elaboração e Análise de Projetos de Desenvolvimento Rural*. Recife: SUDENE; PNUD; BANCO MUNDIAL, 1987. 388 p.

TUCKER, C. J. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Rem. Sens. Env.* 8: 127-50. [S.l.]: [s.n.], 1979.

UL HAQ, M. *A cortina da pobreza: opções para o Terceiro Mundo*. São Paulo. CEN, 1978. 249 p.

USDA/NOAA. *Joint Agricultural Weather Facility*. Climate Prediction Center. [S.l.]: [s.n.], 1999.

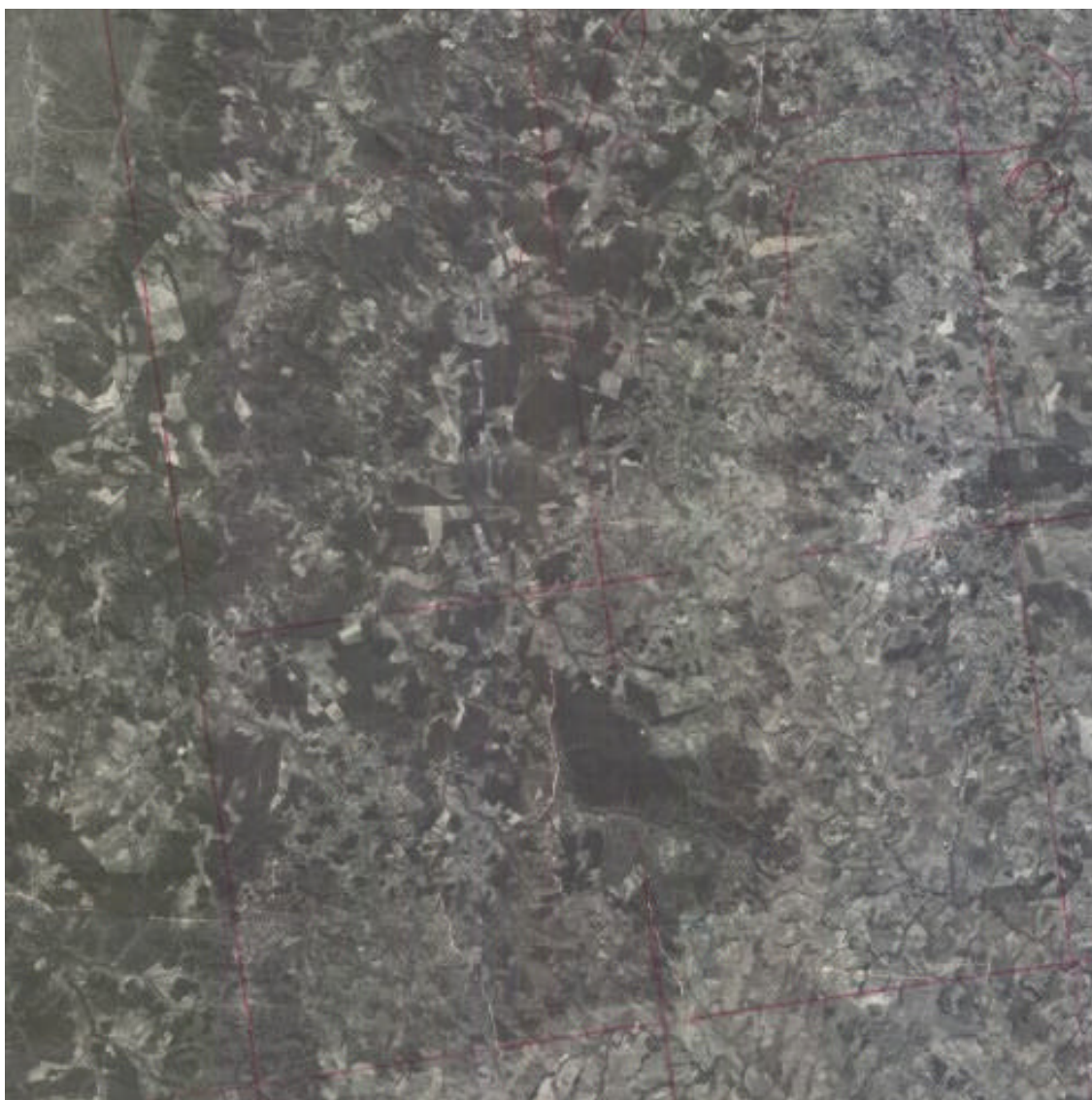
VIEIRA, P. F. et al. (Org.). *Desenvolvimento e Meio Ambiente - a contribuição de Ignacy Sachs*. Porto Alegre: Pallotti, 1998. 448 p.

ANEXOS



ANEXO 1 - REGIÃO DE TERENOS/MS - CARTA IMAGEM DSG 1966

Imagem obtida através de aerofotos da USAF (1964/66), restituído pelo DSG em 1966 e publicado pelo IBGE mostra que em 1966, ainda existia cerca de 70% cobertura vegetal natural.



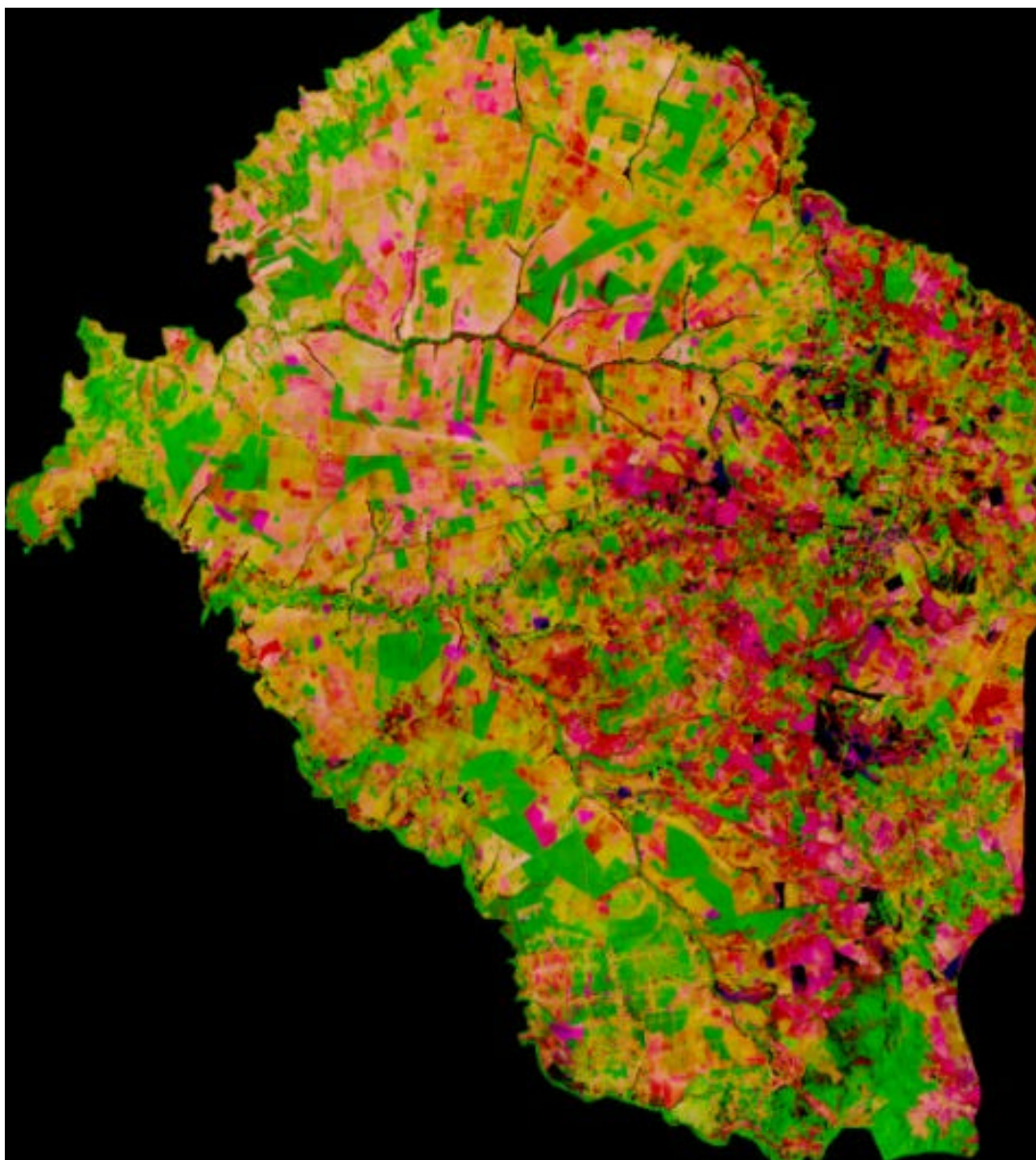
ANEXO 2 - REGIÃO DE TERENOS/MS - IMAGEM LANDSAT - 225-074 - 1985

A imagem de 1985 mostra a existência de cerca de 35 % de cobertura vegetal, a maioria de Cerrado. Num período de 20 anos o desflorestamento praticamente destruiu 30 % da área de vegetação natural, transformando na sua maioria em pastagens plantadas. Nas décadas de 70 e 80 o processo de desmatamento foi mais intenso. Programas como o Polocentro incentivaram o desbravamento de extensas áreas de Cerrado. Em termos práticos o Município tinha atingido a sua capacidade máxima de desflorestamento de acordo com a lei em vigor.



ANEXO 3 - TERENOS/MS - IMAGEM LANDSAT/INPE - 225-074 -05/04/1996

A imagem de 05/04/1966 do LANDSAT mostra que o remanescente de vegetação era de cerca de 32,5 %. Num período de 10 anos houve ainda um aumento de cerca de 2,5 % de área desmatada.



ANEXO 4 - TEREÑOS/MS - IMAGEM LANDSAT/INPE - 225-074 - 10/11/2000

A imagem mostra, com nitidez, as áreas desflorestadas do Município de Terenos, com data de 10/11/2000 (27,5 % de cobertura vegetal). Note-se que praticamente inexistente mata ciliar, em alguns córregos, e mesmo nos maiores rios são mínimas as reservas permanentes. Quanto às reservas legais obrigatórias de 20 % em nível de propriedades é difícil a sua distinção. O mesmo acontece nas bordas da serra de Maracaju, no sentido longitudinal Sul-Norte, na divisa com o Município de Campo Grande, a Leste cuja vegetação é esparsa. Um planejamento do desenvolvimento do Município de Terenos permitiria localizar, quantificar e qualificar os recursos naturais disponíveis podendo traçar as alternativas de viabilização de atividades agrossilvopastoris e analisar um custo-benefício visando um desenvolvimento efetivamente sustentável.