



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE – UFS

Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa - POSGRAP

Núcleo de Pós-Graduação e Estudos em Recursos Naturais – NEREN

Mestrado em Agroecossistemas

NEREN - UFS

**BALANÇO DE ENERGIA E SUSTENTABILIDADE NO
PERÍMETRO IRRIGADO CALIFÓRNIA – SE MEDIANTE
IMAGENS ORBITAIS**

FABIANA GONÇALVES SABINO

**SÃO CRISTÓVÃO - SE
Fevereiro de 2008**



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE – UFS

Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa – POSGRAP

Núcleo de Pós-Graduação e Estudos em Recursos Naturais – NEREN



BALANÇO DE ENERGIA E SUSTENTABILIDADE NO PERÍMETRO IRRIGADO CALIFÓRNIA – SE MEDIANTE IMAGENS ORBITAIS

FABIANA GONÇALVES SABINO

Sob a orientação do Professor

Dr. Inajá Francisco de Sousa

Dissertação apresentada a Universidade Federal de Sergipe, como parte das exigências do Núcleo de Pós-graduação e Estudos em Recursos Naturais – NEREN, para obtenção do título de Mestre em Agroecossistemas.

São Cristóvão – SE
Fevereiro de 2008

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE - UFS
Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa - POSGRAP
Núcleo de Pós-Graduação e Estudos em Recursos Naturais – NEREN

FABIANA GONÇALVES SABINO

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas, como
requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Agroecossistemas**.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM ____ / ____ / ____

Prof. Dr. Inajá Francisco de Sousa (Orientador)
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

Prof. Dr. Bernardo Barbosa da Silva
Universidade Federal de Campina Grande – UFCG

Prof. Dr. Antenor Oliveira Aguiar Netto
Universidade Federal de Sergipe - UFS

AGRADECIMENTOS

Ao amigo maior, espírito de altíssima grandeza, mestre e guia da humanidade, governador do planeta Terra, exemplo de amor e caridade que passou por nós deixando seu rastro de luz: Jesus Cristo, sempre comigo, me auxiliou como ninguém nesta jornada.

A minha família.

Ao prof. Dr. Inajá Francisco de Souza.

Ao prof. Dr. Bernardo Barbosa Silva.

Ao prof. Dr. Antenor de Oliveira Aguiar Netto.

A prof. Dra. Laura Jane

Aos mestres e funcionários do NEREN – UFS.

Aos funcionários da DEHIDRO, em especial aos engenheiros Elder Prudente e José Gomes e aos técnicos Edmilson e Beto.

Aos agricultores do Perímetro Irrigado Califórnia.

Ao geógrafo Overland Amaral Costa (SRH – CMRH).

Ao prof. Dr. Gregório Faccioli.

Ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

Aos amigos meteorologistas da UFCG.

A todos os colegas de mestrado e amigos.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	i
LISTA DE QUADROS.....	iii
LISTA DE TABELAS.....	iv
RESUMO.....	v
ABSTRACT.....	vi
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. Sustentabilidade dos agroecossistemas.....	3
2.2. Evapotranspiração de referência – ETo.....	5
2.3. Evapotranspiração da cultura – ETc.....	7
2.4. Sensoriamento remoto.....	7
2.5. O sensoriamento remoto na agricultura irrigada.....	11
2.6. Satélites da série Landsat.....	12
2.7. O sensoriamento remoto e o balanço de energia à superfície.....	13
2.8. O algoritmo SEBAL (Surface Energy Balance Algorithm for Land).....	14
3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	15
3.1. Manejo da irrigação no Perímetro Irrigado Califórnia.....	18
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	19
5. CAPÍTULO I – CONSIDERAÇÕES SOBRE O PRODUTOR RURAL NO PERÍMETRO IRRIGADO CALIFÓRNIA – CANINDÉ DO SÃO FRANCISCO – SE.....	23
RESUMO.....	23

ABSTRACT.....	24
5.1. Introdução.....	25
5.2. Material e métodos.....	26
5.3. Resultados e discussão.....	26
5.4. Conclusões.....	33
5.5. Referências bibliográficas.....	34
6. CAPÍTULO II - AVALIAÇÃO DOS COMPONENTES DO BALANÇO DE RADIAÇÃO E ENERGIA NO PERÍMETRO IRRIGADO CALIFÓRNIA EM CANINDÉ DO SÃO FRANCISCO – SE.....	35
RESUMO.....	35
ABSTRACT.....	36
6.1. Introdução.....	37
6.2. Material e métodos.....	37
6.2.1. Imagens de satélite.....	37
6.2.2. Balanço de radiação.....	38
6.2.3. Balanço de energia.....	40
6.3. Resultados e discussão.....	43
6.3.1. Balanço de radiação.....	43
6.3.2. Balanço de energia.....	46
6.4. Conclusões.....	49
6.5. Referências bibliográficas.....	49
7. CAPÍTULO III - ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO REGIONAL NO PERÍMETRO IRRIGADO CALIFÓRNIA – CANINDÉ DO SÃO FRANCISCO - SE.....	51
RESUMO.....	51
ABSTRACT.....	52
7.1. Introdução.....	53
7.2. Material e métodos.....	53
7.3. Resultados e discussão.....	54
7.4. Conclusões.....	56
7.5. Referências bibliográficas.....	56
ANEXO.....	57

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Espectro eletromagnético com destaque para o espectro visível.....	9
Figura 2 Curvas características da refletância espectral da vegetação verde sadia, solo exposto seco e água limpa.....	10
Figura 3 Localização da área de estudo. Região sergipana do sertão do São Francisco.....	16
Figura 4 Escolaridade dos produtores entrevistados no Perímetro Irrigado Califórnia.....	27
Figura 5 Horas diárias trabalhadas no lote pelos produtores entrevistados no Perímetro Irrigado Califórnia.....	27
Figura 6 Espécies cultivadas pelos agricultores entrevistados no perímetro Irrigado Califórnia.....	28
Figura 7 Critérios utilizados pelos entrevistados do Perímetro Irrigado Califórnia para a escolha de uma cultura.....	28
Figura 8 Origem dos produtores entrevistados do Perímetro Irrigado Califórnia.....	29
Figura 9 Atividades anteriores ao Perímetro Irrigado Califórnia.....	30
Figura 10 Anos de permanência dos entrevistados no Perímetro Irrigado Califórnia.....	30
Figura 11 Qualidade da água segundo os entrevistados do Perímetro Irrigado Califórnia.....	31
Figura 12 Utilização de insumos agrícolas pelos entrevistados do Perímetro Irrigado Califórnia.....	31
Figura 13 Principais problemas enfrentados pelos entrevistados do Perímetro Irrigado Califórnia.....	32
Figura 14 Fluxograma dos passos necessários para determinação do balanço de radiação usando imagens TM Landsat-5.....	39
Figura 15 Esquema do balanço de radiação à superfície.....	40
Figura 16 Fluxograma do processo iterativo para o cálculo do fluxo de calor sensível (H).....	41
Figura 17 Saldo de radiação (R_n) em $W\ m^{-2}$ obtido pelo TM Landsat-5, para o dia 08/04/2005.....	44
Figura 18 Histograma de freqüência para o saldo de radiação determinado pelo Landsat-5 em 08/04/2005.....	44
Figura 19 Saldo de radiação (R_n) em $W\ m^{-2}$ obtido pelo TM Landsat-5, para o dia 07/12/2006.....	45
Figura 20 Histograma de freqüência para o saldo de radiação determinado pelo TM Landsat-5 em 07/12/2006.....	45
Figura 21 Fluxo de calor sensível (H) em $W\ m^{-2}$ obtido pelo satélite TM Landsat-5,	

para o dia 08/04/2005.....	46
Figura 22 Fluxo de calor sensível (H) em W m^{-2} obtido pelo satélite TM Landsat-5, para o dia 07/12/2006.....	47
Figura 23 Fluxo de calor latente (λE) em W m^{-2} obtido pelo satélite TM Landsat-5, para o dia 08/04/2005.....	48
Figura 24 Fluxo de calor latente (λE) em W m^{-2} obtido pelo satélite TM Landsat-5, para o dia 07/12/2006.....	48
Figura 25 Evapotranspiração ($ET \text{ mm dia}^{-1}$) estimada pelo satélite TM Landsat 5, para o dia 07/12/2006.....	55

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 Principais aplicações de cada uma das bandas espetrais do TM Landsat 5.....13

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Bandas do Mapeador Temático (TM) do Landsat 5, com os correspondentes intervalos de comprimento de onda, coeficientes de calibração (radiância mínima **a2** e máxima **b2**, a partir de junho de 2003) e irradiâncias espectrais no topo da atmosfera (TOA).....38

EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA VISANDO A SUSTENTABILIDADE DO PERÍMETRO IRRGADO CALIFÓRNIA – SE ATRAVÉS DO SEBAL E IMAGENS LANDSAT 5 TM

RESUMO

SABINO, Fabiana Gonçalves. **Eficiência do Uso da Água Visando a Sustentabilidade do Perímetro Irrigado Califórnia – SE Através do SEBAL e Imagens Landsat 5 TM.** São Cristóvão: UFS, 2008. Dissertação de Mestrado em Agroecossistemas.

O principal objetivo do presente trabalho foi avaliar os componentes do balanço de energia e a evapotranspiração em região semi-árida usando o algoritmo SEBAL – Surface Energy Balance Algorithm for Land (Bastiaanssen, 1995) e imagens do satélite Landsat 5-TM. A área de estudo foi o Perímetro Irrigado Califórnia localizado no município de Canindé do São Francisco – SE, Brasil. Para consecução dos objetivos foram utilizadas imagens obtidas nos dias 8 de abril de 2005 e 7 de dezembro de 2006, que cobrem as áreas irrigadas do perímetro, parte do rio São Francisco e áreas com vegetação nativa. Foram determinados o albedo da superfície (α), índices de vegetação (NDVI, SAVI e IAF) e a temperatura da superfície (T_s) para cada pixel. A radiação incidente de onda curta foi estimada em função da constante solar, da transmissividade atmosférica, do ângulo zenital solar e do quadrado da distância relativa Terra-Sol. A radiação incidente de onda longa proveniente da atmosfera teve como base a temperatura do ar medida na estação meteorológica de superfície e a radiação de onda longa emitida por cada pixel, a temperatura da superfície e sua emissividade. A partir dessas variáveis determinou-se o saldo de radiação (R_n), cujo valor médio para o dia 08/04/2005 foi $565,0 \text{ W m}^{-2}$ e para a imagem do dia 07/12/2006, $585,3 \text{ W m}^{-2}$. O fluxo de calor no solo (G), estimado em função do R_n , T_s , α e do NDVI, apresentou para o dia 08/04/2005 valor médio de $78,9 \text{ W m}^{-2}$ e para a data de 07/12/2006 $79,1 \text{ W m}^{-2}$. O fluxo de calor sensível (H), estimado com a aplicação do processo iterativo, em função da velocidade do vento e da altura média da vegetação obtidos da estação meteorológica de superfície e também com base em dois pixels de referência (quente e frio) para se determinar a diferença de temperatura entre a superfície e o ar próximo a mesma, apresentou para o dia 08/04/2005 valor médio de 115 W m^{-2} . Em 07/12/2006 o valor médio de H estimado pelo referido satélite foi $140,7 \text{ W m}^{-2}$. O fluxo de calor latente (λE), calculado como parte residual do balanço de energia à superfície, apresentou valores médios de $402,0 \text{ W m}^{-2}$ para a data de 08/04/2005 e de $365,5 \text{ W m}^{-2}$ para o dia 07/12/2006. A evapotranspiração (ET) apresentou valor médio de $3,5 \text{ mm dia}^{-1}$ para o dia 08/04/2005 com valor máximo de $5,8 \text{ mm dia}^{-1}$. Já para 07/12/2006 a ET média estimada foi de $3,2 \text{ mm dia}^{-1}$, com um valor máximo de $5,9 \text{ mm dia}^{-1}$.

Palavras chave: Evapotranspiração, SEBAL, Perímetro Irrigado Califórnia.

ABSTRACT

SABINO, Fabiana Gonçalves. **Eficiência do Uso da Água Visando a Sustentabilidade do Perímetro Irrigado Califórnia – SE Através do SEBAL e Imagens Landsat 5 TM.** São Cristóvão: UFS, 2008. Dissertação de Mestrado em Agroecossistemas.

The main objective of the present work went evaluate the components of the swinging of energy and the evapotranspiração in semi-arid area using the algorithm SEBAL - Surface Energy Balances Algorithm it goes Land (Bastiaanssen, 1995) and images of the satellite Landsat-5 TM. The study area was the Irrigated Perimeter California located in the municipal district of Canindé of São Francisco - SE, Brazil. For attainment of the objectives images obtained in April 8, 2005 and December 7, 2006 were used, that they collect the irrigated areas of the perimeter, it leaves of the river San Francisco and areas with native vegetation. Was the albedo of the surface certain (?), vegetation indexes (NDVI, SAVI and IAF) and the temperature of the surface (T_s) for each pixel. The incident radiation of wave tans it was esteemed in function of the solar constant, of the atmospheric transmissividade, of the angle solar zenithal and of the square of the distance relative Earth-sun. The incident radiation of long wave had as base for its estimate the temperature of the air measure in the meteorological station of surface and the emitted radiation of long wave esteemed with base in the surface temperature. Starting from those variables the radiation balance was determined (R_n) whose medium values esteemed by Landsat 5-TM for the 08/04/2005 were $565,0 \text{ W m}^{-2}$ and for the image of the 07/12/2006, $585,3 \text{ W m}^{-2}$. The flow of heat in the soil (G), esteemed in function of R_n , T_s ? and of NDVI, it presented for the 08/04/2005 the medium value of $78,9 \text{ W m}^{-2}$, however, for the date of 07/12/2006 the medium value of that same variable was $79,1 \text{ W m}^{-2}$. The flow of sensitive heat (H), esteemed with the application of the process interativo, in function of the speed of the wind and of the medium height of the obtained of the meteorological station of surface vegetation and also with base in two reference pixels (hot and cold) to determine the temperature difference between the surface and the close air the same, did it present for the 08/04/2005 the medium value of 115 W m^{-2} . In 07/12/2006 the medium value of H esteemed by the referred satellite was $140,7 \text{ W m}^{-2}$. The flow of latent heat (E), calculated as residual part of the swinging of energy to the surface, it presented medium values of $402,0 \text{ W m}^{-2}$ for the date of 08/04/2005 and of $365,5 \text{ W m}^{-2}$ for the 07/12/2006. The evapotranspiration (ET) it presented medium value of $3,5 \text{ mm day}^{-1}$ for the 08/04/2005 with maximum value of $5,8 \text{ mm day}^{-1}$. Already for 07/12/2006 dear medium ET was of $3,2 \text{ mm day}^{-1}$, with a maximum value of $5,9 \text{ mm day}^{-1}$.

Keywords: Evapotranspiration; SEBAL; Irrigated Perimeter California.

1. INTRODUÇÃO GERAL

A preocupação crescente com a disponibilidade hídrica, no que se refere a sua qualidade e quantidade, vem estimulando o conhecimento da dinâmica dos reservatórios. Esse conhecimento é de fundamental importância para o gerenciamento e manejo sustentável de uma bacia hidrográfica e da qualidade da água, principalmente quando se trata de agroecossistemas irrigados. Há uma tendência mundial na preservação dos recursos hídricos, visando garantir sua disponibilidade para usos como doméstico, agrícola, piscicultura, navegação, industrial, lazer etc.

Nos últimos anos tem aumentado a preocupação com o meio ambiente. A sociedade vem pressionando o governo em busca de uma melhor qualidade de vida. O desenvolvimento tecnológico e o crescimento populacional têm levado o homem a explorar cada vez mais os recursos naturais do planeta Terra para satisfação de suas necessidades. Contudo, essa exploração não tem sido feita de forma racional, mas de maneira predatória, degradando os recursos naturais, comprometendo assim a qualidade de vida da geração presente e futura.

Com o crescimento populacional, é necessário incrementar a produção de alimentos; porém, a área de terras cultiváveis no mundo não cresce na mesma proporção que a população. Dessa forma, aumentar a produção de alimentos torna-se possível com intensificação da agricultura nas áreas disponíveis, através da utilização de insumos como fertilizantes, agroquímicos, energia fóssil e técnicas de irrigação (FELLENBERG, 1980).

Em regiões semi-áridas, a agricultura irrigada contribui significativamente para garantir os rendimentos das culturas, além da estabilidade financeira e da diversidade alimentar para pequenos agricultores, garantindo dessa forma a sustentabilidade para os agroecossistemas aí existentes. Percebe-se, assim, uma prioridade básica para este tipo de agricultura nessas regiões.

Em virtude das condições climáticas e geomorfológicas da região Nordeste, os recursos hídricos são mal distribuídos, sendo necessárias medidas que garantam o seu fornecimento em grande parte do ano. A água é um elemento estratégico e fundamental para o desenvolvimento sustentável do semi-árido do Nordeste, sendo necessário que esteja disponível não só em quantidade, mas também em qualidade. Uma dessas medidas é a construção de açudes, reservatórios ou barragens.

No semi-árido brasileiro esses reservatórios são, muitas vezes, as únicas fontes de água na maior parte do ano, atendendo a múltiplos usos como abastecimento doméstico, irrigação, piscicultura etc. Desse modo, estudos relacionados com o uso e manejo racional do sistema solo-planta-atmosfera têm se intensificado nessas duas últimas décadas principalmente no que diz respeito à evapotranspiração, um dos mais importantes componentes do balanço hídrico. Assim, a estimativa da evapotranspiração com precisão e confiabilidade é essencial em

estudos que envolvam a programação da irrigação, planejamento e manejo dos recursos hídricos para uso agrícola, valorização ambiental e perda de água em reservatórios, bem como, estudos meteorológicos e climatológicos em geral.

Recentemente, estudos voltados para o emprego do sensoriamento remoto por satélite vêm se constituindo em importante ferramenta na obtenção de informações sobre o balanço de energia e de água. As imagens obtidas através de sensoriamento remoto passaram a representar uma das formas mais viáveis de monitoramento ambiental em escalas local e global, devido à rapidez, eficiência, periodicidade e baixo custo.

Nos últimos anos, a estimativa da evapotranspiração em perímetros irrigados (escala regional), com base em imagens de satélite e algoritmos, tem permitido a conversão de medidas instantâneas em totais diários evapotranspirados (KUSTAS et al., 1990; BASTIAANSEN et al., 1998; Bastiaansen, 2000 e Granger, 2000).

Nesse sentido, a aplicação do modelo SEBAL (Surface Energy Balance Algorithm for Land), uma nova metodologia proposta por Bastiaansen (1995) e que tem sido aplicada por diversos pesquisadores em áreas irrigadas, é a base do presente trabalho. O SEBAL constitui uma nova parametrização para o cálculo dos fluxos de energia à superfície com base em medidas espectrais de sensores a bordo de satélites nas bandas do visível, infravermelho próximo e infravermelho termal e dado complementares medido em estações meteorológicas de superfície.

O objetivo principal deste trabalho foi estimar os componentes do balanço de radiação, de energia e a evapotranspiração (ET) em escala regional, usando imagens dos satélites Landsat 5-TM, através do SEBAL.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Sustentabilidade dos agroecossistemas

O atual modelo agrícola, correntemente denominado pela literatura de “agricultura convencional”, tem sido tema de discussões e críticas no que se refere à sustentabilidade dos agroecossistemas. Esse modelo, de acordo com Gliessman (2001), objetiva a maximização da produtividade e do lucro, utilizando práticas do chamado “pacote tecnológico” como o cultivo intensivo do solo, monocultura, irrigação, aplicação de fertilizantes sintéticos, controle químico de pragas, manipulação genética de plantas cultivadas, sem a preocupação com suas consequências não intencionais, de longo prazo e, muito menos, sem considerar a dinâmica ecológica dos agroecossistemas.

Esse modelo foi intensificado após a Segunda Guerra Mundial, culminando na década de 70, com a intitulada Revolução Verde. Esta se espalhou em vários países em desenvolvimento, em especial da Ásia e da América Latina, que buscavam os sucessos do padrão conseguido na Europa, nos Estados Unidos e no Japão. Objetivou-se resolver os problemas da fome, em virtude da crise mundial do mercado de grãos alimentícios e do rápido crescimento demográfico (KITAMURA, 1994; EHLERS, 1995).

Apesar do aumento da produção agrícola nesse período, ocorreram vários problemas gerados por esse padrão produtivo com relação à sustentabilidade da produção agrícola no longo prazo (KITAMURA, 1994; ALMEIDA, 1995).

Almeida (1995) afirma que, no plano econômico, juntamente com o aumento dos rendimentos ou de produtividade, houve um encarecimento de insumos e queda de preços recebidos pelos agricultores, o que ao longo do tempo reduz a renda dos agricultores e caracteriza um processo de engessamento da agricultura. A dependência criada em torno da indústria, banco e tecnologia inviabilizam a agricultura familiar. A estratégia produtivista e consumidora de insumos é um ótimo negócio para as empresas de insumos agrícolas, máquinas, sementes e tecnologias, e um péssimo negócio para os agricultores, especialmente os pequenos que, endividados, tornam-se ainda mais dependentes, inseridos em uma lógica de perda de autonomia, destruição dos recursos naturais, descapitalização, empobrecimento e falência.

No aspecto ambiental, com a substituição dos sistemas de rotação com alta diversidade biológica por sistemas simplificados, baseados no emprego de insumos industriais químicos e de variedades geneticamente melhoradas e padronizadas, a estabilidade ecológica da produção agrícola foi afetada. Com isso, o equilíbrio químico, físico e biológico do solo foi alterado, afetando a susceptibilidade das lavouras ao ataque de pragas e doenças. Ressalte-se, ainda, a destruição das florestas e da biodiversidade genética, a erosão e degradação dos solos, a

poluição e esgotamentos dos recursos naturais e a contaminação dos alimentos como consequências do modelo agrícola em questão (ALMEIDA, 1995; EHLERS, 1995).

Percebe-se, portanto, que por meio dessas práticas, o homem tem utilizado os recursos naturais de maneira inadequada, o que tem causado a degradação do ambiente e, por consequência, a insustentabilidade dos agroecossistemas. Além desses problemas associados à agricultura convencional, outros são causados pela integração da agricultura e os fatores políticos, econômicos e sociais.

De fato, os graves e numerosos impactos negativos que vem sofrendo o mundo desde os anos 70, devido à Revolução Verde, possibilitaram que a sociedade começasse a tomar consciência das consequências atuais e futuras desse modelo produtivo, não só pelos danos causados à saúde da população e do meio ambiente, como também pelos efeitos socioeconômicos.

Nesse sentido, tentando fugir do modelo convencional de agricultura, tem-se buscado esclarecer estilos de agricultura menos agressivos ao meio ambiente, que possam proteger os recursos naturais e que sejam duráveis no tempo (CAPORAL e COSTABEBER, 2004), ou seja, um modelo que garanta a sustentabilidade dos agroecossistemas.

Para avaliar a sustentabilidade de um agroecossistema, pode-se identificar características específicas dos agroecossistemas que constituam peças-chave em seu funcionamento e determinar em que nível ou condição esses parâmetros devem ser mantidos para que o funcionamento sustentável possa ocorrer (GLEISSMAN, 2001). Para tanto, são muito utilizadas as propriedades dos agroecossistemas: produtividade, estabilidade, sustentabilidade e eqüidade.

Desenvolvimento sustentável significa atender as necessidades do presente, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender suas próprias necessidades e deve conciliar, por longos períodos, o crescimento econômico e a conservação dos recursos naturais (EHLERS, 1999).

O desenvolvimento para ser sustentável, deve ser não apenas economicamente eficiente, mas também ecologicamente prudente e socialmente desejável (ROMERO, 1998). Várias entidades internacionais escolhem o desenvolvimento sustentável para indicar a nova filosofia que combina eficiência econômica com justiça social e prudência ecológica (BRÜSEKE, 1998). O desenvolvimento sustentável também é entendido como processo em constante mudança quanto à dinâmica dos investimentos, inovações (que devem cumprir demandas atuais e futuras) e exploração dos recursos (SACHS, 1990).

Para se compreender os sistemas agrícolas em nossos dias, temos que ter em mente sua sustentabilidade, pois “a agricultura é afetada pela evolução dos sistemas socioeconômicos e

naturais” (ALTIERI, 2000). De acordo com Cavalcanti (1998), sustentabilidade significa “a possibilidade de se obterem continuamente condições iguais ou superiores de vida para um grupo de pessoas e seus sucessores em dado ecossistema”.

Em nenhuma outra atividade humana existe interação tão grande entre o ser humano e a natureza como na agricultura e sua consequência atual é que ali acabam por ocorrer grandes problemas ambientais (BRANDENBURG, 1999). Faz-se necessário então criar opção ao sistema agrícola depredador que ora impera e a agricultura sustentável é uma opção que se viabiliza no momento. Essa agricultura indica a construção de caminho baseado nas condições ecológicas e socioeconômicas da agricultura. O agricultor alternativo, ou sustentável, não privilegia exclusivamente a componente econômica.

Na formação da agricultura sustentável a busca por “maior eficiência dos sistemas de produção agrícola deve ser compatível e coerente com cada realidade ecológica” (COSTA, 1993). Faz-se necessária a utilização mais eficaz dos recursos naturais para que estes não sejam degradados em médio e longo prazo.

Para o planejamento e operação sustentáveis dos perímetros irrigados deve-se ter o conhecimento preciso da intensidade do consumo de água pelas culturas e das características de sua retenção pelo solo, levando em consideração as condições meteorológicas locais predominantes.

Com o avanço das tecnologias de irrigação, têm sido desenvolvidos vários estudos com a finalidade de fornecer subsídios que permitam estimar as necessidades hídricas das culturas em função de parâmetros ambientais e do solo. Tal conhecimento pode condicionar o manejo de água no sistema solo – planta - atmosfera de maneira racionalizada visando otimizar a produtividade sem, contudo, comprometer a sustentabilidade de tais sistemas agrícolas.

2.2. Evapotranspiração de referência - ETo

A evapotranspiração, componente do sistema hidrológico, consiste na quantidade de água evaporada pelo solo e transpirada pelas plantas em uma região, durante um determinado período, dependente, portanto, das características climáticas da região e da cultura presente. Quantificada em milímetros por dia (mm/dia), a evapotranspiração permite determinar a necessidade hídrica – quantidade de água a ser reposta para a cultura.

Segundo Doorenbos e Pruitt (1977) a evapotranspiração de referência (ETo) é definida como a quantidade de água perdida por uma superfície de solo, coberta totalmente por grama, de altura uniforme entre 8 e 15 cm, em crescimento ativo e sem restrições hídricas.

Conhecida a ETo é possível determinar a necessidade hídrica das culturas. O método mais usual está baseado na estimativa da evapotranspiração da cultura (ETc), que é obtida multiplicando a ETo por um coeficiente de cultura (Kc) que integra as características da cultura e do clima local (Doorembos & Pruitt, 1977).

As observações meteorológicas de superfície são de suma importância na determinação da evapotranspiração (ET). Neste processo de transferência de vapor d'água, os elementos climáticos controlam a demanda hídrica da atmosfera, atuando, no contínuo solo-planta-atmosfera, como dreno. A automação dessas medições, em tempo real, facilita a obtenção da ETo e, consequentemente, permite estabelecer estratégias de manejo de irrigação, determinar o volume de água necessário aos sistemas agrícolas e dimensionar sistemas de distribuição e de armazenamento de água.

Segundo Doorembos e Pruitt (1977), os elementos meteorológicos agem de forma conjunta no processo de evapotranspiração, sendo difícil a sua distinção de importância. De maneira geral, em uma dada região, quanto maior for a disponibilidade de energia solar, temperatura do ar e velocidade do vento, e quanto menor for a umidade relativa, maior deverão ser as taxas de evaporação e evapotranspiração.

Uma forma de se estimar a evapotranspiração potencial (ETp) é o uso da evaporação de uma superfície de água livre. Contudo, a taxa de evaporação de tanques varia com o tamanho do tanque e com as condições de contorno. O mesmo autor sugere que a ETo pode ser definida como “a taxa com que a água, se disponível, é removida da superfície do solo e das plantas, de uma cultura específica, arbitrariamente chamada de cultura de referência”. A ETo é normalmente expressa como taxa de calor latente por unidade de área e tempo ou lâmina de água evaporada por tempo. A ETo é equivalente a evapotranspiração potencial com uma especificação adicional de que ela representa a evapotranspiração de uma cultura com umidade do solo ideal e cobertura total da área.

A evapotranspiração pode ser mensurada a partir de medidas diretas ou estimada por meio de informações climáticas. No primeiro grupo, entre outros, estão incluídos os diferentes tipos de lisímetros e o balanço de água no solo; enquanto no segundo, estão enquadrados os métodos teóricos e empíricos.

Na ausência de medidas diretas, como as obtidas por meio dos lisímetros, a evapotranspiração pode ser estimada por diversos métodos. Segundo Pereira et al. (1997) pode-se dividi-los de acordo com os princípios envolvidos em cinco categorias: empíricos, aerodinâmico, balanço de energia, combinado e correlação dos turbilhões.

Os métodos empíricos, tais como o do tanque Classe A, de Thornthwaite, de Camargo, de Makink, da Radiação Solar, de Hargreaves-Samani etc., são, normalmente,

resultantes de correlações entre a evapotranspiração medida em condições padronizadas e os elementos meteorológicos medidos em postos também padrões.

2.3. Evapotranspiração da cultura – ETc

Desde o plantio até a colheita, uma cultura vai progressivamente crescendo e ocupando a área disponível. Evidentemente, nessas condições ocorre a evapotranspiração real, que na prática é denominada *evapotranspiração da cultura* (ETc). O conhecimento de ETc é fundamental em projetos de irrigação, pois ela representa a quantidade de água que deve ser reposta ao solo para manter o crescimento e a produção em condições ideais. No entanto, a determinação de ETc é difícil e sujeita a muitos erros.

Sabe-se que para dar bons resultados, a irrigação deve ser bem quantificada. Caso contrário, se as regas forem leves, insuficientes e freqüentes, repõem água apenas nas camadas superficiais do solo, não umedecendo toda a zona das raízes. Por isso, elas se tornam superficiais e incapazes de explorar o volume de solo disponível. Em consequência, diminui consideravelmente a reserva hídrica útil do solo, prejudicando as plantas, desperdiçando recursos valiosos e aumentando os custos da água aplicada. Irrigação em quantidades insuficientes de água agrava os problemas de salinização do solo nas zonas áridas e semi-áridas, intensificados pelo emprego de água com altos teores de sais. Regas excessivas também são contra-indicadas, pois acarretam perdas de água e de nutrientes, pela percolação abaixo da zona das raízes, além de favorecer a proliferação de microorganismos patogênicos. Em caso de terrenos mal drenados, com impedimentos à percolação, o solo ficará saturado prejudicando as raízes que poderão perecer por falta de arejamento.

Para contornar essas dificuldades, utilizam-se estimativas da evapotranspiração potencial (ou de referência) para gramado, corrigidas por um *coeficiente de cultura* (Kc) que varia com a cultura e com seu estádio de desenvolvimento, sendo apresentado em tabelas por Doorembos & Pruitt (1977).

2.4. Sensoriamento remoto

O sensoriamento remoto é a ciência e arte de obter informação sobre um objeto, área ou fenômeno através da análise de dados adquiridos por um instrumento que não entra em contato direto com o objeto, área ou fenômeno de investigação. Essa definição basta para que se tome consciência de que, no simples ato de ler este texto, por exemplo, utiliza-se o

sensoriamento remoto. Nesse caso, os olhos atuam como sistemas sensores capazes de responder à luz refletida por esta página.

O uso do sensoriamento remoto foi proposto inicialmente em 1960, por geógrafos do Escritório Americano de Pesquisas Navais (Office of Naval Research), para aplicações de informações obtidas por instrumentos fotográficos. No entanto, ficou convencionado, sobretudo na literatura norte-americana, que o termo sensoriamento remoto seria usado sempre que houvesse referência ao estudo da utilização de produtos fotográficos ou de dados obtidos por plataformas aéreas ou espaciais.

O termo sensoriamento remoto consiste em métodos que empregam a energia eletromagnética (luz, calor, microondas, ultravioleta, visível, infravermelho e ondas de rádio) como meio de detecção e medidas das características dos alvos, excluindo pesquisas elétricas, magnéticas e gravitacionais. Quando a energia eletromagnética incide sobre qualquer superfície, pode interagir com esta por três processos: reflexão, absorção pela superfície e transmissão. Tais interações podem ocorrer simultaneamente.

Os satélites de sensoriamento remoto têm favorecido a realização de levantamentos à distância de variações físicas e químicas da superfície terrestre em áreas extensas e inóspitas, tendo como principais favorecidos os monitoramentos e mapeamentos sazonais da superfície da Terra. Huete (1988) afirma que a composição espectral do fluxo radiante proveniente da superfície da Terra produz informações sobre as propriedades físicas, químicas e biológicas de solos, água e vegetações que caracterizam o sistema terrestre.

No sensoriamento remoto a identificação e distribuição dos objetos ou materiais são feitas pelas suas diversas características espectrais expressas nas várias bandas de um sensor. Entretanto, quanto maior for o número de imagens e bandas, que a complementem, maior será o volume de dados, tornando-se indispensável o uso de técnicas automáticas de análise através de computadores, introduzindo diversas formas de abordagem de dados (Lillesand & Kiefer, 1987).

A principal função de um sensor remoto consiste em captar e medir a quantidade de energia refletida e/ou emitida pelos *alvos*, e desta forma obter informações sobre a natureza e/ou condições desses alvos. As proporções de energia refletida, absorvida e transmitida irão variar para diferentes objetos, dependendo do tipo e das condições do material de que são compostos. São essas variações que permitem distinguir diferentes feições numa imagem. Para um mesmo tipo de material, as proporções de energia refletida, absorvida e transmitida irão variar para diferentes comprimentos de onda. Assim sendo, dois materiais diferentes podem ser indistinguíveis numa determinada faixa espectral e serem completamente diferentes noutra faixa. No espectro visível, tais variações espectrais resultam no efeito visual chamado *cor* (Erbert, 2001).

Atualmente chama-se *espectro eletromagnético* a faixa de freqüências e respectivos comprimentos de onda que caracterizam os diversos tipos de ondas eletromagnéticas (Figura 1).

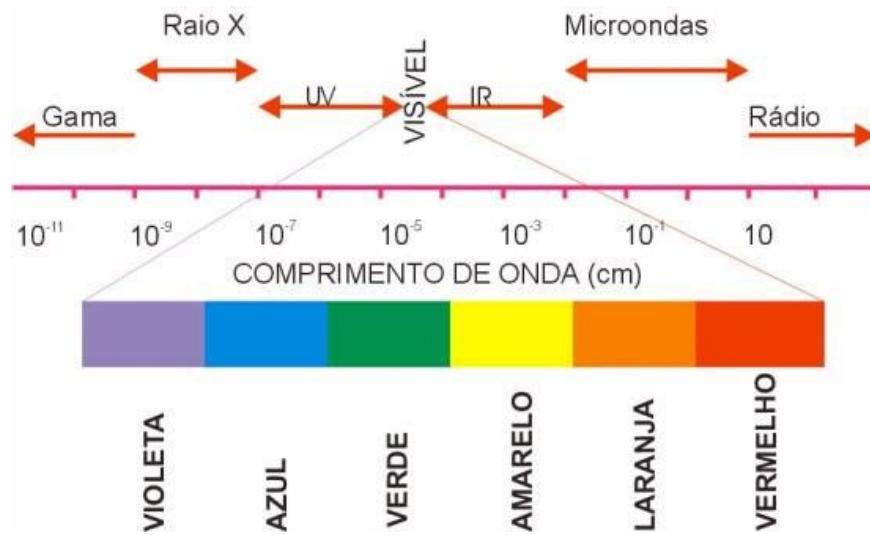


FIGURA 1 - Espectro eletromagnético com destaque para o espectro visível

Em sensoriamento remoto é costume definir faixas ou porções do espectro eletromagnético, compreendendo o conjunto de freqüências (ou comprimento de ondas) nos quais cada sensor individual opera. Essas faixas são denominadas de *bandas espectrais*.

Para que seja possível a extração de informações a partir de dados de sensoriamento remoto, é de fundamental importância conhecer o comportamento espectral de alvos da superfície terrestre e de fatores que interferem neste comportamento (Novo, 1989). A Figura 2 está ilustrada, em termos percentuais, as curvas de refletância espectral típicas para as três feições básicas encontradas na superfície terrestre: vegetação verde sadia, solo exposto seco e água lacustre limpa. A configuração dessa curva denota as características espetrais do objeto, e exerce forte influência na escolha da região espectral na qual os dados de sensoriamento remoto deverão ser coletados, visando alguma aplicação em particular.

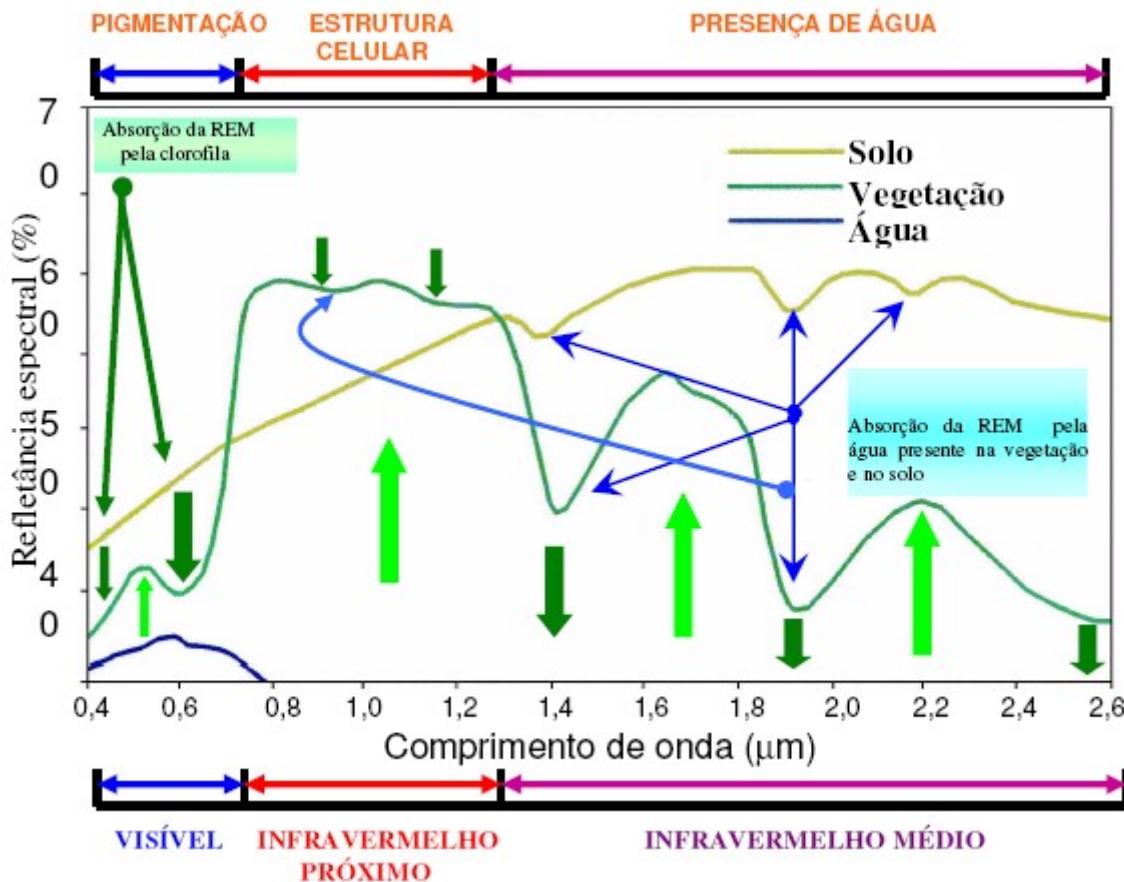


FIGURA 2. Curvas características da refletância espectral da vegetação verde sadia, solo exposto seco e água limpa. Fonte: Lillesand & Kiefer (2000), adaptada.

O sensoriamento remoto ampliou a capacidade do homem em adquirir informações sobre os recursos naturais e o meio ambiente, colocando-se como mais uma ferramenta complementar facilitando desta maneira os trabalhos temáticos e de levantamentos. As principais vantagens as quais justificam o uso dos programas de sensoriamento remoto são os estímulos às pesquisas multidisciplinares, informações de áreas de difícil acesso, universalização dos dados e das técnicas de tratamento e análise de dados digitais, facilidade do recobrimento de grandes áreas (visão sinóptica), cobertura repetitiva com mesma hora local, grande quantidade dados pontuais, sobre uma mesma área; transferência de dados Satélite/Terra em tempo real e o aspecto multiespectral, isto é, a capacidade dos sistemas sensores gerarem produtos em diferentes faixas espectrais, tornando possível o estudo e análise de diferentes elementos, os quais são identificados em determinadas faixas do espectro (Novo, 1989).

A observação da Terra por meio de sensores orbitais é a maneira mais efetiva e econômica de coletar dados necessários para monitorar e modelar fenômenos como: poluição

ambiental, assoreamento de rios, desmatamentos, ocorrência de furacões e de queimadas, dentre tantas outras.

2.5. O Sensoriamento Remoto na Agricultura Irrigada

Um interesse crescente sobre o uso de técnicas de sensoriamento remoto para o manejo da água tem motivado estudos da possibilidade de seu uso em programação de irrigação de cultivos em grandes áreas.

A irrigação, prática importante no manejo dos recursos hídricos, demanda cerca de 70% da água doce disponível no planeta, responde por cerca de 30 a 40% da produtividade mundial de alimentos, em apenas 17% de toda área agricultável (Seckler et al., 1998). Deste modo, é importante se manejear melhor os recursos hídricos diante dos conflitos pelo uso da água nas suas mais diversas aplicações, principalmente para atender as demandas futuras por alimentos, num cenário de crescente escassez de suprimento hídrico.

A avaliação da eficiência do uso da água em irrigação passou por modificações importantes nos últimos 25 anos. Caminhou de uma avaliação de eficiência clássica para uma análise de indicadores que permitem uma melhor avaliação do desempenho dos sistemas e para uma estrutura mais qualificada de quantificação da água em escala regional.

O sensoriamento remoto, com graus variados de precisão, tem gerado informações do uso da terra, estimativa de áreas irrigadas, tipos de cobertura vegetal, estimativa de biomassa, produção agrícola, exigência hídrica das culturas, salinidade e outras variáveis físico-ambientais. Dentro desse contexto, o sensoriamento remoto orbital tem trazido informações extremamente úteis aos legisladores, planejadores, formuladores de políticas públicas e a sociedade em geral (Bastiaanssen, 2000).

Pesquisadores em vários programas internacionais têm estudado o uso potencial de dados de sensoriamento remoto, com o objetivo de obter informações precisas em vários níveis de escala sobre as condições e processos de mudanças da superfície terrestre. Os resultados desses estudos têm demonstrado que avaliações quantitativas dos processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera, por exemplo, podem levar a um melhor entendimento das relações entre o crescimento vegetativo e um melhor manejo de água.

Medidas de sensoriamento orbital podem proporcionar informações regulares sobre as condições hidrológicas e agrícolas da superfície da terra para vastas áreas. A capacidade do sensoriamento remoto de identificar e monitorar o crescimento vegetativo e outros parâmetros biofísicos relacionados tem experimentado um grande avanço nos últimos 20 anos.

Os avanços nesta linha de pesquisa têm contribuído grandemente para uma melhor quantificação do processo de evapotranspiração (ET), elemento da mais alta importância, pois

sendo um dos principais componentes do ciclo hidrológico a sua estimativa com maior confiabilidade, possibilitará um melhor entendimento sobre o balanço de água, e consequentemente um melhor planejamento da irrigação, principalmente em áreas com recursos hídricos limitados.

Bastiaanssen et al. (1999) e Sakthivadivel et al. (1999) usaram dados de sensoriamento remoto para analisar o desempenho de culturas irrigadas em um perímetro irrigado na região de Haryana (Índia), no qual relacionaram estimativas de evapotranspiração e produção agrícola. Os autores demonstraram que a combinação de dados de campo e dados remotos favoreceu o entendimento das análises biofísicas da cultura, como também possibilitou uma melhor visualização da variação espacial da produtividade em termos de área (kg ha^{-1}) e de água (kg m^{-3}). Ademais, ofereceu maior consistência nas análises de avaliação de sustentabilidade, ou melhor, permitiu quantificar mais detalhadamente os impactos do manejo na mudança da irrigação, e se a intervenção é sustentável.

2.6. Satélites da série Landsat

O Programa Espacial da NASA (National Aeronautics and Space Administration) vem lançando desde 1972 satélites da série Landsat com vista à obtenção de conhecimentos que propiciem uma melhor compreensão de fenômenos naturais, de sua evolução e dos impactos sobre o meio ambiente.

Foram lançados dentro do programa Landsat desde 1972, sete satélites, sendo que o Landsat 4 é o único que não imageia, e só seis deles tiveram como missão fornecer imagens da Terra, como segue: Landsat 1: lançado em 23/07/1972 e desativado em 06/01/1978; Landsat 2: lançado em 22/01/1975 desativado em 25/02/1982; Landsat 3: lançado em 05/03/1978 desativado em 31/03/1983; Landsat 4: lançado em 16/07/1982 não imageia, porém não está desativado; Landsat 5: lançado em 01/03/1984 ativo até o momento; Landsat 6: lançado em 05/10/1993 perdido após o lançamento; Landsat 7: lançado em 15/04/1999 e desativado em 2006. A primeira geração do programa Landsat foi composta de três satélites: Landsat 1, 2, e 3. A segunda geração do programa Landsat foi iniciada em 1982, com o lançamento do satélite Landsat 4, que já possuía o instrumento TM (Thematic Mapper), além do MSS (Sistema Multiespectral de Varredura).

As imagens obtidas com TM, a despeito de outros sensores, são constituídas de pixels (picture elements), que correspondem a um quadrado de 30m de lado na superfície terrestre. O fluxo de radiação captado pelo Landsat 5-TM é codificado em 256 níveis de cinza, no que segue também denominado de intensidade do pixel, ou ainda, digital count (DC).

O Quadro 1 ilustra as características espectrais e aplicações, associadas ao satélite Landsat 5 TM.

QUADRO 1. Principais aplicações de cada uma das bandas espectrais do Landsat 5-TM

Canais	Resolução Espectral	Resolução Espacial	Localização Espectral	Principais Aplicações
1	0,45-0,52 µm	30 m	Azul	Para penetração de corpos d'água; útil para mapeamento de água costeira; utilizada para discriminação entre solo e vegetação; mapeamento de tipos florestais e identificação de tipos de culturas.
2	0,52-0,60 µm	30 m	Verde	Para a medição dos picos de refletância verde da vegetação. Para a discriminação de vegetação e a avaliação do vigor; útil para a identificação de características de culturas
3	0,63-0,69 µm	30 m	Vermelho	Para imageamento na região de absorção da clorofila, auxiliando na diferenciação de espécies
4	0,76-0,90 µm	30 m	Infravermelho próximo	Determina tipos de vegetação, vigor e volume de biomassa; para delineamento de corpos d'água e para a determinação de umidade do solo
5	1,55-1,75 µm	30 m	Infravermelho médio	Teor de umidade da vegetação e umidade do solo
6	10,4-12,5 µm	120m	Infravermelho Termal	Apresenta sensibilidade aos fenômenos relativos aos contrastes térmicos, servindo para detectar propriedades termais de rochas, solo, vegetação e água.
7	2,08-2,35 µm	30m	Infravermelho médio	Discrimina minerais e tipos de rochas. Também identifica o teor de umidade.

(COSTA FILHO, 2005)

2.7. O Sensoriamento Remoto e o Balanço de Energia à Superfície

Os processos de troca de calor e massa que ocorrem na superfície da terra são de fundamental importância para a redistribuição da umidade e calor no solo e atmosfera. Esses processos de troca no sistema solo-planta-atmosfera têm como principal força motriz a radiação solar.

Ao atingir a superfície da terra uma porção da radiação solar é refletida de volta para o espaço e o restante é absorvido pela própria superfície. Uma parte da energia absorvida é reemitida como radiação termal e o que resta desse balanço, conhecido como saldo de radiação, é usado para aquecer o solo, o ar atmosférico e promover a evaporação da água.

Vários estudos têm sido realizados para se calcular o balanço de radiação e energia a superfície, usando métodos convencionais e sensoriamento remoto, principalmente em áreas irrigadas (Moran et al., 1994; Silva et al., 1995; Cunha et al., 1996; Teixeira et al., 1997; Daamen et al., 1999; Lopes, 1999; Bastiaanssen, 2000; Silva et al., 2000; Moura, 2001). Os métodos *razão de Bowen* e *correlações de turbilhões* pelo bom desempenho que apresentam e pelos reduzidos custos instrumentais, têm sido os mais usados na determinação do balanço de

energia. No entanto, mesmo com o bom desempenho desses métodos, Jackson et al. (1985) e Jackson et al. (1987), apresentaram os procedimentos para estimar os componentes do balanço de energia a partir do sensoriamento remoto e de instrumentos meteorológicos instalados no campo.

A partir da década de oitenta, inúmeros trabalhos foram realizados (Kustas et al., 1989; Menenti et al., 1989; Kustas et al., 1990; Olioso, 1995; Bastiaanssen, 1995), com dados espectrais de satélites para estimativa de fluxos de energia. Outras importantes variáveis como a temperatura da superfície e o albedo, por exemplo, são também determinadas a partir do uso de algorítimos (Bastiaanssen, 1995; Vázquez et al., 1997) desenvolvidos para aquela finalidade.

2.8. O algoritmo Sebal (Surface Energy Balance Algorithm for Land)

Muitos algoritmos, nos últimos 10 anos, estão sendo desenvolvidos com as mais variadas aplicações. Alguns desses são destinados às estimativas dos fluxos de calor sensível e vaporização. Um dos mais destacados que vem sendo utilizado por alguns pesquisadores (Bastiaansen et al. 1998 e 2000) em várias partes do mundo, é o SEBAL – Surface Energy Balance Algorithm for Land desenvolvido por Bastiaanssen (1995). Este algoritmo é constituído de 25 passos computacionais, tendo por base imagens multi-espectrais de satélite e de dados de superfície. O mesmo pode ser usado para o cálculo da evapotranspiração (ET) e outras trocas de energia na superfície da Terra, usando dados coletados pelo TM ou outros sensores nas faixas do visível, infravermelho próximo e infravermelho termal, para estimar o balanço de radiação na superfície, bem como os fluxos de calor sensível e de calor no solo.

No SEBAL, o erro em relação a uma medida precisa em uma área de 1 ha, varia de 10 a 20% e as incertezas diminuem a medida que essa área aumenta. Para uma área de 1000 ha, o erro é reduzido a 5% e para áreas com 1 milhão de ha de terra cultivável, o erro é insignificante. O SEBAL pode ser aplicado em diversos agroecossistemas, sem a necessidade de informações sobre o uso da terra ou tipo de cultura (Bastiaanssen *et al.*, 1998). Porém, a utilização do SEBAL em condições operacionais, apresenta algumas dificuldades, tais como: necessidade dia de céu claro, ou com pouca nebulosidade, e a revisita com baixa freqüência restringe sua aplicação em áreas irrigadas. No entanto, a utilização de dados com boa resolução espacial e alta freqüência de revisita sobre as áreas de interesse, corrige essas dificuldades.

Allen et al. (2001) usaram o modelo SEBAL e imagens Landsat para determinar a evapotranspiração ao nível de bacia hidrográfica nos Estados Unidos. Os autores mostraram que a aplicação do SEBAL na bacia do Rio Urso em Idaho, Wyoming e Utah, produziu mapas de ET para a região, com resolução de 30 m. Os mapas foram integrados sobre a estação de crescimento, a fim de produzir um outro mapa da ET estacional para a bacia. Comparações

entre a ET estimada pelo SEBAL e a evapotranspiração medida diretamente em lisímetro, indicaram uma grande precisão e um promissor uso do algoritmo no planejamento da mencionada bacia, bem como, em relação ao manejo dos direitos de uso da água.

3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O Perímetro Irrigado Califórnia foi implantado no período de 1986 a 1987. Na oportunidade, foram implantadas as infra-estruturas de irrigação, que nestes anos sofreram depreciação, e como não foram realizados novos investimentos em equipamentos eletrônicos, subestações elétricas, adutoras, acessórios hidráulicos e equipamentos de medição de vazão, vem comprometendo a eficiência da utilização dos recursos hídricos, provocando aumento substancial no consumo de energia elétrica. Por outro lado, alguns problemas conjunturais dificultam uma operacionalização mais racional. Destaca-se, portanto, a necessidade de serem executadas obras complementares e de melhoramento na infra-estrutura de irrigação.

O Governo do Estado de Sergipe, através da DEHIDRO - Departamento de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Irrigação de Sergipe, vem viabilizando a implantação de uma série de programas nos Perímetros Irrigados, visando restabelecer as condições técnicas operacionais necessárias ao desenvolvimento sustentável e consequentemente a emancipação econômica das áreas irrigadas, oportunizando aos irrigantes e suas famílias novos direcionamentos na melhoria da qualidade de vida.

Para que esses objetivos sejam alcançados, a DEHIDRO vem trabalhando de forma planejada, reformulando a sua política de Assistência Técnica e de Organização Social aos pequenos produtores do Projeto Califórnia em Canindé do São Francisco – Sergipe, capacitando-os tanto na área de produção, visando aumento de produtividade e qualidade do seu produto, quanto ao seguimento de empreendedorismo visando à boa administração de seu agronegócio, procurando sua inserção nos mercados especializados, objetivando a agregação de valor aos seus produtos.

O perímetro localiza-se no município de Canindé do São Francisco, no extremo noroeste do Estado de Sergipe, na Microrregião Homogênea Sertão Sergipano do São Francisco, distando 213 km de Aracaju e 183km para o Porto.



FIGURA 3. Localização da área de estudo. Região sergipana do sertão do São Francisco. Fonte: Site Wikipédia

Área total do perímetro: 3980 ha.

Áreas agrícolas: Superfície útil irrigável: 1360 ha.

Superfície útil de sequeiro: 1830 ha.

Beneficiários: Pequenos produtores, técnicos e empresários, assistência técnica agronômica e serviços de operação e manutenção, prestada pela DEHIDRO, e a assistência técnica agronômica aos agricultores da área de sequeiro prestada pela EMBRAPA, ambos os órgãos vinculados a Secretaria de Estado da Agricultura do Abastecimento e da Irrigação.

O Perímetro Califórnia está subdividido em 333 lotes. Destes, 243 para assentamento de pequenos produtores rurais, 10 lotes destinados a técnicos agrícolas e engenheiros agrônomos, 17 lotes empresariais e 02 lotes públicos. Os 61 lotes de sequeiro contam com um ponto de água para consumo humano e animal e para pequenas hortas domésticas.

No que se refere à forma de ocupação nos lotes, os colonos foram cadastrados e selecionados pela extinta FUNDASE – Fundação de Assuntos Fundiários do Estado de Sergipe e quanto aos lotes empresariais, foram realizadas licitações para arrendamento.

Nas áreas irrigáveis, é utilizada a tecnologia de irrigação por aspersão. O sistema de irrigação é alimentado com água captada diretamente do Rio São Francisco, através da estação de bombeamento denominada EB-01, que eleva as vazões de irrigação a uma altura de 170 metros, com capacidade de 1.540 l/s.

A adução é feita por tubulações, sendo 2.092 metros em tubos de aço com 0,90 metros de diâmetro e 2.736 em tubos de ferro fundido com diâmetros de 0,60 a 0,80 metros. O restante é conduzido por canais trapezoidais, cuja extensão é de 12.528 metros. No sistema de

adução foram ainda implantados uma “chaminé de equilíbrio” e um “stand pipe”, evitando a formação de vácuo no interior das tubulações.

Também compõem o sistema de adução, e elevatória EB-02, cuja função é distribuir de forma proporcional as vazões aduzidas para as áreas irrigáveis do projeto.

O sistema de distribuição é composto de 03 estações elevatórias a partir das quais a água é conduzida por tubulações a ferro dúctil numa extensão de 45 km para as áreas irrigadas e 17 km em PVC para as áreas de sequeiro.

Principais culturas exploradas: Abóbora, aipim, amendoim, feijão de corda, milho, quiabo e tomate.

Segundo a classificação climática de GAUSSEN, o clima da Subárea é do tipo 3aTh – mediterrâneo quente ou nordestino, de seca acentuada no verão e segundo KOPPEN, Bssh' – clima muito quente, semi-árido, tipo estepe, com estação chuvosa no inverno. O índice xerotérmico oscila entre 100 e 150, com 7 a 8 meses considerados mais secos.

Conforme as informações registradas no posto pluviométrico de Canindé do São Francisco, para um período de 73 anos, a precipitação média da região é de 483,9 mm/ano, apresentando máxima anual de 918,6 e mínima anual de 203,0 mm.

Em termos de lâmina média precipitada sobre a área do Califórnia, as informações obtidas no posto de Canindé podem ser consideradas as mais representativas. Analisando-se as informações dos dois postos pluviométricos, observa-se que o período chuvoso (inverno) compreende os meses de março a julho, quando ocorre a precipitação de aproximadamente 60% do total anual, sendo março e abril os meses de maiores chuvas na região e junho o mês em que sempre ocorre alguma chuva. No entanto, as precipitações mais intensas acontecem nos meses de verão, entre dezembro e março, por ocasião das conhecidas trovoadas.

No que concerne às temperaturas médias do ar, a área em foco está compreendida entre as isotermas 25°C e 26°C para a temperatura média anual, com média das temperaturas mínimas mensais entre 18°C e 22°C e das máximas mensais compreendidas entre 28°C e 34°C. A evapotranspiração potencial é de 1.731 mm/ano, com máxima no mês de dezembro e mínima em julho.

Com o objetivo de suprir o Perímetro Irrigado Califórnia de melhores informações climatológicas, foi montada no seu interior, em 1989, uma estação contendo os seguintes aparelhos: pluviômetro, termômetro de máxima e mínima, termo-higrógrafo, tanque de evaporação classe A, heliógrafo e anemômetro a 2 metros de altura do solo. Entretanto, as informações coletadas apresentam ainda muitas falhas, devido a diversas razões, entre elas: a falta de um observador fixo e dedicado, calibração dos aparelhos mediadores, horário de leituras e a interpretação dos dados.

A área do Subprojeto Califórnia está contida no interior de duas pequenas bacias hidrográficas: a do riacho da Onça, temporário, com área de drenagem de 108,6 km², e de um

riacho sem nome, também temporário, com 36,6 km², adjacente a oeste do primeiro, ambos afluentes do rio São Francisco. Considerando-se as seções desses riachos, no cruzamento entre os talvegues destes e o limite norte do perímetro do subprojeto, as respectivas áreas de drenagem são de 69,6 km² (riacho da Onça) e 25,0 km² (riacho sem nome).

Infelizmente, a região não dispõe de nenhum posto pluviométrico, de forma que a determinação das vazões nos dois riachos, principalmente as de enchentes, deverão resultar da estimativa através de dados das chuvas que lhes deram origem, conforme diversos métodos existentes.

3.1. Manejo da irrigação no Perímetro Irrigado Califórnia

Vivemos em uma economia globalizada, altamente competitiva, em que não é necessário só produzir, mas obter altos rendimentos. Logo, o emprego de tecnologia que possa garantir altas produtividades é fundamental.

Em regiões semi-áridas onde o clima é caracterizado por altas taxas de evapotranspiração, baixas precipitações com distribuição espacial irregular no decurso do ano, a tecnologia de irrigação constitui-se em fator decisivo ao desenvolvimento agropecuário local. A irrigação diminui o risco de perda da produção nos períodos de estiagem e quando bem conduzidas possibilita o aumento da produtividade e qualidade dos produtos. No perímetro irrigado Califórnia, predomina os solos Brunos não Cálcicos Vérticos (70% da área irrigada), pertencentes à classe 3 para irrigação, o que significa maiores cuidados na irrigação e na adoção de práticas agrícolas conservacionistas, principalmente no que se refere a observância e controle do processo de salinização do solo.

Atualmente, é utilizado o método do balanço hídrico agrometeorológico por estádio vegetativo das culturas, para estimar a necessidade requerida pelos cultivos. O Perímetro possui uma estação agrometeorológica convencional que coleta as variáveis climáticas. Os demais fatores edáficos, são obtidos de análises laboratoriais, medições de campo no local, coeficientes e parâmetros divulgados pela FAO.

A orientação no manejo diário da irrigação é realizada por uma equipe técnica formada por três engenheiros agrônomos e cinco técnicos agrícolas, contemplando 240 irrigantes; esses se encontram subdivididos em sete adutoras independentes, distribuídas por setores. Atualmente, é recomendado diariamente aos irrigantes informações para o manejo de irrigação como o tempo de irrigação por posição e o número de aspersores a serem utilizados dos cultivos existentes nos lotes irrigados.

Por outro lado, a DEHIDRO não possui os equipamentos e os mecanismos de controle necessários para prestar o serviço de fornecimento de água com eficiência e qualidade. Não existem hidrômetros (medidores volumétricos de água), reguladores de pressão e volume na

parcela (lotes irrigados). Os irrigantes, em geral, não aplicam as técnicas recomendadas, utilizam equipamentos fora das especificações, ou seja, trabalham com equipamentos defeituosos e com vazamentos, não há regulamento de uso da água, referendado entre as partes interessadas, o que impede a aplicação de medidas legais de controle.

Por fim, enquanto a DEHIDRO não possuir os mecanismos de controle necessários a execução de um monitoramento eficiente dos recursos hídricos e do manejo de irrigação, continuará realizando uma prestação de serviço de qualidade duvidosa.

4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R. G.; BASTIAANSSEN, W.; TASUMI, M; MORSE, A. Evapotranspiration on the Watershed Scale Using the SEBAL Model and Landsat Images. **ASAE Annual International Meeting**, Sacramento, California, USA. Paper Number: 01-2224, 2001.

ALMEIDA, J. **Da ideologia do progresso à idéia de desenvolvimento (rural) sustentável**. In: Almeida, J. & Navarro, Z. Reconstruindo a agricultura – idéias ideais na perspectiva do desenvolvimento rural sustentável. Porto Alegre: UFRGS, 1995. p. 33 – 55.

ALTIERI, Miguel. **Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável**. 2^a ed. Porto Alegre: ed. Universidade, 2000.

BASTIAANSSEN, W. G. M. **Regionalization of surface flux densities and moisture indicators in composite terrain**. Ph.D. Thesis, Waeningem Agricultural University, Wageningen, Netherlands, 273p., 1995.

BASTIAANSSEN, W. G. M.; MENENTI, M.; FEDDES, R. A.; HOLTSLAG, A. A. M. A **remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL)** 1. Formulation. *Journal of Hydrology*, v. 212-213, p. 198-212, 1998.

BASTIAANSSEN, W. G. M; MOLDEN, D. J; THIRUVENGADACHARI, S; SMIT, A.A.M.F.R.; MUTUWATTE, L. & JAYASINGHE, G. **Remote Sensing and hydrological models for performance assessment in Sirsa Irrigation Circle, India. Research Report 27**, Colombo, Sri Lanka, International Water Management Institute. 29p. 1999.

BASTIAANSSEN, W. G. M. **SEBAL - based sensible and latent heat fluxes in the irrigated Gediz Basin, Turkey**. *Journal of Hydrology*, v. 229, p. 87-100, 2000.

BRANDENBURG, Alfio. **Agricultura familiar, ONGs e desenvolvimento sustentável**. Curitiba: ed. Da UFPR. 1999.

BRÜSEKE, Franz Josef. **O problema do Desenvolvimento Sustentável**, In: CAVALCANTI, Clovis (org). Desenvolvimento e natureza: estudo para uma sociedade sustentável. São Paulo: Cortez, Recife, PE: Fundação Joaquim Nabuco, 1998.

CAPORAL, F. R. e COSTABEBER, J. A. **Agroecologia: alguns preceitos e princípios**. Brasília: MDA/SAF/DATER-IICA, 2004. 24p.

CAVALCANTI, Clovis. **Sustentabilidade da economia: paradigmas alternativos da realização econômica**. In: CAVALCANTI, Clovis (org). Desenvolvimento e natureza: estudo

para uma sociedade sustentável. São Paulo: Cortez; Recife, PE: Fundação Joaquim Nabuco. 1998.

COSTA, Manoel. P. B. **Agroecologia: uma alternativa viável às áreas reformadas e à produção familiar**, Reforma Agrária 23 (1): 53 – 69, jan / abr. 1993.

CUNHA, G. R.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M. A. et al. **Balanço de energia em cultura de milho**. Revista Brasileira de Agrometeorologia. Santa Maria, v.4, n.1, p.1-14, 1996.

DAAMEN, C. C.; DUGAS, W. A.; PRENDERGAST, P. T. et al. **Energy flux measurements in a sheltered lemon orchard**. Agricultural and Forest Meteorology. Amsterdam, v.93, p.171-183, 1999.

DOOREMBOS, J.; PRUITT, J. O. **Guidelines for predicting crop water requirements**. Rome: FAO, 1977. 179p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 24).

EHLERS, E. **Possíveis veredas da transição à agricultura sustentável**, Jaguariúna, jul./dez., p. 12 – 22, 1995.

EHLERS, Eduardo. **Agricultura sustentável: origens e perspectivas de um novo paradigma**. 2ª ed. Guaíba: Agropecuária, 1999.

ERBERT, M. **Investigações sobre o uso de dados hiperespectrais na classificação de espécies agrícolas com respostas espectrais muito semelhantes**. 2001. 120f. Iissertação (Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto-CEPRSM), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

FELLENBERG, G. **Introdução aos problemas da poluição ambiental**. São Paulo: EPU, 1980, 196 p.

FILHO, J. F. C. **Avaliação dos componentes do balanço de energia e evapotranspiração em região semi-árida usando imagens orbitais Landsat-5 TM e Terra-Modis**. Tese de doutorado. Campina Grande, 2005.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. 2. ed. Porto Alegre: Universidade/UFRGS, 2001.

GRANGER, R. J. **Satellite-derived estimates of evapotranspiration in the Gediz basin**. Journal of Hydrology, v. 229, p. 70-76, 2000.

HUETE, A. R. **A soil-adjusted vegetation index (SAVI)**. Remote Sensing of Environment. 25: 89-105. 1988.

JACKSON, R. D.; PINTER, Jr. P. J.; REGINATO, R. J. **Net Radiation Calculated from Remote Multispectral and Ground Station Meteorological Data**. Agricultural and Forest Meteorology, 35: p.153-164, 1985.

JACKSON, R. D.; M. S. MORAN, L. W. GAY, and L. H. RAYMOND. **Evaluating evaporation from crops using airborne radiometry and ground-based meteorological data**. Irrigation Science.v.8, p.81-90 1987.

KITAMURA, P. C. **Agricultura e o desenvolvimento sustentável**. Agricultura Sustentável, Jaguariúna, jan./abr., p. 27 – 32, 1994.

KUSTAS, W. P.; CHOUDHURY B. J.; MORAN, M. S.; REGINATO, R. J.; JACKSON, R. D.; GAY, L.W.; WEAVER, H.L. **Determination of sensible heat flux over sparse canopy using thermal infrared data**. Amsterdam, Agricultural and Forest Meteorology. v.44, p.197-216, 1989.

KUSTAS, W. P; MORAN. S. M; JACKSON, R. D; GAY, L. W; DUELL, L. F. W; KUNKEL, K. E; MATTHIAS, A. D. **Instantaneous and Daily Values of the Surface Energy Balance over Agricultural Fields Using Remote Sensing and a Reference Field in an Arid Environment**. Remote Sensing of Environment. v.32, p.125- 141, 1990.

LILLESAND, T. M., KIEFER, R. W., 1987. **Remote sensing and image interpretation**. John Wiley and Sons, Inc. New York: J. Wiley, 850p.

LOPES, P. M . O. **Evapotranspiração da mangueira na região do sub-médio São Francisco**. 1999. 108f. Campina Grande. (Dissertação de Mestrado)-Centro de Ciências e Tecnologia, Departamento de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande-PB, 1999.

MENENTI, M.; BASTIAANSSEN, W.; EICK, D.van; KARIM, M.A.A. el. **Linear relationships between surface reflectance and temperature and their application to map actual evaporation of ground water**. Great Britain. Adv. Space Res. v. 9, n.1, p.165-176, 1989.

MORAN, M. S.; KUSTAS, W. P.; VIDAL, A.; STANNARD, D. I.; BLANFORD, J.H.; NICHOLS, W .D. **Use of Ground-based remotely sensed data for surface energy balance evaluation of a semiarid rangeland**. Water Resources Research, v. 30, n.5. p.1339-1349, 1994.

MOURA, M. S. B. de. **Fenologia e consumo hídrico da goiabeira (*Psidium guajava L.*) irrigada**. 2001. 124f. Dissertação (Mestrado em Agrometeorologia), Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande-PB, 2001.

NOVO, E. M., 1989. **Sensorimento remoto: princípios e aplicações**. São Paulo. Edgard Blucher. 307p.

OLIOSO, A. **Estimating the difference between brightness and surface temperatures for a vegetal canopy**. Agricultural and Forest Meteorology. v. 72, p.237-242, 1995.

PEREIRA, A. R., NOVA, N. A. V., SEDIYAMA, G. C. **Evapo (transpi) ração**. FEALQ, Piracicaba, 1997.

ROMERO, Ademar Ribeiro. **Meio ambiente e dinâmica de inovações na agricultura**. São Paulo; Annablume. FAPESP. 1998.

SACHS, Ignacy. **Desarrollo sustentable, bio-industrialización descentralizada y nuevas configuraciones rural-urbanas. Los casos de India y Brasil**. Pensamiento Iberoamericano 46, 1990. p. 235 – 256.

SAKTHIVADIVEL, R.; THIRUVENGADACHARI, S.; AMERASINGHE, U.; BASTIAANSSEN, W. G. M.; MOLDEN, D. J. **Performance evaluation of the Bhakra, India, using remote sensing and GIS techniques**, Research Report 28, International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka. 22p.1999.

SILVA, B. B. da.; RAO, T. V. R.; AZEVEDO, P. V. de. & SOUZA, C. B. **Qualificação de estresse hídrico em algodoeiro herbáceo com termometria infravermelho**. Revista Brasileira de Agrometeorologia. v.1, p.45-51, 1995.

SILVA, B. B. da; SLACK, D. C.; KILBY, M. W.; HLA, A. K. **Water requirements of table grapes in arid site**. In: 24th, Conference on Agricultural and Forest Meteorology, Davis, California. Proceedings, American Meteorological Society, p.20-21. 2000.

TEIXEIRA, A. H. de., AZEVEDO, P. V. de.; SILVA, B.B. da.; SOARES, J. M. **Balanço de Energia na cultura da videira, cv. Itália**. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v.5, p.137-141, 1997.

VÁZQUEZ, D.P.; REYES, F.J.O.; ARBODELAS, L.A. **A comparative study of algorithms for estimating land surface temperature from AVHRR data**. New York, Remote Sensing of Environment. v.62, p.215-222, 1997.

5. CAPÍTULO I

CONSIDERAÇÕES SOBRE O PRODUTOR RURAL NO PERÍMETRO IRRIGADO CALIFÓRNIA, CANINDÉ DO SÃO FRANCISCO – SE

RESUMO

SABINO, Fabiana Gonçalves. **Considerações Sobre o Produtor Rural no Perímetro Irrigado Califórnia, Canindé do São Francisco – SE.** São Cristóvão: UFS, 2008. Dissertação de Mestrado em Agroecossistemas

O presente estudo teve como objetivo analisar algumas características dos produtores rurais do Perímetro Irrigado Califórnia quanto aos aspectos relevantes envolvidos na atuação socioambiental do projeto de irrigação e saber qual a influência que o grau de instrução, bem como as características da produção sobre essa visão. Foi realizado no município de Canindé do São Francisco – SE durante o mês de outubro de 2007 com 71 entrevistas por meio de um questionário semi-estruturado em lotes de quatro setores do referido perímetro. Os dados foram processados no software SPSS for Windows 13.0 e analisados pelas freqüências das respostas. Concluiu-se que a maioria dos agricultores entrevistados é do sexo masculino com o ensino fundamental incompleto. A espécie produzida pela maioria dos entrevistados é o quiabo, e o maior problema enfrentado no perímetro é a presença e atravessadores que dificultam a comercialização desta cultura. A qualidade da água do perímetro é considerada de boa a ótima pelos homens, enquanto que as mulheres qualificam como péssima devido ao fato de levarem em consideração a utilização desta água para o consumo caseiro.

Palavras-chave: Perímetro Irrigado Califórnia, Produtor rural.

ABSTRACT

SABINO, Fabiana Gonçalves. **Considerações Sobre o Produtor Rural no Perímetro Irrigado Califórnia, Canindé do São Francisco – SE.** São Cristóvão: UFS, 2008. Dissertação de Mestrado em Agroecossistemas

The present study had as objective analyzes some characteristics of the rural producers of the Irrigated Perimeter California with relationship to the important aspects involved in the performance socioambiental of the irrigation project and knowledge which the influence that the instruction degree, as well as the characteristics of the production on that vision. It was accomplished in the municipal district of Canindé of San Francisco - SE during the month of October of 2007 with 71 interviews through a questionnaire semi-structured in lots of four sections of the referred perimeter. The data were processed in the software SPSS it goes Windows 13.0 and analyzed by the frequencies of the answers. It was ended that most of the farmers interviewees is of the masculine sex with the incomplete fundamental teaching. The species produced by most of the interviewees it is the okra, and the largest problem faced in the perimeter it is the presence that hinder the commercialization of this culture. The quality of the water of the perimeter is considered of good the great for the men, while the women qualify as terrible due to the fact of they take in consideration the use of this water for the homelike consumption.

Key words: Irrigated Perimeter California, Rural Producer

5.1 Introdução

A preocupação com as novas tecnologias agrícolas sempre foi preponderante nas atividades de extensão, e foi, muitas vezes, considerada a sua única razão de ser. Assim, os chamados “temas sociais”, apesar de presentes no cotidiano do trabalho, acabaram sendo pouco discutidos. Estamos nos referindo àqueles temas, que, em conjunto com as mudanças na tecnologia de produção agrícola, compõem uma pauta de mudanças para o meio rural, em direção a um desenvolvimento efetivamente sustentável, em suas várias dimensões.

Entender a forma como se organizam os grupos sociais com os quais lida a extensão rural, no seu fazer produtivo, na vida comunitária, na relação com o poder público, nas diversas esferas da vida cotidiana, são pressupostos que devem orientar o trabalho geral da extensão. O “social” tratado aqui certamente abrange a dimensão produtiva e econômica, não só na preocupação com os resultados físicos ou financeiros, ou no entendimento do porquê se adota ou não uma certa tecnologia; mas na forma como se organiza essa produção, nas relações de poder que estruturam a ação das pessoas, nas implicações que os processos de organização trazem para as mudanças concretas na vida de todos.

O reconhecimento de que os recursos naturais são finitos e de que a promoção ativa do desenvolvimento sustentável do planeta é imprescindível à sobrevivência da espécie humana tem obrigado a humanidade a repensar o modo como se relaciona com o mundo em que vive.

Uma das principais atividades que expressam essa relação é a agricultura. Muito tem sido feito em seu nome: devastação de florestas, extinção de espécies, contaminação dos recursos hídricos, poluição da atmosfera, desperdício de energia.

Nesse contexto, identificam-se os primeiros indivíduos que buscam produzir alimentos de maneira mais consciente. Esse processo inclui a busca do equilíbrio entre as necessidades individuais, as possibilidades ambientais e as necessidades sociais. Nesse sentido, o produtor rural passa a considerar os aspectos de rentabilidade econômica da atividade ao lado dos impactos sobre o meio ambiente e sociedade.

O uso racional dos recursos naturais é um dos aspectos relevantes que tem contribuído para a mudança do perfil do agricultor brasileiro.

Após mais de 20 anos de presença da DEHIDRO na região do Baixo São Francisco e de funcionamento do perímetro irrigado Califórnia, implantado sob a égide da modernização da agricultura e alimentadores do sonho da abundância e do desenvolvimento, sentiu-se a necessidade de proceder a análise dos resultados desse projeto em suas múltiplas dimensões.

Dois eixos de reflexão conduzem o presente texto: O contexto sócio-ambiental e a situação atual do perímetro, pois a partir deles é possível levantar-se uma série de indagações

sobre desenvolvimento e meio ambiente na região do Baixo São Francisco sergipano, em especial no que tange a utilização dos recursos hídricos.

5.2 Material e Métodos

Foram realizadas 71 entrevistas junto aos proprietários dos lotes, com base em um questionário semi-estruturado com questões “abertas” e “fechadas”, em lotes de quatro setores do perímetro irrigado. (Anexo).

Foi determinado um cálculo de amostragem baseado no número total de lotes e uma margem de erro de 10%. (Fórmulas 5.1 e 5.2):

$$n_0 = \frac{1}{E_0^2} \quad (5.1)$$

em que n_0 é uma pequena aproximação para o tamanho da amostra e E_0 é o erro amostral tolerável.

Conhecendo o tamanho N da população, pode-se corrigir o cálculo anterior, por:

$$n = \frac{N \cdot n_0}{N + n_0} \quad (5.2)$$

em que n é o tamanho (número de elementos da amostra) e N é o tamanho (número de elementos da população).

A coleta de dados foi realizada durante o mês de outubro de 2007 e os dados foram processados pelo software *Statistical Package for Social Sciences* (SPSS for Windows 13.0). Os resultados foram obtidos analisando-se as freqüências (porcentagem) das respostas dadas pelos entrevistados.

5.3 Resultados e discussão

A maioria dos entrevistados (76,8%) era do sexo masculino e as mulheres entrevistadas, quase na sua totalidade, eram esposas dos proprietários dos lotes.

Noventa e quatro vírgula dois por cento residem na propriedade com suas famílias.

Do grau de instrução dos entrevistados, 59,4% possuem o nível fundamental incompleto; 27,5% possuem a alfabetização; 8,7% são analfabetos e os níveis fundamental completo, médio completo e técnico apresentaram uma porcentagem 1,4% cada (Figura 4).

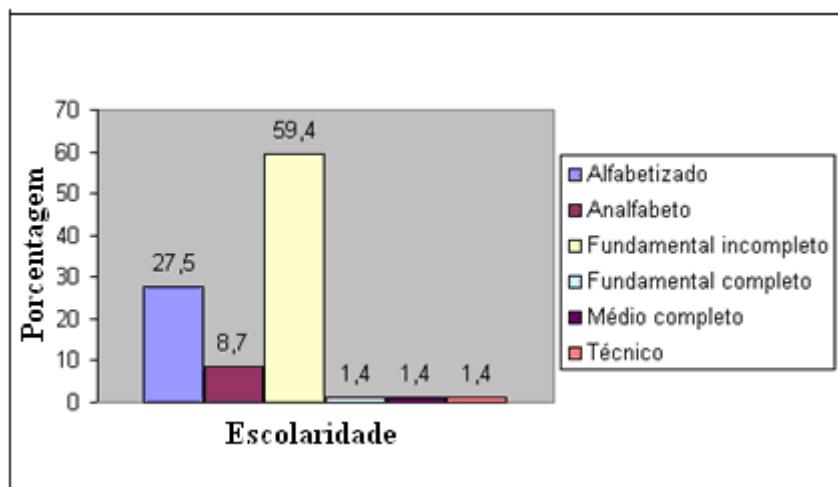


FIGURA 4. Escolaridade dos produtores entrevistados no Perímetro Irrigado Califórnia.

O total de horas diárias trabalhadas pela família no lote indicam que 4,3% dos entrevistados trabalham até 6 horas por dia; 27,5% trabalham até 8 horas por dia; 36,2% trabalham até 10 horas por dia, e 31,9% trabalham até 12 horas por dia (Figura 5).

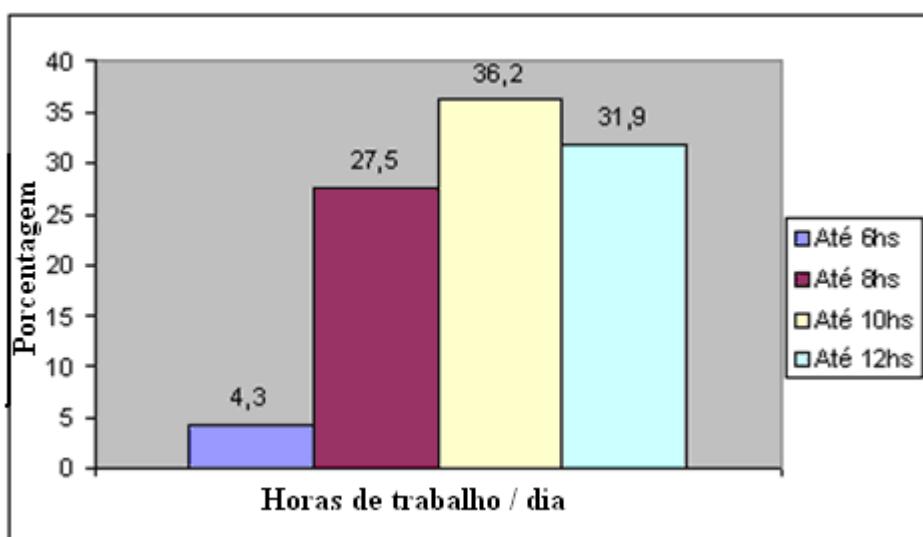


FIGURA 5. Horas diárias trabalhadas no lote pelos produtores entrevistados no Perímetro Irrigado Califórnia.

Constatou-se que 46,4% dos produtores participam da cooperativa local. Notou-se por parte daqueles entrevistados que responderam negativamente à questão (56,3%) apresentaram uma postura de falta de confiabilidade ou credibilidade na instituição, alegaram também que a presença da cooperativa na região não influenciava em nada na melhoria do projeto.

O quiabo é a espécie cultivada por 67% dos produtores, seguida do feijão de corda com 46%; goiaba representa 28%; macaxeira e milho 23%. As demais culturas citadas tiveram uma representação mínima, abaixo de 4%, a saber: banana, hortaliças, tomate, abóbora, coco, manga, acerola, feijão pimentão, repolho e uva (Figura 6).

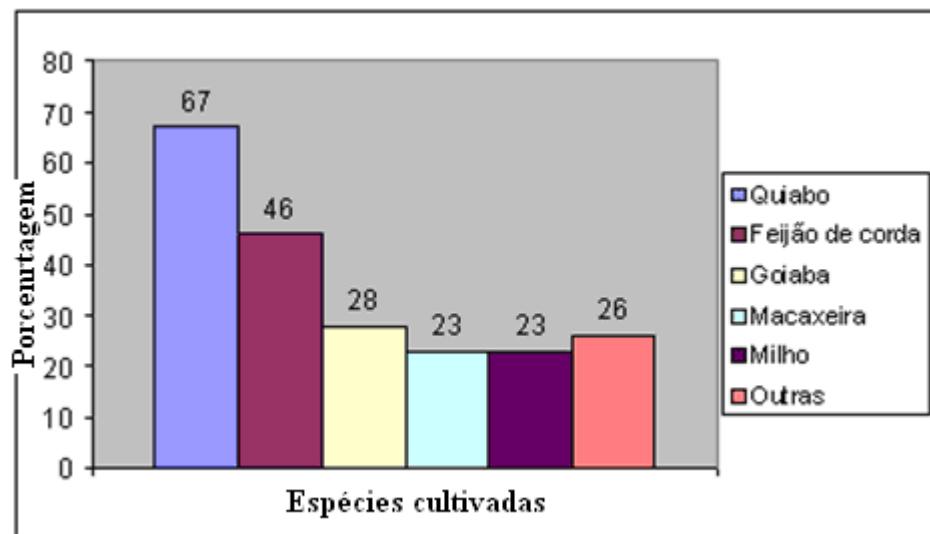


FIGURA 6. Espécies cultivadas pelos agricultores entrevistados no perímetro Irrigado Califórnia.

Apesar de existir uma proposta na escolha da cultivar pelo projeto, no caso a cultura do quiabo, os agricultores cultivam outras espécies em seus lotes de acordo com outros parâmetros. O parâmetro mais apontado pelos entrevistados no que se refere à escolha dos cultivares é a produção rápida, com um percentual de 34,8%. A comercialização representa 8,7% das respostas; proposta do projeto 27,5% e a tradição aparece com 29% (Figura 7).

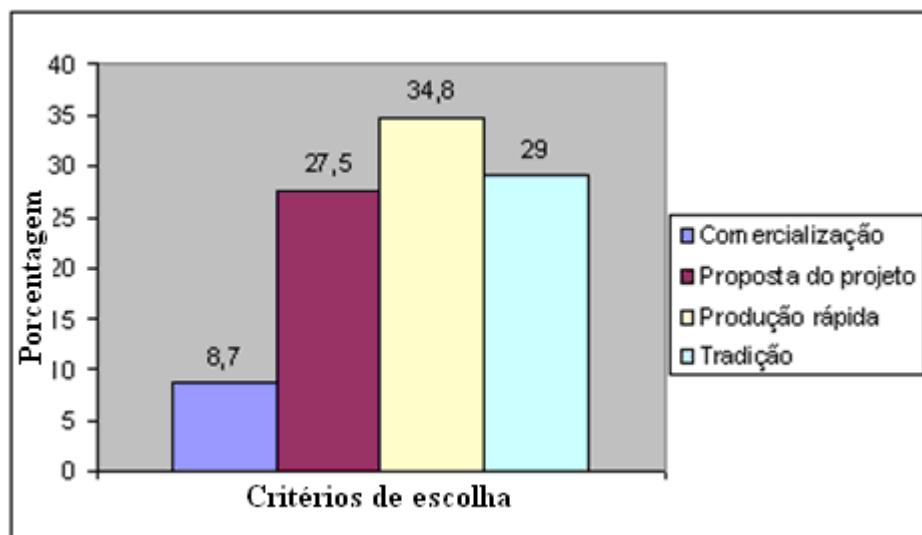


FIGURA 7. Critérios utilizados pelos entrevistados do Perímetro Irrigado Califórnia para a escolha de uma cultura.

É importante analisar a relação entre o critério de escolha e a espécie cultivada. De acordo com os entrevistados, a comercialização e a tradição foram os critérios adotados pelos agricultores que cultivam o milho, o feijão de corda e a macaxeira; já para os entrevistados que

plantam goiaba o parâmetro mais apontado foi a proposta do projeto; e a produção rápida foi o critério de escolha daqueles que possuem o quiabo como principal espécie cultivada.

No que se refere à origem dos produtores entrevistados, 37,7% são oriundos de Alagoas; 13% vieram de Pernambuco; 5,8% são nativos da Bahia; 1,4% do Goiás; 2,9% do Estado de São Paulo; 1,4% da Paraíba e 37,3% representam os entrevistados que vieram de várias localidades de Sergipe, a saber: Poço Redondo, Aquidabã, Cedro de São João, Feira Nova, Malhador, Ribeirópolis, São Cristóvão, São Miguel do Aleixo, Monte Alegre, Capela e Nossa Senhora da Glória.

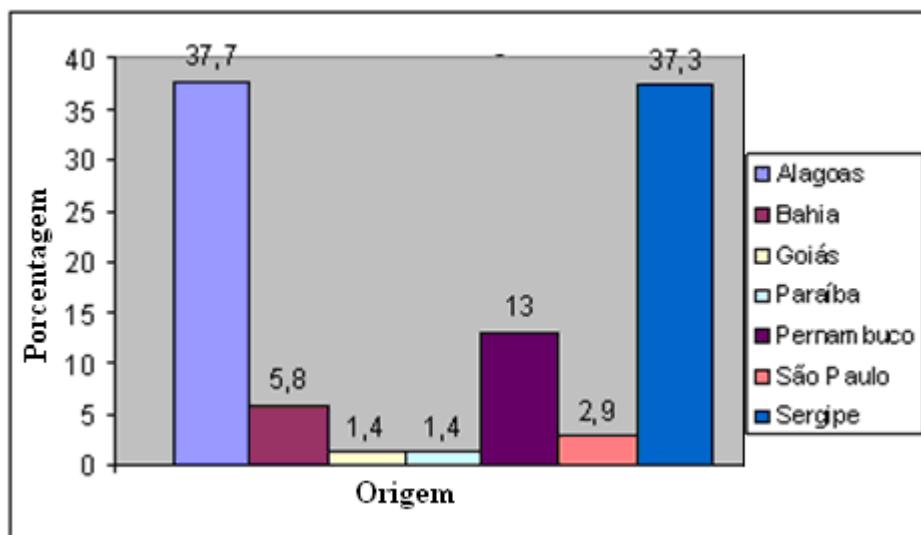


FIGURA 8. Origem dos produtores entrevistados do Perímetro Irrigado Califórnia.

Constatou-se que 10% dos entrevistados não eram agricultores em suas localidades de origem, e que os demais tinham como atividades principais o cultivo do milho em sequeiro, compreendendo 52% e o feijão em sequeiro, com 51%. As demais atividades citadas foram representadas com porcentagem inferiores a 6%, a saber: algodão, gado (leite), macaxeira, arroz, cenoura, flores, hortaliças, maracujá, palma, pimentão e tomate. Vale destacar que 29% dos entrevistados cultivavam, em seus locais de origem, as mesmas espécies que hoje são produzidas no lote do perímetro (Figura 9).

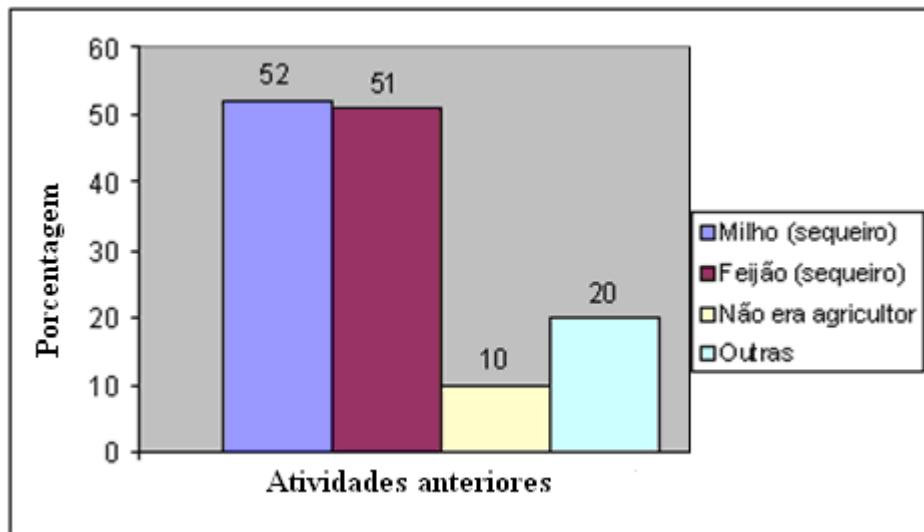


FIGURA 9. Atividades anteriores ao Perímetro Irrigado Califórnia.

Do tempo de permanência no perímetro, 7,1% representam os entrevistados que estão no projeto de 1 a 5 anos; 11,5% de 6 a 10 anos; 30,4% de 11 a 15 anos; 17,3% de 16 a 19 anos, e os pioneiros (20 anos de permanência) são representados por 36,2% dos agricultores entrevistados (Figura 10).

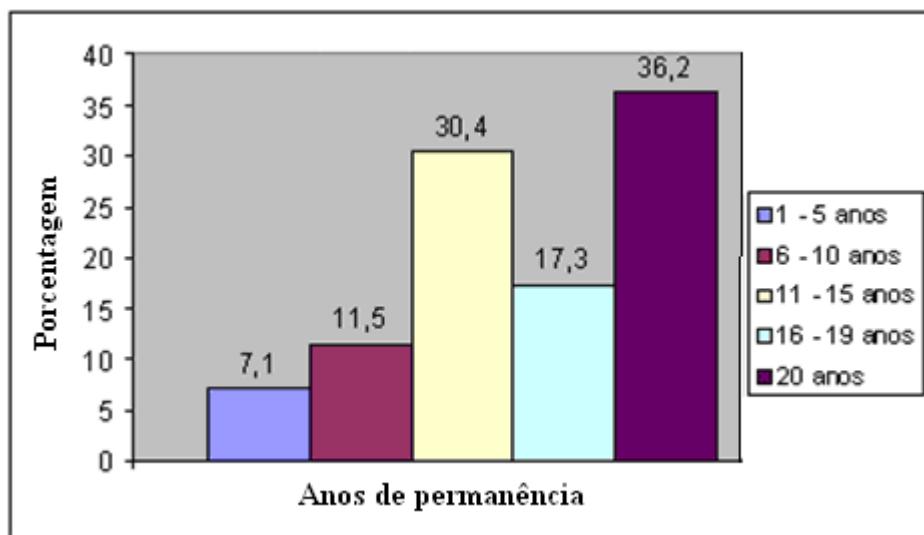


FIGURA 10. Anos de permanência dos entrevistados no Perímetro Irrigado Califórnia.

Constatou-se que 52,2% dos entrevistados alegaram ser boa a qualidade da água no perímetro; 15,9% admitiram que a qualidade da água era ruim mas que melhorou muito após a atual administração; 2,9% acham ótima a qualidade da água disponibilizada pelo perímetro; 15,9 % disseram que a água é péssima para o consumo; 5,8% dos entrevistados acham ruim e 7,2% admitiram ser regular a qualidade da água utilizada no perímetro. Vale destacar que dos entrevistados que responderam boa e ótima a esta questão são em sua maioria homens, e os que

responderam péssima para o consumo são em sua maioria mulheres. Esta observação se dá pelo fato de os homens apenas levarem em consideração a água para a irrigação do lote; entretanto, as mulheres também consideraram a água para o consumo caseiro, e todas alegaram que o açude estava sendo freqüentado por banhistas, o que diminuía a qualidade da água para o consumo.

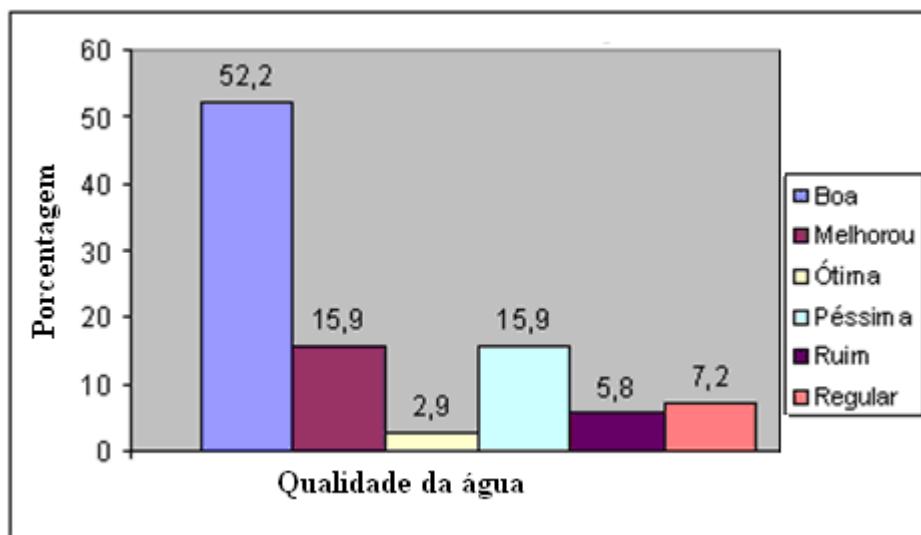


FIGURA 11. Qualidade da água segundo os entrevistados do Perímetro Irrigado Califórnia.

Sessenta e seis vírgula sete por cento dos entrevistados disseram que não foi feita coleta de solo para análise nos últimos cinco anos; 97% usam trator em seus lotes; 94% aplicam defensivos químicos e 80% usam adubo.

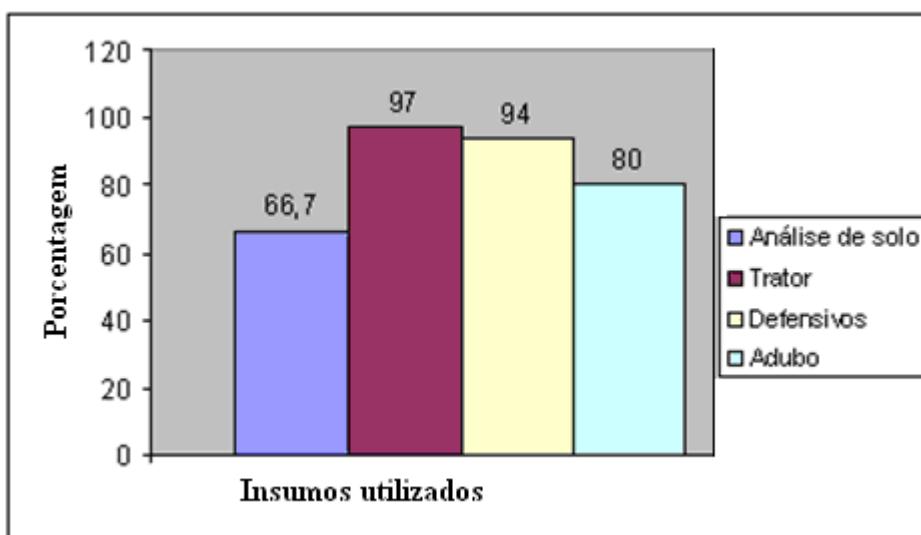


FIGURA 12. Utilização de insumos agrícolas pelos entrevistados do Perímetro Irrigado Califórnia.

Dentre os principais problemas enfrentados no perímetro para manter a lavoura, o preço baixo, principalmente no caso do quiabo, foi citado por 26% dos entrevistados; a comercialização foi representada em 25% das respostas; a falta de organização no perímetro, principalmente no caso da cooperativa, foi o problema exposto por 23% dos entrevistados; 19% dos agricultores entrevistados alegaram estarem satisfeitos; 14% reclamaram da limitação da água para a irrigação; 13% citaram que a falta de financiamento era o principal problema enfrentado; os atravessadores foram representados por 10% das respostas; 7% disseram que era a qualidade da água o maior problema; 4% acham que a inatividade da fábrica de beneficiamento de goiaba está prejudicando-os; os problemas de pragas e produção insuficiente foram representados por 1% cada e 1% dos entrevistados acha que os problemas do perímetro melhoraram muito após a administração atual.

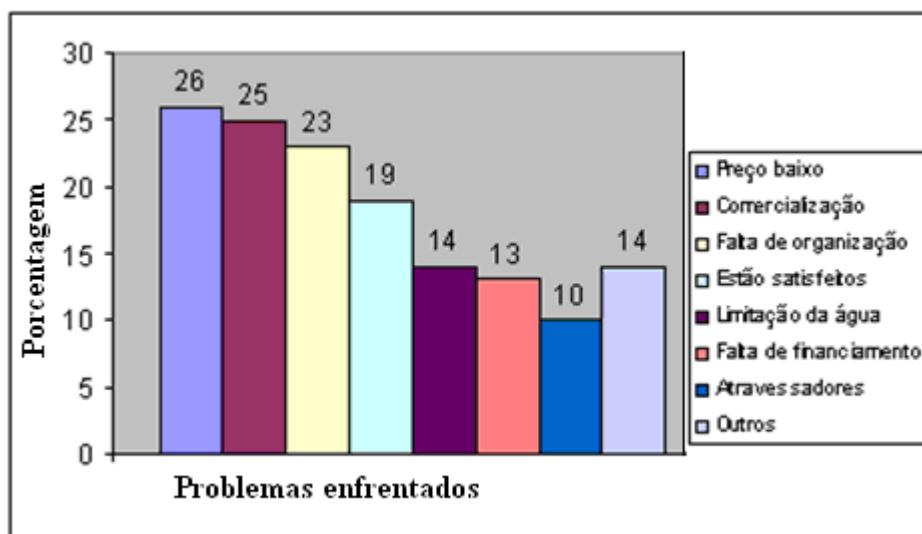


FIGURA 13. Principais problemas enfrentados pelos entrevistados do Perímetro Irrigado Califórnia.

Quando perguntados se pretendiam que seus filhos assumissem o lote, 5,8% dos entrevistados responderam que não, 87% que sim e 7,2% alegaram estar indecisos, o que mostra que, apesar dos problemas citados por eles, a vontade da permanência no projeto é muito alta.

Carvalho (1999) através de leitura de paisagem e associada a entrevistas semi-estruturadas realizadas aleatoriamente em duas regiões específicas com forte predominância da agricultura familiar do Estado de São Paulo identificou os principais sistemas de produção e estabeleceu a tipologia dos produtores da região. Nas duas áreas, a principal atividade agropecuária é a produção de leite. Foi identificado que as famílias compensam a baixa produtividade leiteira por se apropriarem das margens de comercialização, praticando a venda direta ao consumidor.

Kuranaga et al. (2007) apoiados em entrevistas com os atores individuais e coletivos envolvidos no programa de varejões populares do município de Araraquara (SP) e em análise dos dados provenientes de pesquisas de campo, principalmente sob a forma de entrevistas abertas e questionários semi-estruturados, levantaram indicadores qualitativos e quantitativos do funcionamento do programa concomitantemente com a dinâmica dos diagnósticos participativos, instrumento de larga utilização por órgãos oficiais e não-governamentais, no trato com os atores individuais e coletivos, em geral. Uma característica dos produtores familiares é plantar vários tipos de alimentos, ora para satisfação de seu consumo pessoal, ora com objetivos comerciais. A maioria declarou que seu principal ponto de comercialização é a feira, que por si só é um lugar propício a escoar a diversidade produzida. Ao se analisar os dados percebe-se que: em relação à venda e ao autoconsumo, a feira gera uma renda corrente que garante o sustento cotidiano dessas famílias, complementadas pelo autoconsumo do que se produz no sítio. Pela análise dos dados relativos à mão-de-obra, constata-se que a produção familiar, em alguns casos, utiliza mão-de-obra não-familiar o que contribui para emprego e meios de sobrevivência de pessoas externas ao núcleo familiar.

5.4. Conclusões

- 1) De acordo com a análise dos dados, nota-se que os produtores rurais do Perímetro Irrigado Califórnia não participam da cooperativa local por falta de interesse ou falta de credibilidade da instituição, o que justifica a falta de união e organização dos agricultores como um dos principais problemas enfrentados no perímetro.
- 2) O quiabo é a espécie cultivada pela maioria dos entrevistados principalmente pelo fato de sua produção ser rápida, apesar de que sua comercialização é dependente de atravessadores que na maioria das vezes recebem a produção sem preço definido e repassam a renda aos agricultores somente depois da venda. Esta característica da comercialização no perímetro reflete uma condição de extrema dependência e estagnação financeira dos produtores.
- 3) A origem dos agricultores demonstra que a maioria veio do sistemas de produção de sequeiro principalmente em áreas do sertão alagoano e pernambucano.
- 4) A qualidade da água utilizada no perímetro é bastante questionada principalmente quanto à sua utilização para o consumo doméstico. Constatou-se que os entrevistados do sexo masculino apenas se posicionaram quanto à qualidade da água usada na irrigação da lavoura, enquanto que as mulheres em sua totalidade se preocupavam com a qualidade da água usada no consumo doméstico. Os homens responderam de boa a ótima, e as mulheres, péssima.

5) Dentre os principais problemas enfrentados por estes agricultores estão o preço baixo da produção, principalmente no caso do quiabo, e a falta de organização e de união dos produtores. Ficou evidente que a comercialização e a presença dos atravessadores é a maior dificuldade enfrentada no perímetro, mas apesar de todos os entraves presentes, a grande maioria apostava no sucesso do projeto e pretendia que seus filhos assumam os lotes dando continuidade à atividade.

5.5. Referências Bibliográficas

BARBETTA, P. A. **Estatística Aplicada às Ciências Sociais**. 5. ed. rev. – Florianópolis: Ed. da UFSC, 2005.

CARVALHO, Y. M. C. **Agricultura familiar e a dinâmica local**. Instituto de Economia Agrícola, São Paulo, 1999.

KURANAGA, A. A.; ALMEIDA, L. M. M. C.; FERRANTE, V. L. S. B.; BERGAMASCO, S. M. P. P. **REDES DE SEGURANÇA ALIMENTAR E AGRICULTURA FAMILIAR: o “Programa Direto do Campo” do Município de Araraquara, Estado de São Paulo, como Instrumento de Desenvolvimento Local**. Informações Econômicas, SP, n. 11, nov. 2007.

SILIPRANDI, E. **Desafios para a extensão rural: o “social” na transição agroecológica**. Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável, Porto Alegre, v. 3, n. 3, Jul/Set 2002.

SILVA, T. E. M; LOPES, E. S. A. **Múltiplos Olhares sobre o Semi-Árido Nordestino**. Aracaju: Fundação de Amparo à Pesquisa de Sergipe, 2003.

VARGAS, M. A. M. **Desenvolvimento Regional em Questão: O Baixo São Francisco Revisitado**. São Cristóvão, SE: UFS, NPGEOL, 1999.

6. CAPÍTULO 2

AVALIAÇÃO DOS COMPONENTES DO BALANÇO DE RADIAÇÃO E ENERGIA NO PERÍMETRO IRRIGADO CALIFÓRNIA, CANINDÉ DO SÃO FRANCISCO – SE

RESUMO

SABINO, Fabiana Gonçalves. **Avaliação dos Componentes do Balanço de Radiação e Energia no Perímetro Irrigado Califórnia, Canindé do São Francisco - SE.** São Cristóvão: UFS, 2008. Dissertação de Mestrado em Agroecossistemas

O objetivo deste estudo foi avaliar os componentes do balanço de energia no Perímetro Irrigado Califórnia localizado no município de Canindé do São Francisco – SE usando dados de imagens do satélite Landsat 5 – TM. Os parâmetros foram calculados através de etapas do SEBAL – Surface Energy Balance Algorithm for Land com a utilização do software ERDAS IMAGINE 8.7. Através de variáveis como albedo da superfície, índices de vegetação e temperatura da superfície determinou-se o saldo de radiação, cujos valores médios foram 565 W m^{-2} para o dia 08/04/2005 e $585,3 \text{ W m}^{-2}$ para o dia 07/12/2006. A partir do saldo de radiação estimou-se o fluxo de calor no solo, o fluxo de calor sensível e o fluxo de calor latente que apresentou os valores de 402 W m^{-2} para a data de 08/04/2005 e $365,5 \text{ W m}^{-2}$ para o dia 07/12/2006.

Palavras chave: Balanço de energia, Perímetro Irrigado Califórnia, SEBAL.

ABSTRACT

SABINO, Fabiana Gonçalves. **Avaliação dos Componentes do Balanço de Radiação e Energia no Perímetro Irrigado Califórnia, Canindé do São Francisco - SE.** São Cristóvão: UFS, 2008. Dissertação de Mestrado em Agroecossistemas

The objective of this study went evaluate the components of energy balance in the Irrigated Perimeter California located in the municipal district of Canindé of São Francisco - SE using data of images of the satellite Landsat 5 - TM. The parameters were calculated through stages of SEBAL - Surface Energy Balances Algorithm for Land with to use of the software ERDAS IMAGINES 8.7. through variables as albedo of the surface, vegetation indexes and temperature of the surface was determined the radiation balance, whose medium values went 565 W m^{-2} to the 08/04/2005 and $585,3 \text{ W m}^{-2}$ for the 07/12/2006. starting from the radiation balance was considered the flow of heat in the soil, the flow of sensitive heat and the flow of latent heat that presented the values of 402 W m^{-2} for the date of 08/04/2005 and $365,5 \text{ W m}^{-2}$ for the 07/12/2006.

Keywords: Sebal; Balance radiation and Perimeter irrigated California

6.1 Introdução

O sensoriamento remoto aplicado à agricultura oferece grandes vantagens, como o oferecimento de ampla cobertura espacial, favorecendo a análise de toda a região e a obtenção de informações que podem ser representadas espacialmente (Bastiaanssen, 2000). Bezerra (2004) cita que os dados obtidos através do sensoriamento remoto para o cálculo dos fluxos de energia que ocorrem na interface solo-vegetação-atmosfera utilizam-se de algoritmos para a obtenção desses elementos. O SEBAL (Surface Energy Balance Algorithm for Land), formulado por Bastiaansen (1995), é um algoritmo que utiliza imagens de satélite e poucos dados de superfície para estimar os fluxos de calor latente, sensível e no solo. Ele é processado por meio de rotinas computacionais que predizem um balanço completo da radiação e da energia ao longo da superfície da Terra. Utiliza imagens coletadas pelo sensor TM do satélite Landsat 5 ou qualquer outro sensor que colete nas faixas do infravermelho refletivo e termal. O SEBAL constitui uma nova parametrização para o cálculo dos fluxos de energia à superfície com base em medidas espectrais de sensores à bordo de satélites nas bandas do visível, infravermelho próximo e infravermelho térmico e dados complementares medidos em estações meteorológicas de superfície. Deste modo, este trabalho objetivou estimar os componentes do balanço de radiação e energia à superfície em áreas irrigadas que abrangem parte do semi-árido nordestino, utilizando imagens do sensor TM do satélite Landsat 5.

6.2 Material e Métodos

6.2.1 Imagens de Satélite

Utilizaram-se duas imagens de satélite do Mapeador Temático do Landsat 5, obtidas junto ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), de Cachoeira Paulista-SP, contendo sete bandas espectrais dos dias 08 de abril de 2005 e 07 de dezembro de 2006, órbita 215 e ponto 67. As características de cada banda do TM Landsat 5 estão apresentadas no Quadro 1.

Nas imagens do Landsat dos anos de 2005 e 2006, selecionou-se as áreas de interesse de tal forma que abrangessem alvos perfeitamente identificados para realização do estudo, tais como: áreas irrigadas, solo exposto, área de caatinga e o Rio São Francisco.

O recorte para as duas imagens foi feito utilizando-se o software ERDAS Imagine 8.7, e que resultou nos retângulos com as seguintes coordenadas geográficas: canto superior esquerdo ($38^{\circ}02'01,28''$ oeste e $9^{\circ}33'40,96''$ sul); canto inferior esquerdo ($38^{\circ}01'58''$ oeste; $9^{\circ}46'21,41''$ sul); canto superior direito ($37^{\circ}43'14,98''$ oeste; $9^{\circ}33'37,32''$ sul) e canto inferior direito ($37^{\circ}43'00,05''$ oeste; $9^{\circ}45'20,09'$ sul) para a imagem do dia 08/04/2005 e canto superior

esquerdo ($38^{\circ}01'37,5''$ oeste; $9^{\circ}33'43,11''$ sul); canto inferior esquerdo ($38^{\circ}01'55,76''$ oeste; $9^{\circ}44'18,53''$ sul); canto superior direito ($37^{\circ}43'44,73''$ oeste; $9^{\circ}33'37,43''$ sul); canto inferior direito ($37^{\circ}43'00,74''$ oeste; $9^{\circ}45'37,8''$ sul) para a imagem do dia 07/12/2006.

O sensor TM mede a radiância espectral dos alvos e armazena-os na forma de nível de cinza ou número digital (ND), cujos valores variam de 0 a 255 (8 bits), tendo uma resolução espacial de 30 m x 30 m nas bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7, e de 120 m x 120 m no canal termal, banda 6.

Para converter esses arquivos em imagens, bem como realizar as correções radiométricas das bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 do Landsat-5 TM, utilizou-se o software ERDAS IMAGINE 8.7 e os coeficientes de calibração, respectivamente, conforme a Tabela 1.

TABELA 1. Bandas do Mapeador Temático (TM) do Landsat 5, com os correspondentes intervalos de comprimento de onda, coeficientes de calibração (radiância mínima **a** e máxima **b**) e irradiâncias espectrais no topo da atmosfera (TOA).

Bandas	Comprimento de Onda (μm)	Coeficientes de Calibração (W/m ² /sr/ μm)		Irradiância Espectral no Topo da Atmosfera (W/m ² /sr/ μm)
		a	b	
1 (azul)	0,45 - 0,52	-1,52	193	1957
2 (verde)	0,52 - 0,60	-2,14	365	1829
3 (vermelho)	0,63 - 0,69	-1,17	264	1557
4 (IV-próximo)	0,76 - 0,90	-1,51	221	147
5 (IV-médio)	1,55 - 1,75	-0,37	30,2	219,3
6 (IV-termal)	10,4 - 12,5	1,2378	15,303	-
7(IV-médio)	2,08 - 2,35	-0,15	16,5	74,52

Fonte: Allen et al. 2002

6.2.2 Balanço de Radiação

Para atender aos objetivos do trabalho, foi aplicado o algoritmo SEBAL, um modelo de processamento de imagens de satélite que calcula os fluxos de energia à superfície. O SEBAL é composto de 25 passos computacionais que estimam um completo balanço de radiação e energia. Os dados essenciais de entrada do modelo são a radiância espectral no visível, infravermelho próximo e parte do infravermelho termal do espectro eletromagnético. As radiâncias do satélite são convertidas primeiramente em elementos característicos da superfície tais como, albedo da superfície, índice de área foliar, índices de vegetação e temperatura da superfície. Todas essas características da superfície podem ser derivadas a partir de diferentes tipos de satélite.

O fluxograma que determina os passos necessários para realização do balanço de radiação utilizando-se as imagens do satélite Landsat-5 TM é mostrado na Figura 14.

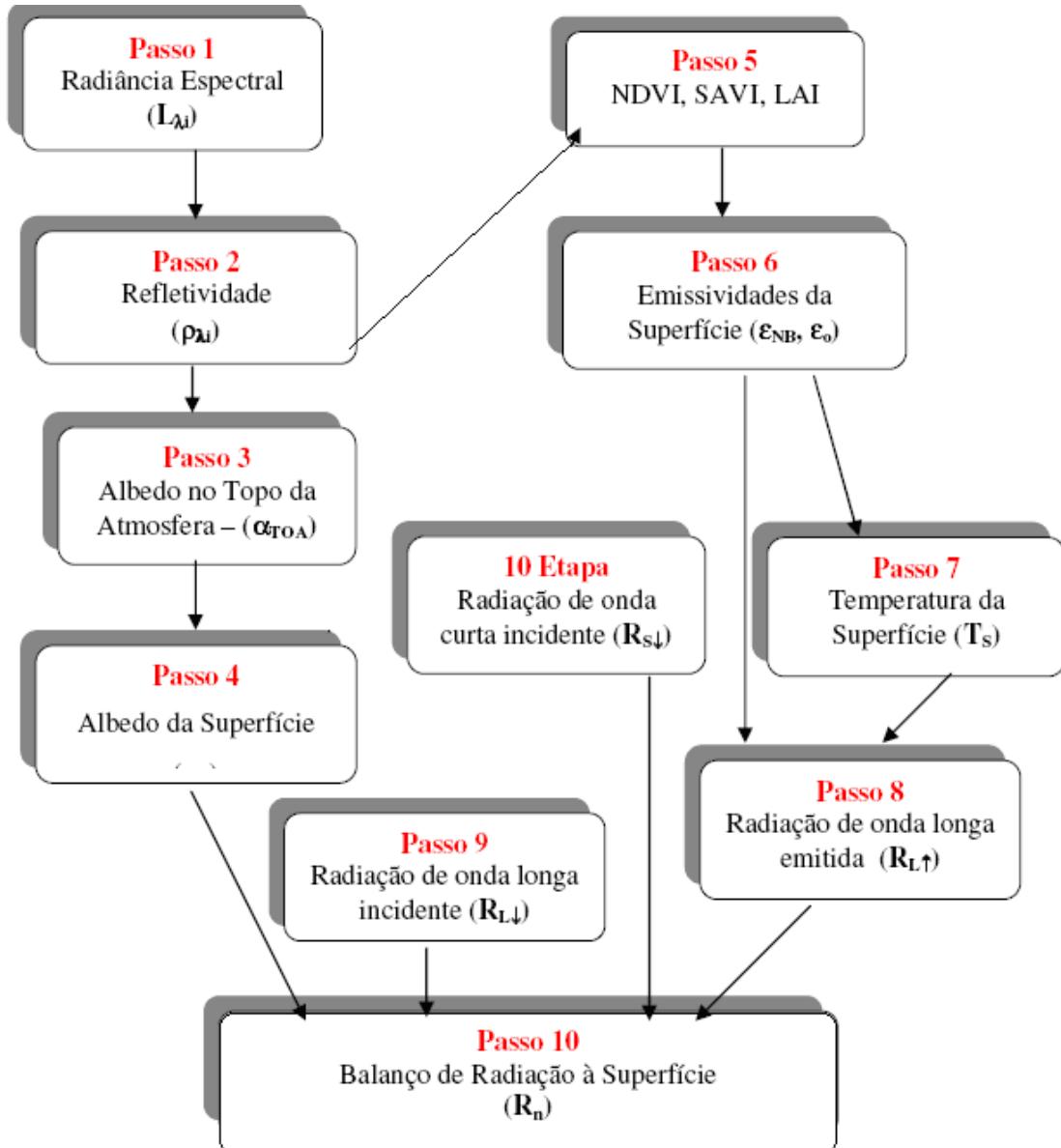


FIGURA 14. Fluxograma dos passos necessários para determinação do balanço de radiação usando o satélite Landsat-5 TM. Adaptado de Allen et al. (2002).

O saldo de radiação à superfície R_n (W m^{-2}) foi estimado utilizando-se a equação do balanço de radiação à superfície, ilustrado pela Figura 15, qual seja:

BALANÇO DE RADIAÇÃO À SUPERFÍCIE

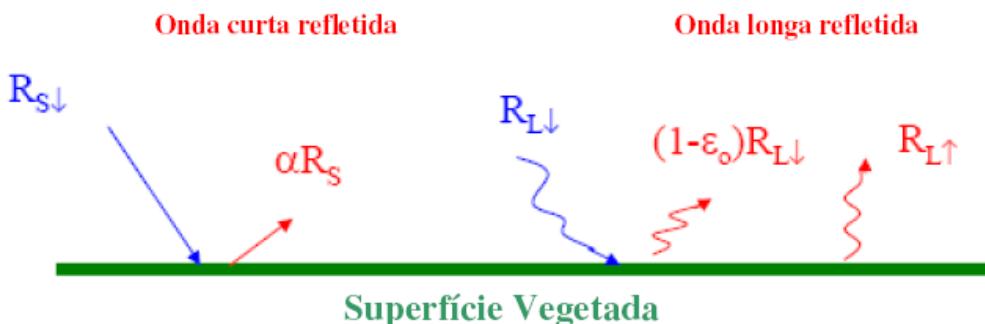
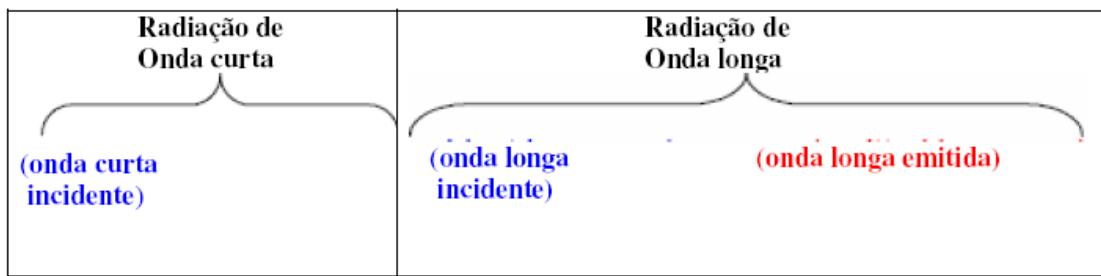


FIGURA 15. Esquema do balanço de radiação à superfície.

$$R_n = (1-\alpha)R_{S\downarrow} + R_{L\downarrow} - R_{L\uparrow} - (1-\varepsilon_o)R_{L\downarrow} \quad (6.1)$$

onde $R_{S\downarrow}$ é a radiação de onda curta incidente, α é o albedo corrigido de cada pixel, $R_{L\downarrow}$ é a radiação de onda longa emitida pela atmosfera na direção da superfície, $R_{L\uparrow}$ é a radiação de onda longa emitida por cada pixel e ε_o é a emissividade de cada pixel.

Balanço de Energia

O fluxo de calor sensível H (W m^{-2}) é a taxa de calor perdida para o ar por convecção e condução, devido a diferenças de temperatura. É, portanto, uma função do gradiente de temperatura, rugosidade da superfície e da velocidade do vento. Esse fluxo é estimado pelo SEBAL com base em propriedades aerodinâmicas da superfície, velocidade do vento medida em estação meteorológica, usando-se uma calibração interna da diferença da temperatura próxima à superfície entre dois níveis e pixels contrastantes. Segundo Bastiaanssen (1998), o fluxo de calor sensível pode ser calculado pela equação 6.2.

$$H = \rho C_p \frac{(dT)}{r_{ah}} \quad (6.2)$$

onde ρ é a densidade do ar (kg m^{-3}) assumida nesse estudo igual a $1,15 \text{ kg m}^{-3}$, C_p é o calor específico do ar à pressão constante ($1004 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$), a e b são constantes de calibração da

diferença de temperatura do ar em dois níveis, T é a temperatura da superfície (K) e r_{ah} é a resistência aerodinâmica ao transporte de calor (m^{-1}s) . A Figura 16 esquematiza o cálculo de H. Em sua obtenção faz-se necessário o conhecimento de dois pixels (quente e frio), denominados pixels âncoras, para se determinar a variação de temperatura (dT) entre dois níveis de referência, além da resistência aerodinâmica ao transporte de calor (r_{ah}) em todos os pixels da área de estudo.

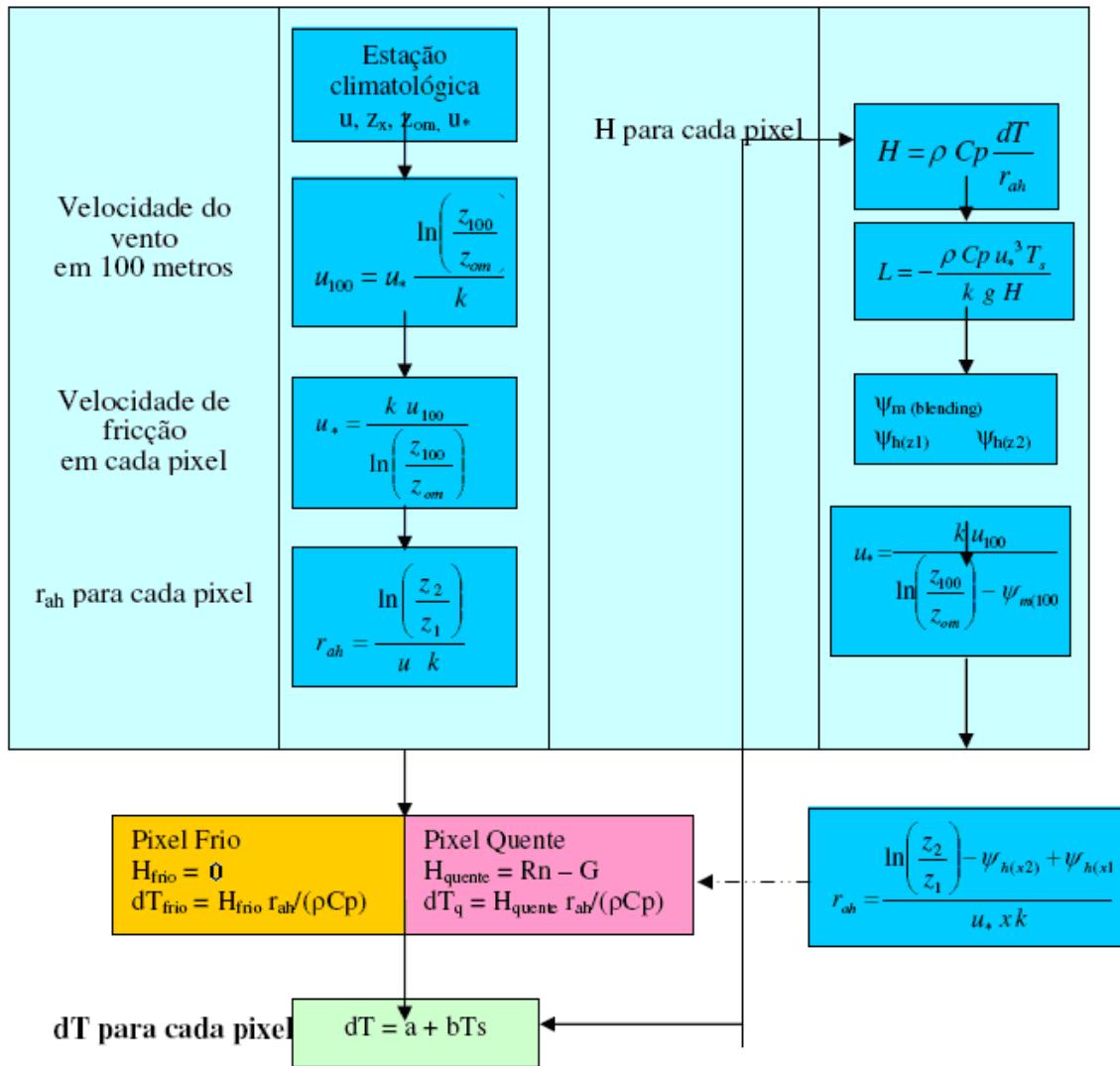


FIGURA 16. Fluxograma do processo iterativo para o cálculo do fluxo de calor sensível (H).

Primeiramente, são reunidas as informações sobre a velocidade do vento u (m s^{-1}) e a altura média da vegetação h (m) na estação meteorológica e obtém-se o coeficiente de rugosidade ao transporte de momentum z_{om} da estação meteorológica em função da altura média da vegetação.

A velocidade de fricção u^* (m s^{-1}) foi computada usando o perfil logarítmico do vento para a condição de estabilidade neutra. Considerando-se ainda a atmosfera em equilíbrio neutro,

estimou-se u_{100} (m s^{-1}) para $z = 100$ m (blending height), nível em que assume-se desprezíveis os efeitos da rugosidade da superfície para a região de estudo (Bastiaanssen, 1995).

Para a imagem de 2005 foi obtido um valor para $u_{100} = 3,7 \text{ m s}^{-1}$ e para a imagem de 2006 o valor de $u_{100} = 8,1 \text{ m s}^{-1}$. Com a hipótese de que u_{100} é constante em toda a cena estudada, obteve-se a velocidade de fricção u^* (m s^{-1}) para cada pixel.

De posse dos valores de u^* , pixel a pixel, estimou-se a resistência aerodinâmica r_{ah} (s m^{-1}) admitindo-se a atmosfera em condição de estabilidade neutra.

O cálculo de dT ($^{\circ}\text{C}$), diferença entre as temperaturas do ar em dois níveis acima da superfície de cada pixel, foi computada através da seguinte relação linear entre dT e temperatura T_s :

$$dT = a + bT_s \quad (6.3)$$

onde a e b são coeficientes da relação linear e obtidos no SEBAL através dos pixels âncoras (quente e frio). O pixel “frio” encontra-se numa área bem irrigada, onde se assumiu que o fluxo de calor sensível é nulo ($H_{\text{frio}} = 0$).

Por sua vez, o pixel “quente” foi escolhido numa área de solo exposto, onde se assumiu nulo o fluxo de calor latente ($\lambda E_{\text{quente}} = 0$) e o fluxo de calor sensível H_{quente} (W m^{-2}) foi estimado segundo a equação:

$$H_{\text{quente}} = R_n - G = \frac{\rho C_p(a + bT_s)}{r_{ah}} \quad (6.2)$$

onde T_s , R_n , G e r_{ah} são obtidos no pixel quente da imagem e por conseguinte essa equação é válida apenas para pixels em que $\lambda E = 0$.

Com base nesses valores obteve-se $a + bT_s = r_{ah}(R_n - G) / \rho C_p$. Como no pixel frio $dT = 0$, ou seja, $a + bT_s = 0$, tem-se um sistema de duas equações com duas incógnitas, o que possibilitou o cálculo de a e b . Logo, pôde-se obter H pixel a pixel, segundo a equação 6.4.

Os valores de H obtidos nesta etapa não representam adequadamente o H de cada pixel e servem, tão somente, como valores iniciais de um processo iterativo, em cujas etapas seguintes é considerada, efetivamente, a condição de estabilidade de cada pixel. Nesse sentido, o comprimento de Monin-Obukhov L (m) é utilizado para definir as condições de estabilidade atmosférica e é calculado em função do fluxo de calor sensível, velocidade de fricção e temperatura de cada pixel segundo (Bastiaanssen, 1995; Morse et al., 2000; Allen et al., 2002):

$$L = -\frac{\rho C_p u_*^3 T_s}{kgH} \quad (6.5)$$

onde ρ é a densidade do ar, C_p é o calor específico do ar à pressão constante, u_* (m s^{-1}) é a velocidade de fricção de cada pixel, T_s é a temperatura da superfície (K) em cada pixel, g é o módulo do campo gravitacional terrestre ($9,81 \text{ m s}^{-2}$) e H é o fluxo de calor sensível (W m^{-2}) pixel a pixel, obtido inicialmente considerando a condição de neutralidade. Os valores de L

definem as condições de estabilidade da seguinte forma: se $L < 0$, a atmosfera é considerada instável; se $L > 0$ a atmosfera é considerada estável e se $L = 0$ a atmosfera é considerada neutra.

Dependendo das condições atmosféricas, os coeficientes de estabilidade para o transporte de momentum (ψ_m) e de calor sensível (ψ_h) deverão ser considerados. Para isto, utilizam-se as formulações (Bastiaanssen, 1995; Morse et al., 2000; Allen et al., 2002).

De posse dos valores corrigidos de u_* corrigiu-se a resistência aerodinâmica ao transporte de calor r_{ah} (sm^{-1}).

Após obtidos os valores dessas variáveis, retorna-se ao cálculo da função da diferença de temperatura, repetindo-se os cálculos mencionados anteriormente até que seja observada estabilidade nos valores da velocidade de fricção em todos os pixels, principalmente no quente.

O fluxo de calor latente λE ($W m^{-2}$) foi obtido como parte residual da equação do balanço de energia, pela simples diferença entre o saldo de radiação, o fluxo de calor no solo e o fluxo de calor sensível, ou seja:

$$\lambda E = R_n - G - H \quad (6.6)$$

onde λE é a densidade do fluxo de calor latente instantâneo, ou seja, aquele valor determinado no momento da passagem do satélite.

6.3 Resultados e Discussão

6.3.1 Balanço de Radiação

As Figuras 17 e 19 representam os valores instantâneos do saldo de radiação à superfície (R_n) do Landsat-5 para os dias 08/04/2005 e 07/12/2006 e as Figuras 18 e 20, os histogramas de freqüência da mesma variável, respectivamente. As áreas com tonalidade em azul, em ambas as cartas, representam valores de R_n inferiores a $350 W m^{-2}$, já as áreas de cor vermelha, que apresentam valores de R_n superiores a $700 W m^{-2}$. Destaca-se nas referidas figuras, uma área significativa com tonalidade verde ($500 < R_n < 550$), correspondendo às áreas irrigadas. Observa-se, nessas duas imagens, um comportamento similar na estimativa do saldo de radiação (R_n) em relação às características dos alvos, nos dois anos estudados.

Para o ano de 2005, os valores mínimo, médio e máximo de R_n estimados foram, respectivamente, $300 W m^{-2}$, $565,02 W m^{-2}$ e $727,69 W m^{-2}$. Valores semelhantes foram encontrados por Costa Filho (2005) em estudo realizado na área irrigada de Petrolina, PE.

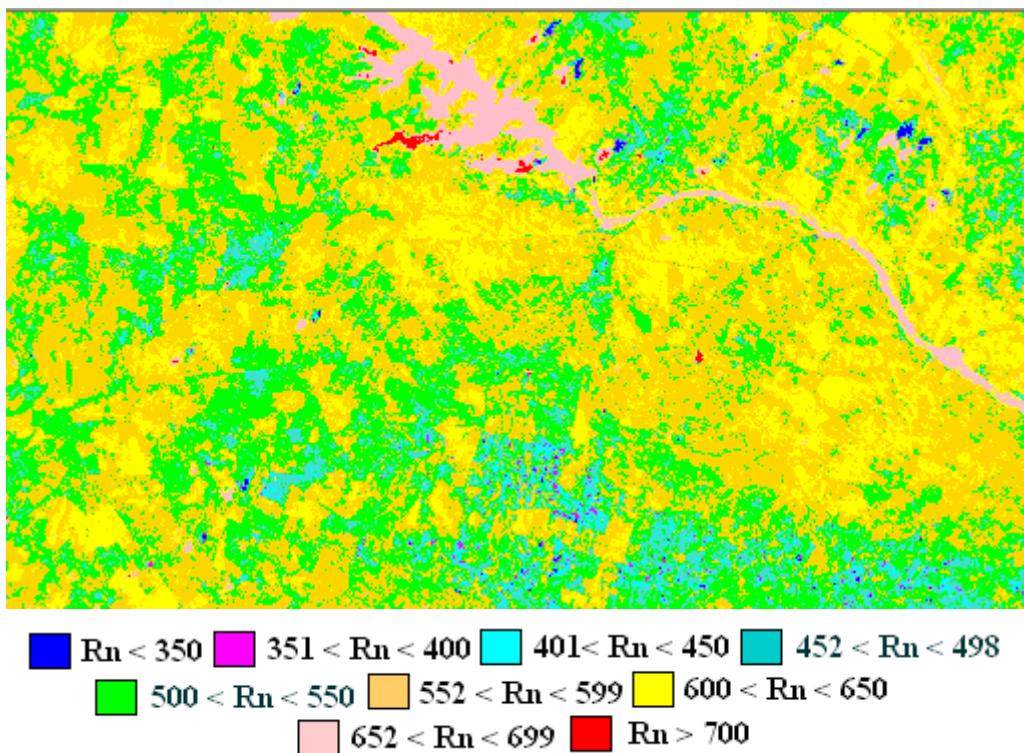


FIGURA 17. Saldo de radiação (R_n) em $W\ m^{-2}$ segundo o SEBAL e imagem TM Landsat 5, para o dia 08/04/2005.

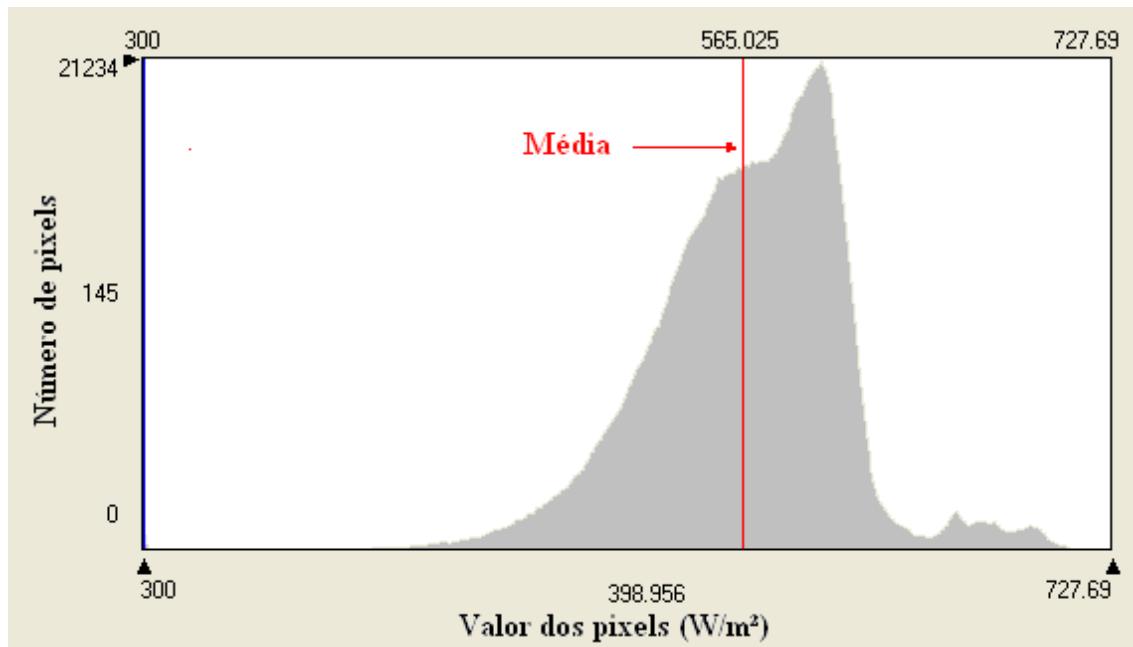


FIGURA 18. Histograma de freqüência para o saldo de radiação determinado pelo Landsat-5 em 08/04/2005.

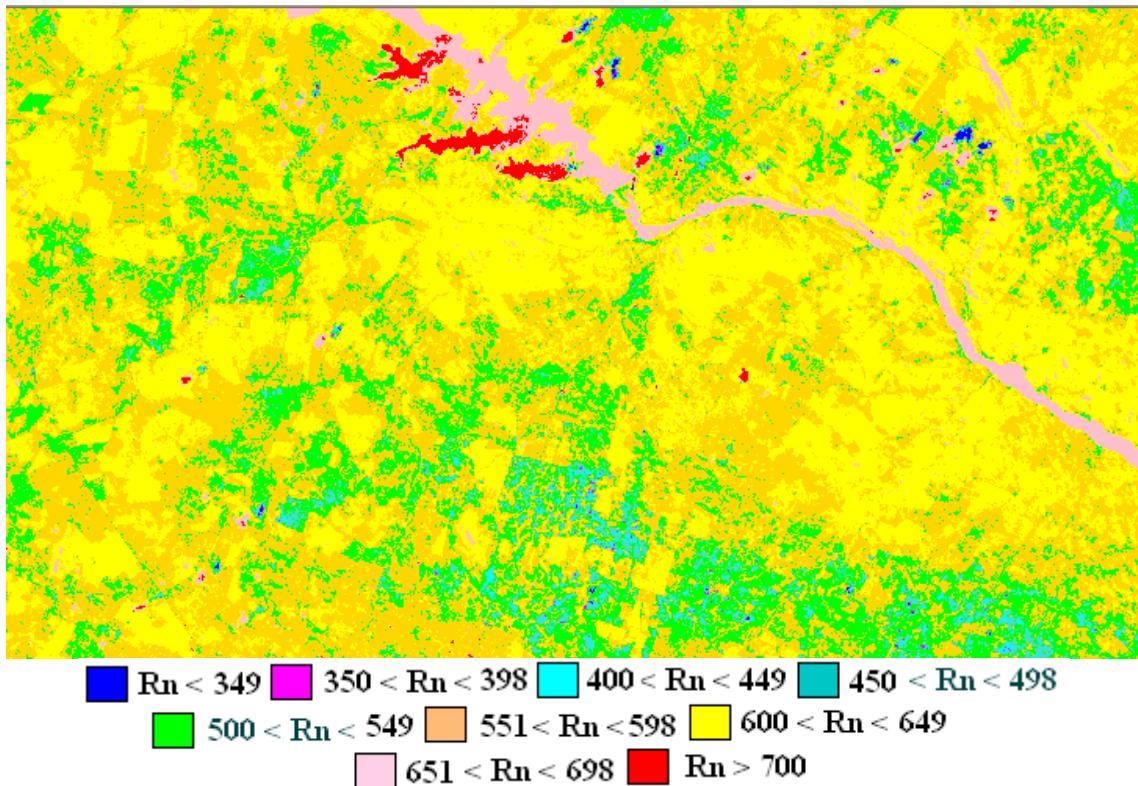


FIGURA 19. Saldo de radiação (R_n) em W m^{-2} segundo o SEBAL e imagem TM Landsat 5, para o dia 07/12/2006.

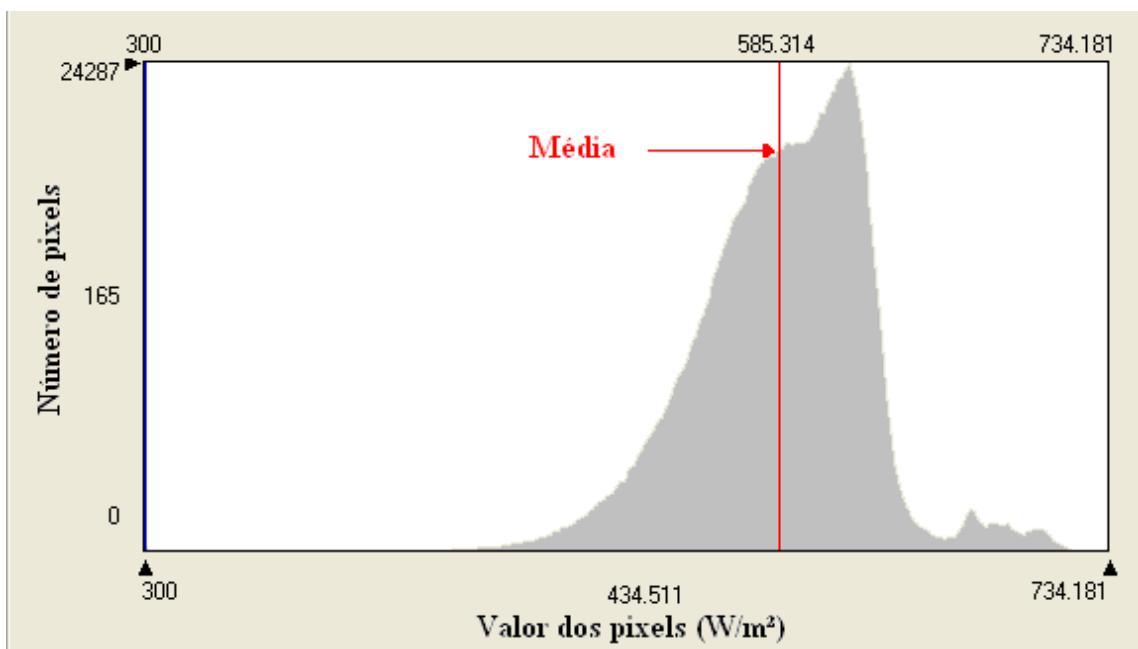


FIGURA 20. Histograma de freqüência para o saldo de radiação determinado pelo Landsat-5 em 07/12/2006.

Analisando-se a diferença nos valores de R_n entre os anos, observa-se que o valor máximo de 2006 foi superior em $6,49 \text{ W m}^{-2}$ ao de 2005 e o valor médio de 2006 também superior ao de 2005 em $20,29 \text{ W m}^{-2}$.

6.3.2 Balanço de Energia

Nas Figuras 21 e 22 estão apresentadas as variações do fluxo de calor sensível (H) estimadas pelo satélite Landsat-5, para as datas de 08/04/2005 e 07/12/2006, respectivamente.

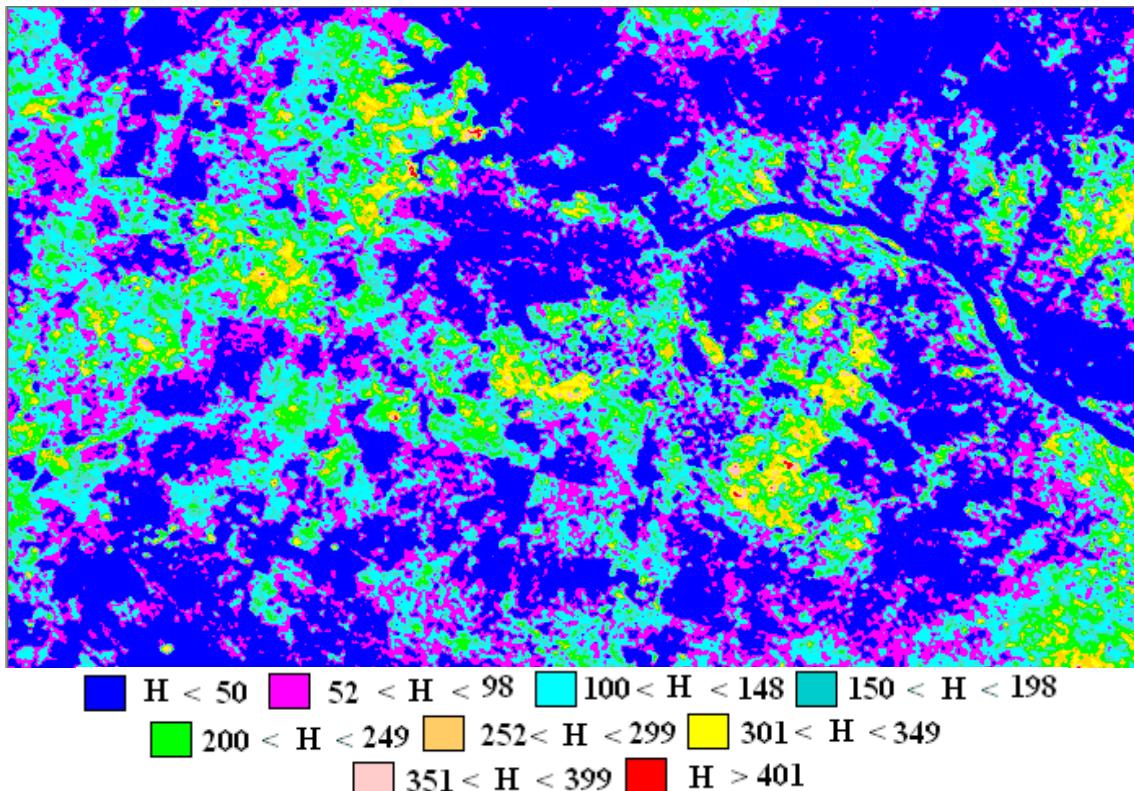


FIGURA 21. Fluxo de calor sensível (H) em W m^{-2} segundo o SEBAL e imagem TM Landsat 5, para o dia 08/04/2005.

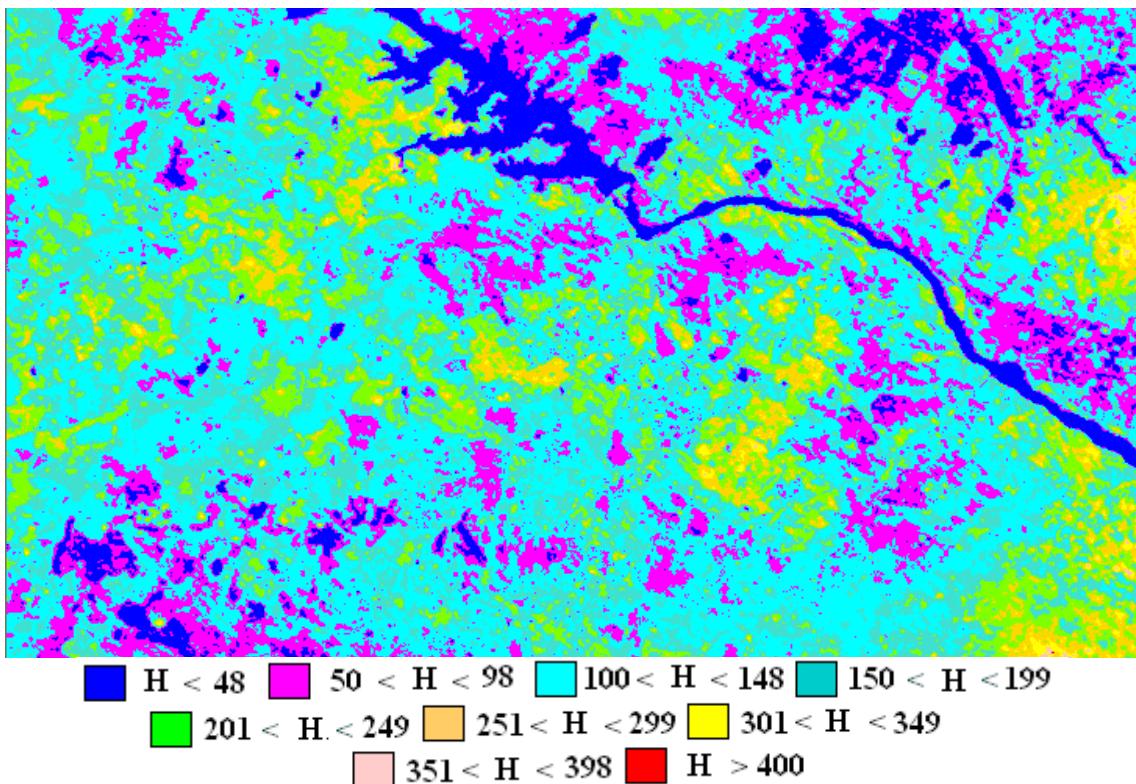
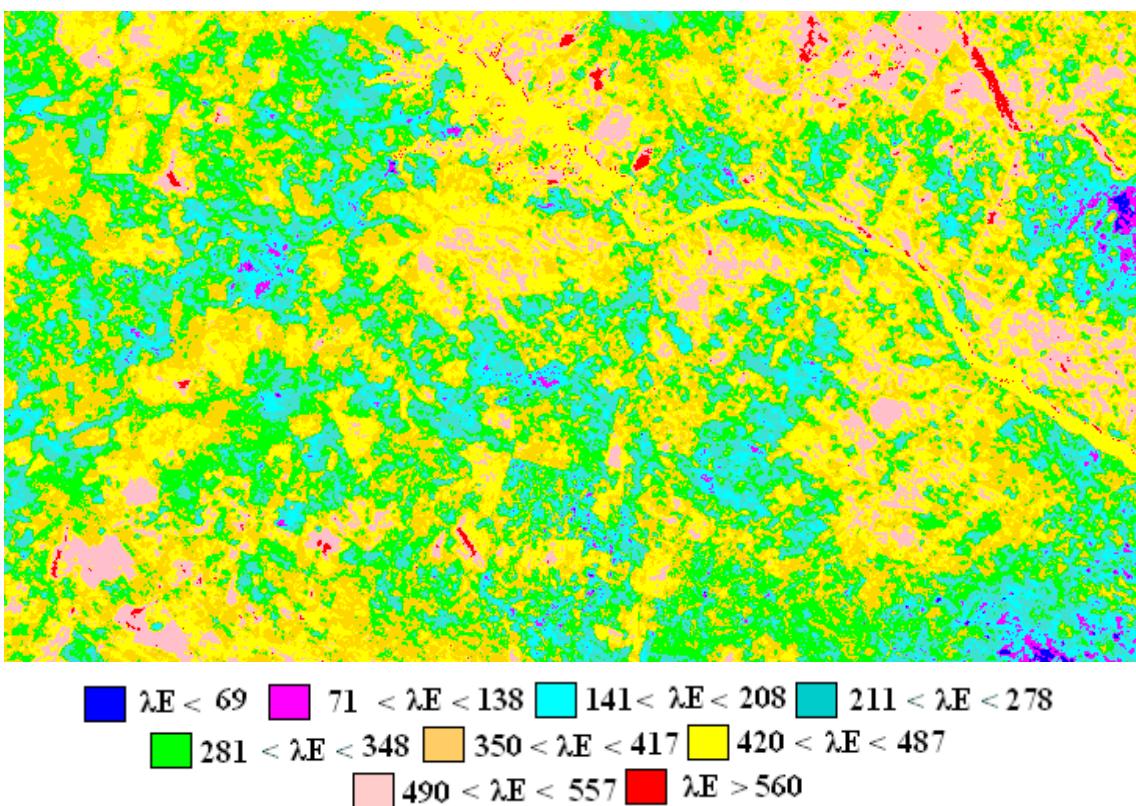
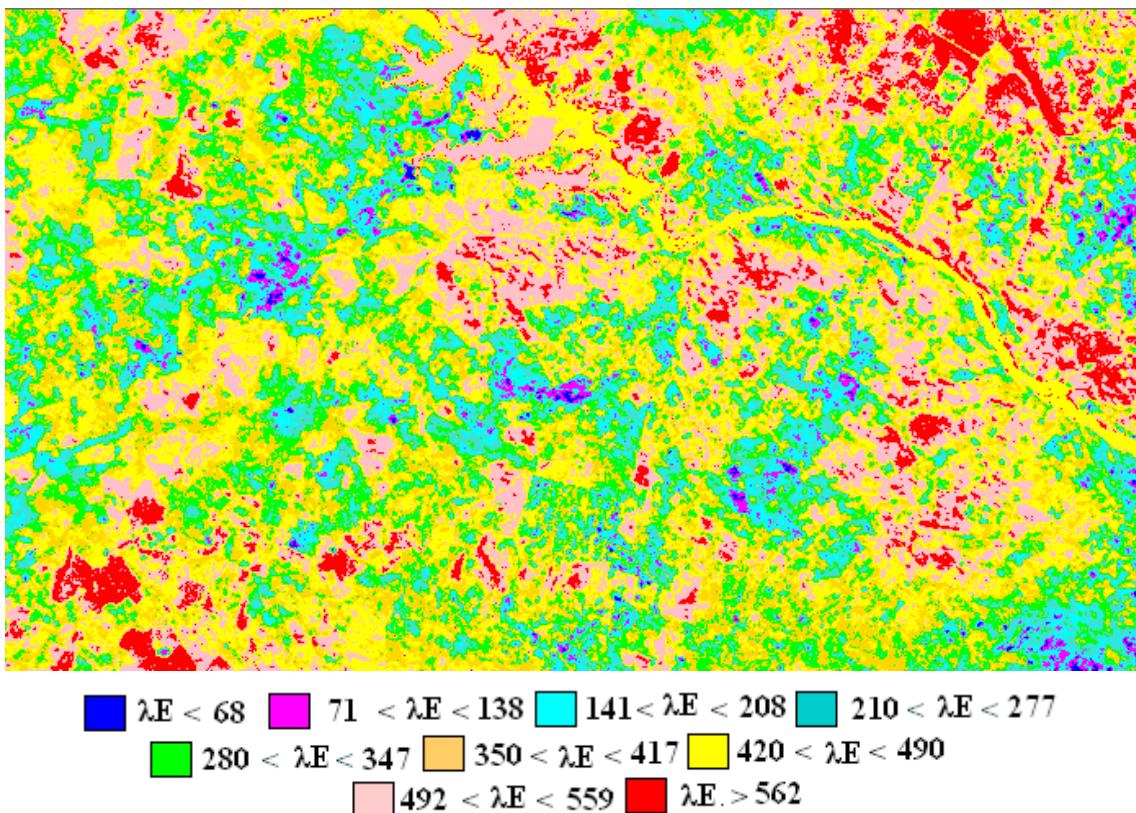


FIGURA 22. Fluxo de calor sensível (H) em W m^{-2} segundo o SEBAL e imagem TM Landsat 5, para o dia 07/12/2006.

Analizando-se as referidas figuras observa-se que H variou de um valor menor que 48 W m^{-2} , representado pela tonalidade azul, até um valor maior que 400 W m^{-2} , representado pela tonalidade avermelhada nas imagens. Cabe destacar nas referidas figuras, que o fluxo de calor sensível (H) representa as áreas irrigadas com tonalidade azulada; valores maiores que 400 W m^{-2} correspondem a solo exposto, evidenciado na imagem pela tonalidade vermelha. Os valores intermediários compreendidos entre 50 W m^{-2} e 399 W m^{-2} representam áreas com vegetação rala, áreas com vegetação mais densa e áreas submetidas ao manejo da irrigação. Costa Filho (2005) encontrou valores de H variando entre 120 a 480 W m^{-2} para a região do Perímetro Irrigado Senador Nilo Coelho localizado em Petrolina, PE. O Fluxo de calor sensível alcança valor zero no pixel frio representando áreas irrigadas, grandes e pequenos reservatórios de água, enquanto que os altos valores correspondem a solos expostos.

O fluxo de calor latente (λE), conforme visto anteriormente, é obtido como parte residual do balanço de energia à superfície, ou seja, $\lambda E = R_n - G - H$. A precisão na determinação de λE depende consequentemente da precisão do cálculo de R_n , G e H . As Figuras 23 e 24 representam os valores do fluxo de calor latente correspondente às imagens do satélite Landsat-5 TM, dos dias 08/04/2005 e 07/12/2006, respectivamente.



Observa-se em ambas as imagens a predominância da tonalidade amarela, com intervalo de λE entre 420 W m^{-2} a 490 W m^{-2} , correspondendo a áreas de caatinga. Destaca-se na imagem de 2005 uma área na tonalidade avermelhada um pouco maior, em relação à imagem de 2006, a predominância da tonalidade vermelha corresponde a um valor de $\lambda E > 562 \text{ W m}^{-2}$ correspondendo às áreas irrigadas. Essa predominância se deve a ocorrência de maior precipitação ter ocorrido em 2005, com isso houve um melhor manejo da irrigação. Verifica-se uma maior predominância da tonalidade azul, correspondente a um $\lambda E < 68 \text{ W m}^{-2}$ para o ano de 2005, correspondendo a área de solo exposto. Como pode ser visto os valores do fluxo de calor latente seguem um padrão semelhante para os dois anos, no entanto o ano de 2005 conforme mencionado acima apresentou uma maior área com tonalidade vermelha.

6.4 Conclusões

O fluxo do saldo de radiação (R_n), estimado pelo Landsat em 2005 variou entre 300 W m^{-2} a $727,69 \text{ W m}^{-2}$ com um valor médio ao redor de $565,02 \text{ W m}^{-2}$. Já no ano de 2006 essa variação foi de 300 W m^{-2} a 734 W m^{-2} .

O fluxo de calor sensível (H) foi estimado com boa precisão devido em parte ao cálculo de H no processo iterativo aplicado pelo SEBAL, que visa minimizar os erros na estimativa dessa variável. Em 2005 os valores estimados pelo Landsat variaram entre -121 W m^{-2} a $409,92 \text{ W m}^{-2}$. Em 2006 os valores mínimo, médio e máximo determinados pelo Landsat foram $-66,29 \text{ W m}^{-2}$, $140,67 \text{ W m}^{-2}$ e 423 W m^{-2} , respectivamente.

O fluxo de calor latente (λE) seguiu um padrão semelhante para os dois anos. Em 2005 os valores dessa variável, estimados pelo Landsat, estiveram entre $-82,72 \text{ W m}^{-2}$ a $661,53 \text{ W m}^{-2}$, com um valor médio de $402,03 \text{ W m}^{-2}$. Em 2006 os valores mínimo, médio e máximo de (λE) estimados pelo Landsat, foram $-42,55 \text{ W m}^{-2}$, $365,48 \text{ W m}^{-2}$ e $671,97 \text{ W m}^{-2}$, respectivamente.

6.5 Referências Bibliográficas

ALLEN, R. G.; TASUMI, M.; TREZZA, R.; WATERS, R.; BASTIAANSSEN, W. Surface Energy Balance Algorithms for Land (SEBAL). **Advanced Training and users Manual**, Kimberly, Idaho, v.1,0, 97p. 2002.

BASTIAANSSEN, W. G. M.; MENENTI, M.; FEDDES, R. A.; HOLTSLAG, A. A. M. A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL) 1. Validation . **Journal of Hydrology**, v. 212-213, p. 213-229. 1998.

BASTIAANSSEN, W. SEBAL-based sensible and latent fluxes in the irrigated Gediz Basin. **Journal of Hydrology**, Turkey. v.229, p.87-100, 2000.

BASTIAANSSEN, W. G. M. **Regionalization of surface flux densities and moisture indicators in composite terrain.** Ph.D. Thesis, 1995, 237p., Wageningen Agricultural University, Wageningen, Netherlands, 1995.

BEZERRA, M. V. C. **Balanço de energia em áreas irrigadas utilizando técnicas de sensoriamento remoto.** 2004. 125f. Dissertação. (Mestrado em Meteorologia). PPGM/DCA/UFCG, Campina Grande, 2004.

COSTA FILHO, F. J. **Avaliação dos componentes do balance de energia e evapotranspiração em região semi-árida usando imagens orbitais Landsat-5 TM e Terra-Modis.** Campina Grande: DCA/CCT/UFPB, 2005. 142 p. (Tese de Doutorado).

7. CAPÍTULO III

ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA (ET) NO PERÍMETRO IRRIGADO CALIFÓRNIA, CANINDÉ DO SÃO FRANCISCO – SE

RESUMO

SABINO, Fabiana Gonçalves. **Estimativa da Evapotranspiração de Referência (ET) no Perímetro Irrigado Califórnia, Canindé do São Francisco - SE.** São Cristóvão: UFS, 2008. Dissertação de Mestrado em Agroecossistemas

A evapotranspiração (ET) é um dos principais componentes do ciclo hidrológico, e a precisão de sua estimativa é de importância para diversos estudos, como balanço hidrológico, simulação de produtividade de culturas e planejamento e gerenciamento de recursos hídricos. O presente trabalho foi desenvolvido para estimar a evapotranspiração horária e regional do Perímetro Irrigado Califórnia no município de Canindé do São Francisco-SE através do balanço de energia à superfície calculado pelo algoritmo SEBAL (Surface Energy Balance Algorithm for Land), proposto por Bastiaansen (1995) a partir de uma imagem do satélite Landsat 5 TM na data de 07/12/2006 e dados complementares disponíveis em estação meteorológica automática localizada na região de estudo. Os valores mínimo, médio e máximo da ET estimados foram 0,7 mm dia⁻¹, 6,4 mm dia⁻¹ e 11,8 mm dia⁻¹, respectivamente.

Palavras-Chave: Evapotranspiração; Sebal; Perímetro Irrigado Califórnia

ABSTRACT

SABINO, Fabiana Gonçalves. **Estimativa da Evapotranspiração de Referência (ET) no Perímetro Irrigado Califórnia, Canindé do São Francisco - SE.** São Cristóvão: UFS, 2008. Dissertação de Mestrado em Agroecossistemas

The evapotranspiration (ET) it is one of the main components of the hydrological cycle, and the precision of its estimate is of importance for several studies, as balance hidrológico, simulation of productivity of cultures and planning and gerenciamento of resources hídricos. The present work was developed to esteem the hourly and regional evapotranspiration of the Irrigated Perimeter California in the municipal district of Canindé of São Francisco him through the swinging of energy to the surface calculated by the algorithm SEBAL (Surface Energy Balances Algorithm it goes Land), proposed by Bastiaansen (1995) starting from an image of the satellite Landsat 5 TM in the date of 07/12/2006 and available complemental data in automatic meteorological station located in the study area. The values minimum, medium and maximum of dear ET was $0,7 \text{ mm dia}^{-1}$, $6,4 \text{ mm dia}^{-1}$ and $11,8 \text{ mm dia}^{-1}$, respectively.

Keywords: Evapotranspiration; Sebal; Irrigated perimeter California

7.1 Introdução

A evapotranspiração (ET) é um dos principais componentes do ciclo hidrológico e a precisão de sua estimativa é de importância para diversos estudos, como balanço hidrológico, simulação de produtividade de culturas e planejamento e gerenciamento de recursos hídricos. Ela pode ser medida por meio de medidas diretas ou por métodos empíricos. As medidas diretas exigem estruturas apropriadas e normalmente são utilizadas em condições de pesquisa. Em contraste, existem vários métodos empíricos que são calculados conforme os princípios envolvidos em seu desenvolvimento: aerodinâmicos, combinados etc. Mesmo com a precisão oferecida por alguns métodos diretos e, ou, empíricos, existem limitações, pois estes métodos estimam valores de ET para um local específico.

A estimativa da evapotranspiração (ET) de perímetros irrigados, ou seja, em escala regional, com base em imagens de satélites e algoritmos que permitem a conversão de medidas instantâneas em totais diários de ET, representa uma grande contribuição na quantificação das perdas evaporativas. Silva et al. (2005) relatam que o saldo de radiação é uma informação indispensável à utilização do sensoriamento remoto, visto que é a principal fonte de energia a ser repartida no aquecimento do solo, do ar e do processo de ET. Exercendo assim, um papel fundamental nos métodos que estimam a ET, componente essencial do balanço hídrico, especialmente quando a superfície do solo é mantida úmida através da irrigação.

O algoritmo SEBAL (Surface Energy Balance Algorithm for Land) desenvolvido por Bastiaanssen (1995), tem como objetivo a obtenção da evapotranspiração (ET) por meio de dados de imagem digital e alguns dados complementares de superfície. Segundo Bastiaanssen (2000), o SEBAL é um algoritmo para determinação dos mapas de evapotranspiração para grandes áreas. No presente trabalho, o objetivo foi de determinar a evapotranspiração horária na região de estudo por meio do uso do algoritmo SEBAL, considerando as condições de relevo plano e montanhoso.

7.2 Material e Métodos

Para a obtenção da evapotranspiração diária, obtém-se, inicialmente, a evapotranspiração horária ET_H , dada pela razão entre o fluxo de calor latente, λE , obtido através do balanço de energia e o calor latente de vaporização da água ($L = 2,45 \times 10^6 \text{ J kg}^{-1}$), multiplicada por 3600, que é um fator de conversão do valor instantâneo para o valor horário, conforme a equação (Allen et al., 2002):

$$ET_H = 3600 \left[\frac{E}{L} \right] \quad (7.1)$$

Em seguida, se obtém a fração da evapotranspiração de referência horária, FET_{0H} , que de acordo com Trezza (2002) é dada por:

$$FET_{0H} = \frac{ET_{rH}}{ET_{0H}} \quad (7.2)$$

em que ET_{0H} é a evapotranspiração de referência horária.

Considerando que o valor da $FET_{0H} = FET_{24}$, tem-se:

$$FET_{0H} = FET_{24} = \left[\frac{ET_H}{ET_{0H}} \right] = \left[\frac{ET_{24}}{ET_{0H}} \right] \quad (7.3)$$

Dessa forma, a evapotranspiração real diária é calculada pela seguinte equação:

$$ET_{r24h} = FET_{24} \cdot ET_{0H} \quad (7.4)$$

Tanto a evapotranspiração de referência diária, ET_{0H} , e a evapotranspiração de referência horária, ET_{0H} , são calculadas usando o método da FAO Penman-Monteith (Allen et al., 1998), com dados de estação automática. Os valores de ET_{0H} devem ser obtidos no intervalo de tempo que compreenda o instante da passagem do satélite na área de estudo.



7.3 Resultados e Discussão

Os resultados da evapotranspiração real diária estão representados em valores diários, isto é, em $mm \cdot dia^{-1}$, já que foram obtidos inicialmente de forma instantânea e posteriormente integrados para um período de 24 horas. O cálculo de ET_r partiu da fração de evapotranspiração real FET_0 , a qual foi obtida pela razão entre ET horária, calculada pelo Sebal a partir do resultado de LE instantâneo, e a evapotranspiração de referência horária, ET_{0H} , calculada no intervalo de 09:00 h as 10:00 h conforme metodologia proposta por Allen et al. (2002). Os valores da evapotranspiração de referência horária foram obtidos pelo método FAO Penman-Monteith (Allen et al., 1998).

Na Figura 25 é apresentada a carta de estimativa da evapotranspiração real diária obtida segundo o SEBAL e imagens TM Landsat 5 para o dia 07/12/2006, em milímetros por dia ($mm \cdot dia^{-1}$).

Observa-se a predominância de áreas com tonalidades vermelhas e amarelas. Estas tonalidades correspondem a áreas vegetadas e submetidas ao manejo da irrigação, com valores de ET acima de $6,0 \text{ mm dia}^{-1}$. As áreas representadas pelas tonalidades verdes e azuis são de baixa cobertura vegetativa, bem como, áreas com vegetação nativa (caatinga) que apresentaram valores de ET abaixo de $6,0 \text{ mm dia}^{-1}$. Os valores de ET mínimo, médio e máximo foram 0 mm dia^{-1} , $6,4 \text{ mm dia}^{-1}$ e $11,8 \text{ mm dia}^{-1}$, respectivamente.

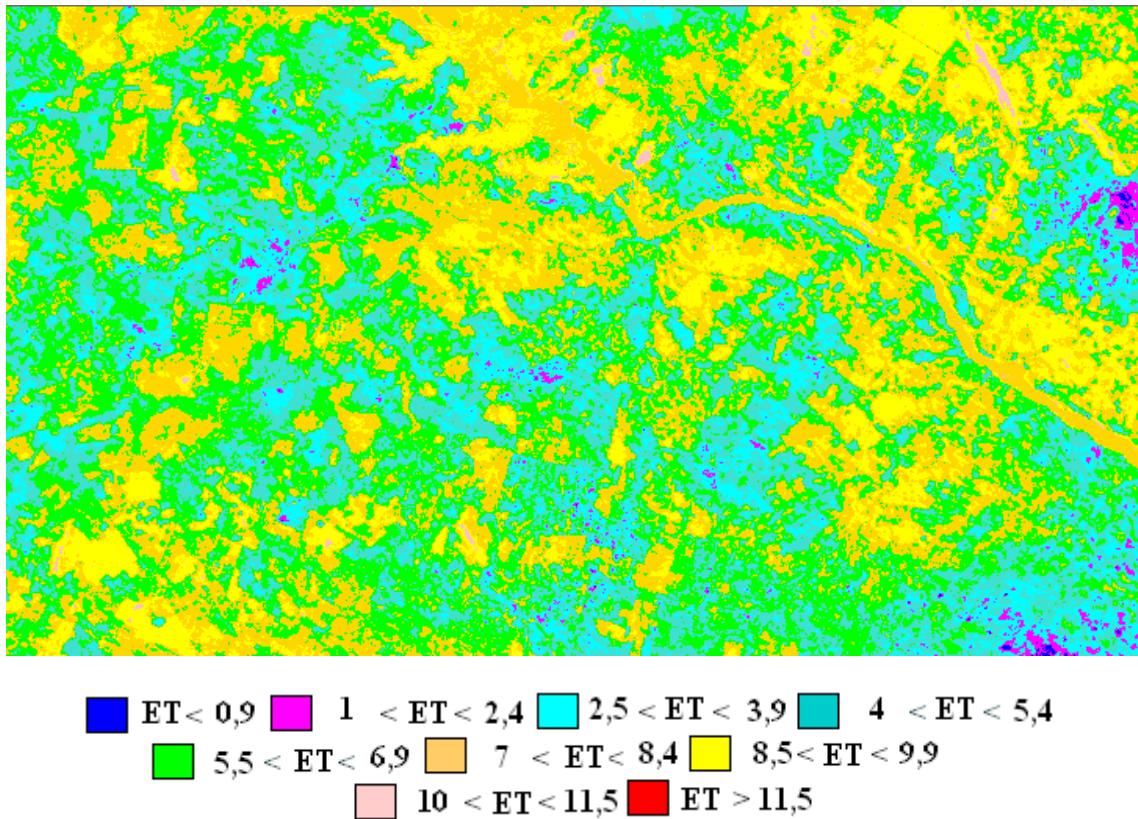


FIGURA 25. Evapotranspiração (ET mm dia⁻¹) estimada segundo o SEBAL e imagem TM Landsat 5, para o dia 07/12/2006

Não foi possível estimar a evapotranspiração para a imagem do dia 08/04/2005 devido à falta de dados da estação automática.

Bastiaanssen et al. (2000) avaliaram o desempenho do SEBAL na região do Projeto Nilo Coelho em Petrolina-PE, numa área com vários tipos de cultivos submetidos ao manejo da irrigação e encontraram uma ET média diária de 3,3 mm dia⁻¹. Silva (2000) avaliou a ET em pomar de mangueira através do método do balanço de energia na região de Petrolina, durante dois anos, e encontrou um valor médio de 4,2 mm dia⁻¹.

Em estudo sobre uma região que apresentava cobertura muito heterogênea no Sri Lanka, aplicando o algoritmo SEBAL, Hemakumara et al. (2003) obtiveram valores de ET variando de 3 a 4,0 mm dia⁻¹.

Um fator importante quando se trabalha com imagens orbitais, é a possibilidade de espacialização dos resultados obtidos e consequentemente disponibilizar as informações em escala regional. Nesse trabalho, os valores da evapotranspiração foram determinados pixel a pixel.

7.4 Conclusões

Os valores mínimo, médio e máximo da ET estimados pelo Landsat em 2006, foram 0,7 mm dia⁻¹, 6,4 mm dia⁻¹ e 11,8 mm dia⁻¹, respectivamente.

De uma maneira geral pode-se concluir que o algoritmo SEBAL associado às imagens do satélite Landsat 5 TM pode ser aplicado com um certo grau de confiabilidade na estimativa da evapotranspiração, pois os resultados alcançados demonstraram que os principais alvos analisados (água, solo exposto, áreas com cultivos irrigados e áreas com vegetação nativa) apresentaram um padrão de resposta espectral típico desses alvos.

7.5. Referências bibliográficas

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements. **Irrigation and Drainage Paper 56**. Rome, Italy. United Nations FAO, 300 p., 1998.

ALLEN, R. G., TASUMI, M. and TREZZA, R. SEBAL (Surface Energy Balance Algorithms for Land) Advanced Training Users Manual – Idaho Implementation, version 1.0, 97p., 2002.

BASTIAANSSEN, W. G. M. **Regionalization of surface flux densities and moisture indicators in composite terrain**. Ph.D. Thesis, 1995, 237p., Wageningen Agricultural University, Wageningen, Netherlands, 1995.

BASTIAANSSEN, W. G. M. SEBAL - based sensible and latent heat fluxes in the irrigated Gediz Basin, Turkey. *Journal of Hydrology*, v. 229, p. 87-100, 2000.

HEMAKUMARA, H. M.; CHANDRAPALA, L.; MOENE, A. F. Evapotranspiration fluxes over mixed vegetation areas measured from large aperture Scintillometer. **Agriculture water management**. V. 58. p. 109-112. 2003.

SILVA, B.B. da.; LOPES, G. M.; AZEVEDO, P. V. Balanço de radiação em áreas irrigadas utilizando imagens de Landsat 5 – TM. **Revista Brasileira de Meteorologia**. V. 20, n. 2 p.243-252, 2005.

SILVA, V. P. R. Estimativa das necessidades hídricas da mangueira. Campina Grande: DCA/CCT/UFPB, 2000. 129 p. (Tese de Doutorado).

ANEXO

QUESTIONÁRIO DE LEVANTAMENTO DE DADOS DE CAMPO

NOME DO ENTREVISTADO _____

SEXO [__]

MORA NA PROPRIEDADE [__]

NÍVEL DE INSTRUÇÃO DO PRODUTOR [_____]

PARTIPA DA COOPERATIVA? Qual [_____]

QUAL A SUA ATIVIDADE PRINCIPAL[_____]

O QUE LEVOU A CULTIVAR ESTAS ESPÉCIES? [_____]

ORIGEM [_____]

CULTIVARES ANTERIORES [_____]

QUANTO TEMPO ESTÁ NO PERÍMETRO (ANOS) [_____]

CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO

QUALIDADE DE ÁGUA UTILIZADA NA PROPRIEDADE [_____]

FEZ ANÁLISE DE SOLO NOS ÚLTIMOS 5 ANOS [__]

MANEJO E TRATOS CULTURAIS DA CULTURA

TRATOR [_____]

DEFENSIVOS AGRICOLAS [_____]

ADUBO [_____]

UTILIZA:

ADUBO ORGÂNICO [__] LOCAL DE AQUISIÇÃO[_____]

ADUBO QUÍMICO [__] LOCAL DE AQUISIÇÃO[_____]

APLICA DEFENSIVO QUÍMICO [__] LOCAL DE AQUISIÇÃO[_____]

QUAIS OS PRINCIPAIS PROBLEMAS ENFRENTADOS PARA MANTER A LAVOURA?

O SENHOR PRETENDE QUE SEUS FILHOS CONTINUEM A TRABALHAR NA PROPRIEDADE?[__]