



EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA  
CENTRO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO TRÓPICO SEMI-ÁRIDO

RELATÓRIO TÉCNICO-CIENTÍFICO DO TREINAMENTO  
SOBRE MANEJO DO COMPLEXO SOLO, ÁGUA, PLANTA.

Octávio Pessoa Aragão

Instituição: International Crops Research Institute for the  
Semi-Arid Tropics (ICRISAT)

Hyderabad - Índia

Outubro/Novembro - 1977

Relatório técnico-científico  
1977 LV-1978.00678



26103-1

OBJETIVO:

TREINAMENTO SOBRE MANEJO DO COMPLEXO SOLO/ÁGUA/PLANTA,  
VISANDO A MÁXIMA RELAÇÃO: DISPONIBILIDADE DE ÁGUA/ PRO  
DUÇÃO AGRÍCOLA EM REGIÕES SUJEITAS ÀS LIMITAÇÕES DE  
PRECIPITAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS.

EQUIPE TÉCNICA RESPONSÁVEL:

B. A. KRANTZ

J. KAMPEN

M. B. RUSSEL

## ÍNDICE

	Pg
1. GENERALIDADES SOBRE O ICRISAT.....	05
2. SISTEMAS DE CULTIVOS.....	12
2.1. Ocupação da área agrícola.....	12
2.2. Preparo do solo.....	14
2.3. Competição de luminosidade entre plantas.....	15
2.4. Avaliação de culturas consorciadas.....	17
2.5. Resultados do experimento sobre "stand de germinação" do Guandú, em diferentes sistemas de plantio.....	19
3. BACIAS HIDROGRÁFICAS.....	23
3.1. Drenagem superficial.....	25
3.2. Conformação dos drenos.....	26
3.3. Medidores de run-off.....	26
3.4. Reservatórios.....	27
4. MANEJO DE SOLO E ÁGUA EM UMA BACIA HIDROGRÁFICA.....	28
4.1. Precipitação pluviométrica.....	29
4.2. Evaporação.....	30
4.3. Variações de umidade no perfil do solo.....	30
4.4. Depleção da precipitação pluviométrica armazenada no solo.....	33
4.5. Radiação solar.....	33
4.6. Transpiração.....	34
4.7. Evaporação dos solos.....	34
4.8. Drenagem interna.....	35
4.9. Lisímetro.....	36
4.10. Determinação do balanço hídrico: exemplo.....	39
4.11. Equipe técnica de manejo de solo e água.....	39

5. SUMÁRIO DAS PESQUISAS DESENVOLVIDAS PELA UNIVERSIDADE DE READING-INGLATERRA, NA ESTAÇÃO EXPERIMENTAL DO ICRISAT.....	41
6. SEMINÁRIOS E DISCUSSÕES.....	45
6.1. Projeto sorgo.....	45
6.2. Radiação solar.....	45
6.3. Suprimento de água disponível em função da evapotranspiração potencial.....	46
6.4. Levantamento de equipamentos agrícolas para áreas cultivadas entre 1 a 3 ha, em diversas regiões do globo.....	47
6.5. Padrões técnicos para avaliação de áreas agricultáveis.	47
7. RELATO DAS ATIVIDADES DIÁRIAS.....	49
8. CERTIFICADO DE APROVEITAMENTO.....	55
9. BIBLIOGRAFIA.....	56
10. ANEXOS: mapas, slides e equipamentos	

## 1 - GENERALIDADES.

A agricultura de sequeiro não está sendo adequada para suprir suficiente alimento à explosão demográfica de muitos países do Trópico Semi-Árido (SAT). Embora haja inúmeras razões para tal fato, a principal se prende à falta de uma tecnologia apropriada de manejo de água e solo para o sistema agrícola. A severidade se acentua ainda mais pela alta demanda evaporativa e, em muitas áreas, pela ocorrência de solos rasos com limitada capacidade de armazenamento de água.

Normalmente os países em desenvolvimento, do SAT, têm, até o momento, contribuído para o aumento da produção agrícola através de áreas irrigadas, ou adição de novas áreas agrícolas, dependentes do regime de chuvas.

Diante das limitações dos recursos naturais e do sério déficit de alimento no mundo, surgiu a necessidade de se dar ênfase de forma global ao desenvolvimento de pesquisas em agricultura de sequeiro sobre o manejo de solo e água para avaliar, através de uma exploração racional, a potencialidade produtiva do SAT. Assim foi que surgiu em 1972 a criação do "International Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT)", que após minuciosos estudos das regiões do SAT no globo, iniciou os trabalhos de pesquisas em uma área próxima à cidade de Hyderabad, Índia.

O programa de pesquisa do ICRISAT envolve as seguintes atividades:

- Interpretação de dados disponíveis que se relacionem com a agricultura do SAT;
- Divulgação de resultados de pesquisas relacionadas ao sistema de exploração agrícola do SAT, através de Assembléia Internacional.

- Desenvolver metodologias de pesquisas sobre agroclimatologia, hidrologia, física do solo, fertilidade e química do solo, equipamento agrícola, manejo de solo e água, agronomia, economia, melhoramento de sorgo, milheto, grão de bico, guandu e amendoim;
- Simular e estudar sistemas analíticos baseados no comportamento das condições climáticas, solo e informações econômicas, para prognosticar o comportamento do sistema agrícola, cultivo ou práticas de manejo de solo e água;
- Promover uma organização internacional para ensaios cooperativos, para rapidamente obter informações em todo o SAT, acerca do efeito de uma dada prática ou técnica em uma ou várias localidades;
- Treinamento de pesquisadores de Institutos Nacionais de Pesquisa;
- Pesquisar sobre os recursos naturais, técnicas de manejo e práticas agrícolas no ICRISAT e localidades previamente selecionadas.

A pesquisa no ICRISAT é desenvolvida considerando a utilização de disponibilidade hídrica viável de captação em uma dada bacia hidrográfica, que pode ser descrita da seguinte maneira:

"A utilização dos recursos básicos de uma bacia hidrográfica envolve o uso ótimo da precipitação pluviométrica, através de uma melhor forma possível de manejo do solo/água e planta, para incremento e estabilização da agricultura na referida bacia. A melhor utilização da água pode ser realizada por um ou mais dos métodos abaixo especificados:

- Armazenamento direto da água de chuva no solo agrícola;

- Armazenamento do "run-off" em tanques;
- Recuperação das percolações profundas através de poços.

Os estudos básicos da bacia hidrográfica dizem respeito a investigações sobre o desenvolvimento dos recursos naturais, seu manejo e conservação, estudos sobre "balanço hídrico" e pesquisas envolvendo a integração dos trabalhos de melhoramento de solo ao manejo tecnológico de água e cultura. Através de uma integração de todos estes componentes tornou-se possível desenvolver alternativas para sistemas de exploração agrícola que podem ser cuidadosamente executados no campo para avaliação de tais fatores, como: maneira do uso da água e efeitos na produção, conservação de recursos naturais e informações econômicas. Deste modo, uma bacia hidrográfica não é somente usada para investigações do balanço hídrico, mas também representa um "plano-piloto" para estudos de integração e avaliação de uma larga escala de manejo de tecnologia sob uma escala operacional. Estas pesquisas operacionais fornece o modo de se determinar como executar uma prática particular. Desde que na região da Índia onde o ICRISAT executa estas pesquisas não há disponibilidade de tratores para as operações na área da bacia hidrográfica, em Hyderabad utiliza-se exclusivamente tração animal e força humana para preparação e cultivo dos solos.

No ICRISAT, o mais interessante é a integração dos trabalhos desenvolvidos nas mais diferentes linhas de pesquisa, que é claramente ilustrado pelas diferentes atividades de pesquisa na utilização dos recursos. Como por exemplo, no momento, o programa de melhoramento está desenvolvendo trabalhos para conseguir variedades adaptadas à monocultura, variedades para o sistema de consórcio e, também para sistemas de culturas subsequentes. Assim haverá alternativas para as explorações agrícolas e viabilidade econômica sob a potencialidade de cultivares.

Os estudos sobre manejo de solo e água em uma bacia hidrográfica visam fornecer informações que contribuam para melhorar a utilização dos recursos do SAT. São consideradas 5 áreas principais:

- O desenvolvimento de tecnologia do manejo do solo com o intuito de melhorar a disponibilidade de água para as culturas, controlar o "run-off" e erosão e, quando necessário, aumentar a infiltração no solo da água de chuva, sem acarretar problemas de drenagem.
- Desenvolver técnicas de drenagem superficial que resulte em um melhor meio ambiental para o crescimento das plantas e que ofereça melhores condições para a execução dos trabalhos de campo.
- Desenvolver sistemas de linhas de drenagem para um ponto convergente e que não dificulte as operações agrícolas.
- Desenvolver alternativas tecnológicas para a utilização de águas superficiais e profundas, em culturas situadas em áreas com condições topográficas mais elevadas, resultando em um aumento de benefícios para a agricultura através da estabilização do suprimento de água, ou mesmo criando condições para alongamento da estação agrícola.
- Desenvolver sistemas acurados de coletores de "run-off" e sua re-utilização, bem como, o uso de água subterrânea para aumentar a disponibilidade hídrica para os cultivos realizados sob o aspecto do aproveitamento racional e integral de uma bacia hidrográfica.

Dos inúmeros estudos do ICRISAT merecem destaque os resultados obtidos em plantios realizados em sistema de bancas de 1,50 m de largura, limitadas lateralmente por pequenos sulcos e, usualmente, com uma declividade inferior ao da máxima da área:

Desta maneira a velocidade do "run-off" é reduzida e a oportunidade de infiltração de chuva no solo é aumentada. Assim, em vez de concentrar o "run-off" em um grande fluxo de água, o excesso é levado para fora da área cultivada em um grande número de pequenos canalículos. Isto tende a diminuir a erosão do solo e oferece condições para uma infiltração normal em toda a área da bacia hidrográfica. Algumas das vantagens adicionais deste sistema, quando observado em escala operacional de pesquisa de bacia hidrográfica, são as seguintes:

- Menor movimento de terra na sistematização da área.
- A sistematização pode ser executada por meio de tração animal ou pequenos tratores.
- A disposição da banca entre pequenos sulcos serve de guia para os animais utilizados no plantio e tratamentos culturais, facilitando um uniforme espaçamento entre plantas.
- A facilidade de drenagem oferecida pelo sistema de bancas faz com que haja possibilidade de um plantio antecipado, caso venha ocorrer precipitação pluviométrica antes da época normal.
- A germinação de ervas daninhas no estado inicial da cultura é menor no sistema de bancas e sulcos do que em áreas planas.
- Não há desperdício de área agrícola quando se utiliza o sistema de bancas e sulcos.
- Não é necessário nenhum preparo adicional da área, caso haja necessidade de uma aplicação complementar de água.
- A forma das bancas permanece estável, facilitando os trabalhos de preparo da área para a próxima cultura.

Entretanto, é observado nos trabalhos do ICRISAT que para se alcançar um completo benefício do desenvolvimento dos recursos, todos os pontos principais do sistema de exploração agrícola devem ser desenvolvidos. Isto particularmente se torna evidente quando são analisados passos de tecnologia no emprego das variáveis: fertilização, variedades, manejo da cultura e solo, e manejo de água. É possível descrever os resultados obtidos até o momento da seguinte maneira:

- Com fertilização "local" e práticas de manejo local do solo e cultura, não há diferença de produtividade entre o sistema local e o melhorado.
- Com o uso de informações sobre melhores níveis de adubação, as produtividades de dois diferentes cultivos local e melhorado, aumentam; contudo, as melhores produtividades são alcançadas quando se tem informações experimentais sobre adubação do solo, práticas de manejo de solo, e disponibilidade de um cultivar melhorado.

Em linhas gerais, estudos realizados pelo ICRISAT esclareceram:

- A principal razão das baixas produtividades e de uma instável agricultura, é o regime pluviométrico do SAT.
- O crescimento demográfico é o fator responsável pela exploração agrícola de áreas de difícil aplicação de sistemas de cultivo racional, pelo per-pastejo (over grazing) dos campos e exterminação das florestas. Isto se reflete no aumento do "run-off", erosão do solo, inundações, sedimentação dos reservatórios, baixa e instável produtividade agrícola, etc.
- No trópico semi-árido grandes somas são gastas para reduzir o flagelo que frequentemente ocorre em períodos de seca. Em contraste, reduzidos recursos são em

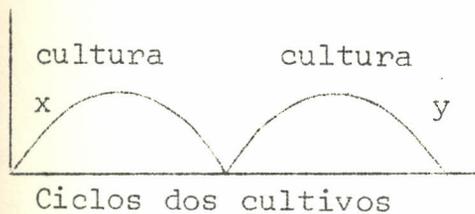
pregados para pesquisas, em relação às outras regiões agroclimáticas do mundo, como por exemplo, nas regiões temperadas.

- As metodologias de manejo de água e solo utilizadas hoje em dia, são consideradas ultrapassadas, por serem incapazes de aumentar a produtividade agrícola na vasta área do SAT.
- Resultados preliminares de programas de pesquisa em desenvolvimento no SAT, indicam que com a utilização dos recursos através de uma tecnologia melhorada e aplicada em todas as fases do cultivo, existe um grande potencial que é economicamente viável de exploração, refletindo em uma agricultura de mais alta e estável produtividade.

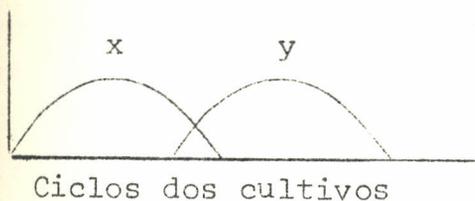
## 2- SISTEMAS DE CULTIVO

## 2.1. Ocupação da área agrícola.

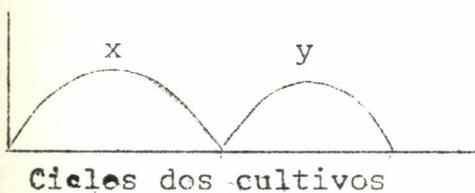
Os trabalhos de pesquisa visam o máximo aproveitamento dos recursos disponíveis, como radiação solar, água e habilidade produtiva dos diferentes cultivares, explorados em forma de monocultura ou de consórcio. É possível apresentar graficamente os sistemas de ocupação de áreas agrícolas das seguintes formas:



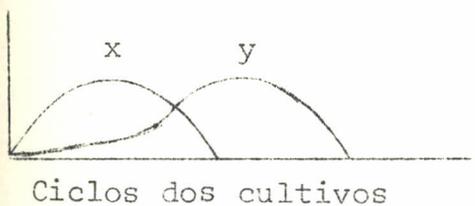
A) dois cultivos independentes (x) e (y) respectivamente.



B) "relay-crop"



C) soca



D) consórcio

A figura A representa a ocupação da área por duas monoculturas x e y. O plantio da segunda, y, é feito logo após a colheita da primeira x.

A figura B representa o plantio da segunda cultura y antes da colheita da primeira. O plantio dessa é feito quando observa-se penetração da luz solar dentro do "canopy", que deve ser consequência da atenuada atividade fisiológica, motivada pelo envelhe

cimento e queda das folhas da cultura anterior. Desde que haja disponibilidade de água e luz solar, a cultura introduzida pode rã se desenvolver satisfatoriamente. Este sistema é conhecido como "relay crop", e as plantas do 1º cultivo com uma negligível atividade ao permanecerem no campo, podem exercer a função de mulching e proteção das plantinhas novas germinadas.

Culturas que possuem propriedades de emissão de socas, como o sorgo, são representados pela figura C. O ponto principal a ser considerado consiste em se fazer a 1ª colheita quando por ocorrência da maturação fisiológica da cultura planta e, portan to, não deixar permanecer as plantas frutificadas no campo até a completa secagem dos grãos. Esta prática possibilita condições pa ra ob ten ção de uma socaria de excelente vigor, além de diminuir o período de ocupação da área. A figura D representa a consor - cia ção de duas culturas, que embora plantadas no mesmo tempo, possuem desenvolvimento vegetativo e ciclos fisiológicos diferen tes. O guan du x e o sorgo y podem ser tomados como exemplo. Nes te sist ema a luz solar e a água do solo são usados em larga es cala, pois desde o início da germinação, a área cultivada se a pre sen ta sempre com alta porcentagem de cobertura vegetal. Traba lhos de melhoramento genético no ICRISAT estão desenvolvendo cul tiv ares de guan du que, de início as plantas apresentam um desen v olv imen to vertical e, após a colheita do sorgo, este desenvolvi men to seja acentuadamente na horizontal para máxima in ter cep ta ção e aproveitamento da luz solar no processo fotossintético.

Encontra-se no SAT, em pleno desenvolvimento, execuções de pesquisas nas linhas descritas abaixo para determinações e es t u dos dos parâmetros implícitos a uma melhor utilização de "re re cur so s agrícolas".

#### CULTIVO:

- População - Espaçamento

- Desenvolvimento vegetativo:
  - acumulação de matéria seca
  - distribuição da área foliar
  - distribuição das raízes
- Utilização dos recursos:
  - interceptação da luz solar pela cultura
  - absorção de nutrientes
  - utilização de água
- Fertilidade - Nutrientes
- Disponibilidade de água
- Melhoramento de plantas
- Estabilidade de produtividade
- Fixação de nitrogênio
- Proteção das plantas contra:
  - ervas daninhas
  - pragas e doenças
- Modelamento de sistemas de utilização de recursos

## 2.2. Preparo do solo.

O sistema de plantio na Estação Experimental do SAT é feito em bancas de 1,50 m de largura, limitadas lateralmente por sulcos, ao redor de 15 cm de profundidade. Para facilitar os trabalhos à tração animal e possibilitar uma maior economicidade dos cultivos, as bancas normalmente não devem apresentar comprimento inferior a 100 m. Após a colheita, as bancas são revolvidas à 15 cm, os sulcos são reavivados e o solo dos mesmos é removido e espalhado em cima das bancas, através de um equipamento rústico à tração animal. A aração é feita após a colheita, mas o preparo da banca (cama de sementes) é realizado somente após a 1.<sup>a</sup> chuva do ano agrícola. De acordo com a erodibilidade do solo, a banca pode apresentar uma declividade entre 0,4 e 0,8%. O plantio das sementes na banca é feito aproximadamente à 15 cm de profundida-

de. Esta profundidade somente favorece a germinação quando houver uma precipitação pluviométrica razoavelmente suficiente para manter as plantas germinadas e vivas por um período relativamente longo, à espera de uma chuva.

### 2.3. Competição da luminosidade entre as plantas.

O plantio do consórcio de quandu com o milho pode ser apresentado como exemplo de uma competição por luminosidade, e ser representado graficamente da seguinte maneira:



O milho é representado por um cultivar de ciclo curto e plantado com uma densidade de 100.000 plantas por ha. Embora ambas as culturas tenham sido plantadas na mesma data, o quandu, de ciclo longo, tem propriedade genética para desenvolver horizontalmente e iniciar a floração somente após a maturação fisiológica e imediata quebra das plantas de milho.

Para maior rentabilidade do consórcio torna-se necessário um estudo sobre a competição de luminosidade entre os cultivares. Para isto são utilizados solarímetros, aparelhos que medem percentualmente a interceptação da luz pelo "canopy". Estes solarímetros são instalados perpendiculares às linhas do cultivo e as medições são relativas a um outro, localizado sobre o "canopy", indicador da máxima radiação em um dado momento. Caso não haja disponibilidade de integrador dos percentuais de interceptação da luz, as medições relativas de interceptação podem ser obtidas com um voltímetro, em intervalos de 1 hora.

O solarímetro é um aparelho baseado nos "princípios de Thermocouple" e na sua construção, são utilizados os seguintes materiais:

Baquelite : Peça suporte de todo o aparelho. É isolante térmico e elétrico, e não é atacado por ácido. A placa pode apresentar a forma de 3 cm de largura por 30 cm de comprimento e, a face a ser exposta à luminosidade é pintada em área de cor branca e preta, segundo o modelo apresentado abaixo:



Constantan: Fio de reduzido diâmetro que se dispõe em voltas circundando a placa de baquelite. Por meio de uma reação química, faz-se com que haja uma deposição de cobre em uma parte do segmento de cada volta. Para uma placa de baquelite de 30 cm, utilizou-se 100 voltas de fio de constantan disposto de um lado e ao longo da placa de baquelite.

Fio de cobre: Apresenta-se com espessura maior que a do fio de constantan, e deve ser mantido um perfeito contato com os pontos sem deposição de cobre dos segmentos das 100 voltas do constantan.

Araldite ou esmalte para as unhas : Material usado para evitar, durante a reação eletrolítica, a deposição de cobre nos pontos de contato entre os fios de cobre e o de constantan. Após a deposição do cobre, a araldite que cobre ao longo da placa de baquelite uma faixa de 1 cm de largura, é removida com acetona dos setores de contato do fio de cobre com o de constantan, onde, conseqüentemente, não recebeu efeito da reação química.

Acetona ou similar : Utilizada para remover a araldite após a deposição de cobre sobre o setor da placa isento de araldite.

Bateria de 12 volts : Utilizada na reação eletrolítica para deposição de cobre por um período de 30 minutos, sobre setores das voltas do fio de constantan não protegida com araldite. A reação eletrolítica deverá estar sob uma amperagem máxima de 750 mA. Esta regulagem pode ser realizada por meio de uma resistência elétrica ajustável.

Tintas : Branca brilhante e pretã, utilizadas para pintura de uma das faces da placa de baquelite.

Solução eletrolítica : 100 gm  $\text{CuSO}_4$   
 25 ml  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (100% concentrado)  
 1 litro  $\text{H}_2\text{O}$

Especificação do solarímetro : Um aparelho contruído obedecendo as especificações acima, quando exposto a alta intensidade de radiação solar, apresenta uma voltagem entre 45 a 50 mV.

Calibração: seleciona-se um solarímetro para representar o padrão. Os outros aparelhos são calibrados pelo solarímetro padrão no decorrer de um dia de observação.

#### 2.4. Avaliação de culturas consorciadas:

Para avaliação da cultura consorciada utiliza-se também no experimento parcelas com monocultura. A avaliação é realizada da maneira exemplificada abaixo:

Bateria de 12 volts : Utilizada na reação eletrolítica para deposição de cobre por um período de 30 minutos, sobre setores das voltas do fio de constantan não protegida com araldite. A reação eletrolítica deverá estar sob uma amperagem máxima de 750 mA. Esta regulagem pode ser realizada por meio de uma resistência elétrica ajustável.

Tintas : Branca brilhante e pretã, utilizadas para pintura de uma das faces da placa de baquelite.

Solução eletrolítica : 100 gm  $\text{CuSO}_4$   
 25 ml  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (100% concentrado)  
 1 litro  $\text{H}_2\text{O}$

Especificação do solarímetro : Um aparelho contruído obedecendo as especificações acima, quando exposto a alta intensidade de radiação solar, apresenta uma voltagem entre 45 a 50 mV.

Calibração: seleciona-se um solarímetro para representar o padrão. Os outros aparelhos são calibrados pelo solarímetro padrão no decorrer de um dia de observação.

#### 2.4. Avaliação de culturas consorciadas:

Para avaliação da cultura consorciada utiliza-se também no experimento parcelas com monocultura. A avaliação é realizada da maneira exemplificada abaixo:

$\frac{x}{X} + \frac{y}{Y} = ?$  Donde  $x$  e  $y$  = produtividades isoladas do milho e guandu respectivamente das parcelas consorciadas.

$X$  e  $Y$  pesos das parcelas das culturas puras de milho e guandu, respectivamente, Se  $\frac{x}{X} = 0,6$  e  $\frac{y}{Y} = 0,8$

donde:  $0,6 + 0,8 = 1,4$

Assim conclui-se que o consórcio apresentou 40% a mais que a cultura pura.

Obs: A cultura pura pode, no campo, ocupar somente a metade da área destinada à parcela da cultura consorciada.

Resultados e análises do Experimento sobre "stand de germinação do guandu" em diferentes sistemas de plantio: A, B e C.

FS LW-2 Experiment - 1

Stand of chickpea in BW-5 replicated management experiments, before and after rain<sup>1/</sup>.

<u>A</u> Flat Planting	Plot	1	7	9	11	average
10 <sup>3</sup> plants/ha	29/9	92	61	104	120	94
	15/10	203	243	293	119	214
	2) %	45%	25%	35%	100%	-
<u>B</u> Broad Beds	Plot	2	5	7	10	
10 <sup>3</sup> plants/ha	29/9	177	157	134	197	166
	15/10	317	210	167	202	223
	%	56%	75%	82%	98%	-
<u>C</u> Narrow Ridges	Plot	3	6	8	12	
10 <sup>3</sup> plants/ha	29/9	175	122	55	125	119
	15/10	362	351	201	295	302
	%	48%	35%	27%	42%	-

1) Rain started at 28/9 and 60 mm was measured up to 8/10

2) Plants emerged before rain as percentage of plant stand after rain, in same plot.

Plant-stand countings BW5 Rabi (Chickpea)  
Flat Planting

Plot No		1		4		9		11	
Date		a*	b**	a	b	a	b	a	b
Sample	1	66	263	88	411	97	373	86	132
	2	40	232	148	190	121	244	154	154
	3	150	265	47	335	30	386	171	111
	4	192	228	20	263	242	321	184	154
	5	200	253	73	313	208	401	231	155
	6	101	266	40	378	112	348	104	153
	7	63	246	21	247	130	414	95	161
	8	56	199	139	200	42	330	107	118
		868	1952	576	2337	982	2817	1132	1138
Plants/ha	$\times 10^3$	92	203	61	243	104	293	120	119
Range		34	166	17	158	25	203	73	92
		169	222	125	342	205	345	195	134

\* a - Date of Sampling - 29.9.77 represents germination without rain

\*\* b - Date of Sampling - 15.10.77 after 60 mm rain

Sample size - 8,0 m x 1.5 m

Plant-Stand Counting BW5 Rabl (Chickpea)  
Narrow Ridges

Plot №	3		8		12		6		
Date	a*	b**	a	b	a	b	a	b	
Sample	1	275	381	<u>9</u>	281	<u>77</u>	303	67	<u>288</u>
	2	97	457	95	<u>164</u>	159	334	<u>256</u>	<u>547</u>
	3	190	493	95	203	159	<u>263</u>	<u>61</u>	487
	4	112	<u>535</u>	<u>116</u>	167	139	416	171	374
	5	170	412	41	241	93	329	78	409
	6	264	415	64	302	<u>224</u>	<u>485</u>	195	476
	7	238	412	41	<u>319</u>	209	339	196	450
	8	<u>313</u>	374	53	248	121	367	128	334
Total		1659	3479	519	1925	1181	2836	1152	3365
Plants/ha x 10 <sup>3</sup>		175	362	55	201	125	295	122	351
Range		82	312	8	137	65	219	52	240
		265	446	98	266	189	404	217	456

\* a - Date of Sampling: 29.9.77, represents germination without rain

\*\* b - Date of Sampling: 15.10.77, after 60 mm rain

Sample size - 8,0 m x 1,5 m

Plant-Stand Counting BW5 Rabl (Chickpea)

Broad Beds

Plot n°	2		5		7		10		
Date	a*	b**	a	b	a	b	a	b	
Sample	1	<u>355</u>	377	174	182	231	<u>127</u>	242	<u>324</u>
	2	209	<u>223</u>	125	266	165	229	210	224
	3	330	397	<u>253</u>	283	160	182	<u>133</u>	205
	4	230	590	233	251	232	242	207	183
	5	153	260	190	<u>172</u>	<u>39</u>	197	245	261
	6	<u>100</u>	418	252	<u>333</u>	204	181	281	208
	7	139	369	<u>83</u>	298	160	199	<u>287</u>	260
	8	157	405	170	233	77	218	262	273
		1673	3039	1480	2018	1268	1575	1867	1938

Plants/Ha

x 10 <sup>3</sup>	177	317	157	210	134	164	197	202
Range	85	186	70	143	33	106	113	152
	300	492	214	277	196	202	243	270

\* a - Date of Sampling: 29.9.77, represents germination without rain

\*\* b - Date of Sampling: 15.10.77, after 60 mm rain

Sample size 8,0 m x 1,5 m

As pesquisas hidrológicas do ICRISAT estão, até o momento, dirigidas às bacias hidrográficas fechadas cujas características são dependentes da topografia, geologia e pedologia. São estudadas bacias hidrográficas sob três diferentes condições de solo:

- Vertisolos profundos pH  $\pm$  8,5 e profundidade superior a 1,50 m.
- Vertisolos rasos: pH  $\pm$  8,5 e profundidade média de 0,70 m.
- Solos vermelhos: pH 6 a 7,5 e profundidade ao redor de 0,60 m.

Os trabalhos executados na Estação do ICRISAT não estão dirigidos para bacias hidrográficas com superfície demasiadamente íngreme ou relativamente planas, mas às condições locais que encontram-se ao redor de 1 a 2%, que são representativas da região onde está instalada a Estação Experimental do SAT.

Para a máxima eficiência no aproveitamento dos recursos hídricos, são delimitadas bacias de 3 a 6 ha, com sub-bacias em média de 0,5 ha.

Dentro destas sub-áreas são realizados todos os estudos de balanço hídrico, e pesquisados todos os fatores implícitos ao maior aproveitamento da água da chuva na agricultura.

Desde que os trabalhos são dirigidos à produção agrícola, o sistema coletor de run-off é esquematicamente, dentro de certos limites, subordinados às práticas agrícolas e técnicas de conservação dos solos.

As sub-parcelas se apresentam com pequenos sulcos coletores, de preferência não inferiores a 100 m de comprimento. Estes sulcos são distanciados de 1,50 m, e situam-se lateralmente

e ao longo de uma banca destinada ao plantio, com declividades que oscilam de 0,4 e 0,8%. Esta declividade é função das características de erodibilidade dos solos, cujos valores são determinados através de amostragens dos sedimentos contidos no run-off. Os estudos de conservação dos solos estimam ser permissível uma erodibilidade máxima de 3 t/ha/ano.

Trabalho de pesquisa tem mostrado que uma cama de sementes em forma de banca de 1,50 m de largura e limitadas por sulcos de 15-20 cm de profundidade, apresentam significativas vantagens em relação a plantios realizados em camalhões ou em superfície plana, pelas seguintes razões:

A dimensão da banca oferece condições para conservação de sua conformação por tempo indefinido evitando assim constantes trabalhos com sistematização. Após uma série de cultivos, o formato original da cama de sementes pode ser recuperado pelo revolvimento do solo da banca à profundidade de 15 cm e respectivos a vivamentos dos sulcos, redistribuindo o solo sobre a mesma. Estes trabalhos de preparação do solo são realizados com equipamentos muito simples de tração animal. A disposição dos sulcos e bancas/ servem de orientação para o trabalho à tração animal. Após a colheita a banca é revolvida à 15 cm de profundidade mas o preparo da cama para sementes só é realizado logo após a 1ª chuva do ano agrícola. Este sistema permite um excelente destorroamento e eliminação das primeiras ervas daninhas que viriam a germinar e, também, funcionará como mulching, caso seja a 1ª. chuva de apreciável precipitação.

- A forma da superfície do solo cultivado apresenta-se com pequenos sulcos e bancas de topo plano. Esta oferece condições para boa penetração da água da chuva e aquelas funcionam como pequenos drenos coletores que levam o excesso pluviométrico para o dreno coletor secundário ou principal. Assim, o cultivo terá drenagem superficial eficiente, evitando consequentemente danos de correntes de asfixia, escaldadura, e de incidência de fungos.

e ao longo de uma banca destinada ao plantio, com declividades que oscilam de 0,4 e 0,8%. Esta declividade é função das características de erodibilidade dos solos, cujos valores são determinados através de amostragens dos sedimentos contidos no run-off. Os estudos de conservação dos solos estimam ser permissível uma erodibilidade máxima de 3 t/ha/ano.

Trabalho de pesquisa tem mostrado que uma cama de sementes em forma de banca de 1,50 m de largura e limitadas por sulcos de 15-20 cm de profundidade, apresentam significativas vantagens em relação a plantios realizados em camalhões ou em superfície plana, pelas seguintes razões:

A dimensão da banca oferece condições para conservação de sua conformação por tempo indefinido evitando assim constantemente trabalhos com sistematização. Após uma série de cultivos, o formato original da cama de sementes pode ser recuperado pelo revolvimento do solo da banca à profundidade de 15 cm e respectivos ativamentos dos sulcos, redistribuindo o solo sobre a mesma. Estes trabalhos de preparação do solo são realizados com equipamentos muito simples de tração animal. A disposição dos sulcos e bancas/ servem de orientação para o trabalho à tração animal. Após a colheita a banca é revolvida à 15 cm de profundidade mas o preparo da cama para sementes só é realizado logo após a 1ª chuva do ano agrícola. Este sistema permite um excelente destorroamento e eliminação das primeiras ervas daninhas que viriam a germinar e, também, funcionará como mulching, caso seja a 1ª. chuva de apreciável precipitação.

- A forma da superfície do solo cultivado apresenta-se com pequenos sulcos e bancas de topo plano. Esta oferece condições para boa penetração da água da chuva e aquelas funcionam como pequenos drenos coletores que levam o excesso pluviométrico para o dreno coletor secundário ou principal. Assim, o cultivo terá drainagem superficial eficiente, evitando consequentemente danos de correntes de asfixia, escaldadura, e de incidência de fungos.

- O sistema coletor de run-off possibilita uma distribuição uniforme de umidade em toda a área da bacia hidrográfica, e também faz com que o fluxo hídrico seja mensurado em "pontos chaves", seguindo posteriormente para o reservatório coletor, de onde será utilizado para as irrigações suplementares. A medida do run-off é feita sob aspectos hidrográficos e de erodibilidade dos solos.

- Por decorrência da necessidade de uma aplicação suplementar de água ao cultivo, os pequenos sulcos coletores dispostos entre bancas podem ser utilizados como sulcos de irrigação. Estes sulcos-coletores, com profundidade e largura de 15 e 20 cm respectivamente, apresentam relativamente um pequeno perímetro molhado que torna viável o alcance do final do sulco pelo fluxo de água de irrigação, sem acarretar perdas significativas por percolação. Este efeito em sua totalidade é proveniente das propriedades físicas do solo, da secção transversal do sulco, da distância entre sulcos e do relativo volume de água a ser aplicado na área. Deste modo, nos primeiros momentos da irrigação, o efeito da gravidade sobre a água do sulco se faz relativamente em um reduzido plano horizontal, quando comparado com toda a área do cultivo.

### 3.1. Drenagem superficial.

O sistema coletor superficial de uma bacia hidrográfica em sua generalidade se compõe de:

- a) Pequenos drenos situados entre as bancas de plantios.
- b) Drenos secundários, geralmente dispostos nas bordas das áreas cultivadas e que recebem o run-off transportado pelos drenos internos da área cultivada. Em virtude dos drenos secundários apresentarem uma área relativamente apreciável, encontra-se em estudo a utilização dos drenos localizados em topografia suave.

- c) Dreno coletor principal, de preferência situado na parte média da área e normalmente apresenta maior declividade. Para evitar a erosão estes drenos e os drenos secundários são protegidos com gramíneas.

### 3.2. Conformação dos drenos.

Os drenos internos, localizados entre as bancas de plantio apresentam as dimensões de largura e profundidade de 20 e 15 cm, respectivamente. Os secundários são normalmente limitados de um lado pelo desague dos drenos internos e do outro por um dique divisório de bacias ou sub-bacias hidrográficas. Estes drenos são relativamente largos e pouco profundos possibilitando assim receber um fluxo hídrico suave proveniente dos drenos internos. O dreno principal apresenta-se pouco profundo (30-35 cm) e com largura suficiente para movimentação de carros, estima-se ao redor de 2 a 2,50 m.

### 3.3. Medidas de run-off

É utilizado na estação do SAT calhas Parshall e vertedouros de 90º. As calhas são usualmente instaladas para medições de grandes volumes de água. Para uma área de 5 ha encontra-se instalada uma calha com garganta de 50 cm e 80 cm de altura. Já para uma área de 2 ha acha-se instalada uma com garganta de 30 cm, e 80 cm de altura.

Em uma determinada bacia hidrográfica observou-se a instalação de duas calhas. Uma de menor garganta utilizada por decorrência das primeiras chuvas ou chuvas de pequena intensidade; já a de grande garganta destina-se a medição de run-off de alta intensidade. Usualmente os vertedores são empregados na medição dos run-off das sub-bacias hidrográficas, representadas, em média, por uma área de 0,5 ha. Estes medidores podem indicar uma lâmina de água de até 25-35 cm. As variações das intensidades do run-off são registrados por meio de limnigrafos, aparelho tipo

"Continuous liquid level recording units Chart nº 5-1940 AB Ink nº 10, Pen nº 3-L5, 24 horas".(\*)

### 3.4. Reservatório.

Desde que as pesquisas são desenvolvidas para o máximo aproveitamento econômico de água da chuva, são realizados no SAT estudos sobre capacidades de reservatórios de água. Anos alguns anos de experiências, ontaram pelo reservatório capaz de acumular 1 acre/feet ( $1.176 \text{ m}^3$ ).

Em uma bacia hidrográfica de 3,5 ha foram construídos três reservatórios com áreas superficiais de 30 m x 30 m e 1,70 m de profundidade. Esta bacia recebe também run-off de uma área vizinha. O talude de um reservatório está em função das propriedades do solo. Na estação do SAT, os reservatórios são construídos com taludes 2:1 e 1:1/2 para os lados internos e externos, respectivamente. No topo da parede é deixada uma faixa de 1,50 m de largura.

A construção destes pequenos reservatórios é justificada pelas razoáveis condições de manutenção, economia de tubos e outros equipamentos de irrigação, e reduzidas perdas por percolação. Assim, desde que seja possível, eles são distribuídos por toda a área cultivada. Em linhas gerais é estimado um armazenamento de água de 10 a 15% do run-off total anual.

(\*) Endereço do fabricante: BELFOR INSTRUMENT COMPANY.  
1.600 S Clinton Street  
Baltimore 2,  
MARYLAND 21224 - USA.

#### 4 - MANEJO DE SOLO E ÁGUA EM UMA BACIA HIDROGRÁFICA

No ICRISAT, as pesquisas em execução nas bacias hidrográficas sobre manejo de solo e água visam o seguinte:

- Reduzir o run-off e erodibilidade dos solos
- Desenvolver uma efetiva drenagem superficial, quando necessário.
- Aumentar a proporção do uso de água de chuva na produção agrícola.
- Alcançar alta eficiência do uso da chuva
- Utilizar efetivamente a disponibilidade de águas superficiais e profundas.
- Gerar tecnologia apropriada para o desenvolvimento e manejo do solo e água.

A fim de se obter informações sobre o comportamento dos fatores acima especificados, tornou-se necessário estudar acuradamente o balanço hídrico de bacias hidrográficas. Este estudo considera não somente toda a água que entra e que sai numa determinada bacia, mas também a necessidade do conhecimento qualitativo e quantitativo dos mais diferentes fenômenos ocorridos entre estes dois pontos. Assim, torna-se possível uma alta eficiência de utilização dos recursos hídricos para uma exploração econômica e racional de toda a potencialidade da bacia hidrográfica.

Para determinação do balanço hídrico nas diferentes bacias hidrográficas da Estação Experimental do SAT, são estudados os seguintes itens:

- a - Precipitação pluviométrica (P)
- b - Evaporação do Tanque Classe A ( $E_0$ )
- c - Variações de umidade no perfil do solo ( $\Delta M$ )
- d - Depleção da precipitação pluviométrica armazenada no solo: ( $P - M = L$ )
- e - Transpiração das plantas (T)

- f - Evaporação dos solos (E)
- g - Percolação profunda
- h - Determinação das transpirações das plantas no campo (T)
- i - Estimativa da transpiração ( $T^* = L - E$ )
- j - Drenagem (D)
- k - Run off (R)
- l - Determinações realizadas em lisímetros.

#### 4.1 Precipitação pluviométrica

A variação da estação úmida no SAT se situa entre 3 a 5 meses na maioria das regiões do globo. A distribuição das chuvas é geralmente irregular e com períodos de estiagem, afetando drasticamente a produção agrícola, refletindo conseqüentemente em calamidade pública. Em muitas áreas há ocorrência de uma baixa proporção efetiva da total precipitação para a agricultura, que repercute em baixas produtividades agrícolas.

O ICRISAT está estudando no decorrer de todo o ano, o comportamento das variações de chuvas e variações da umidade no perfil do solo, a fim de que seja possível determinar o uso efetivo das chuvas e quantificar a utilização da umidade do solo pelos diferentes cultivos.

Para determinação das precipitações pluviométricas são utilizados pluviômetros e pluviógrafos em toda a área experimental, distanciados de 200 m, ou então, dependendo da disposição das áreas cultivadas. É utilizado o método de Thiessen na análise de distribuição das chuvas na área. Neste método aproximado considera-se que as precipitações na área em forma de polígono arbitrariamente determinada por um traçado gráfico, sejam representadas pela estação nela compreendida. A aplicação deste método leva a impor às observações de cada estação um "peso constante", obtido pela percentagem da área total por ela representada. O cálculo de altura média de toda área é feita pela média ponderada baseada nestes pesos.

#### 4.2. Evaporação

Fenômeno físico do ciclo hidrológico e indispensável à determinação do balanço hídrico. Informações da demanda evaporativa são indispensáveis ao planejamento de sistemas agrícolas, reservatórios, etc.

Como representante da demanda evaporativa na estação experimental do SAT é utilizado o tanque Classe A, protegido por uma área tampão gramada. Desde que todos os fatores responsáveis pela evaporação do tanque são os mesmos responsáveis pelo uso de água pelas culturas, são determinados para as diferentes culturas coeficientes de correção relativos às diferentes exposições do tanque, dos percentuais relativos à cobertura do solo pelo cultivo, e à intensidade de atividade fisiológica das plantas, que é consequência de suas características xerófitas e da idade.

O tanque Classe A obedece as seguintes especificações:

Diâmetro da bandeja: 121,5 cm

Altura da bandeja: 25,4 cm

Nível de água mantida a 5 cm da borda.

Altura do fundo do aparelho sobre o solo: 15 cm

Obs:

O material de construção é chapa de ferro galvanizado. O suporte entre a bandeja e o solo é feito de madeira, pintada de branco.

#### 4.3. Variações da umidade no perfil do solo.

As determinações das variações de umidade no perfil do solo ( $\Delta M$ ) são indispensáveis aos estudos do balanço hídrico. Ao atingir o solo a água proveniente de uma chuva, fica subordinada às forças de tensão do solo e da gravidade que condicionam permanentemente um estado dinâmico: movimentando-se para as camadas profundas ou para a superfície do solo, em direção às radículas, ou mesmo transformando-se em vapor e alcançando a atmosfera.

Nas mediações das variações de umidade do solo na estação do SAT são utilizados os métodos: gravimétrico, tensiômetros e a sonda de neutrons.

#### Método gravimétrico.

A metodologia de determinação da umidade do solo pelo método gravimétrico é a mesma utilizada no CPATSA. Entretanto, a qualidade do equipamento, representado por diversas baterias de trado tipo Veihmeyer, oferece condições excelentes para a determinação da umidade do solo. O estudo desse equipamento reflete-se na qualidade da amostragem e economia de tempo.

Para as determinações da umidade do perfil do solo utiliza-se o método gravimétrico nas profundidades de 0-10 e de 10-20 cm, faixa em que a sonda de nêutrons utilizada na estação do SAT, não tem condições de operar. Para uma área de 20 m x 60m são realizadas amostragens em dez diferentes furos, até a uma profundidade de 1,80 m. As amostradas são as seguintes:

Gravimetricamente: 0-10 e 10-20 cm

Sonda de neutrons: 30, 60, 90, 120, 150 e 180 cm.

As amostragens de umidade no campo são realizadas usualmente, em intervalos de sete dias; contudo, é frequente intervalos mais curtos quando torna-se necessário informações mais acuradas, para mostrar ou esclarecer fatos relativos à análise geral dos dados obtidos.

Em linhas gerais o método gravimétrico consiste em:

- a) Amostragem na faixa desejada do perfil do solo
- b) Pesagem da amostra
- c) Secagem em estufa, por 24 horas, à 105°C
- d) Pesagem da amostra desidratada
- e) Cálculo percentual da umidade contida na amostra em relação ao peso do solo seco.

As sondas de nêutrons utilizadas na Estação do SAT são de modelo da Troxler 1257 SN 455, com medidor portátil 2651 e que corresponde ao mesmo tipo da existente no CPATSA. Este aparelho não utilizado para as determinações da umidade nas camadas superficiais do solo devido a dissipação de nêutrons para a atmosfera. Para esta faixa do perfil, usa-se o método gravimétrico já descrito anteriormente.

O uso prático do aparelho é feito através de uma prévia calibração que é obtida entre as leituras do aparelho com percentuais de umidade determinadas gravimetricamente. Nos trabalhos do campo é utilizado o tempo de 30 segundos para emissão de nêutrons, em cada leitura.

#### Tensiômetro e piezômetro.

No período do ano em que as tensões de umidade do solo são inferiores a 1 atm, são utilizados tensiômetros com mercúrio para identificar as tensões a que estão submetidas as plantas, e acompanhar a direção do fluxo hídrico no perfil do solo.

Na indicação da tensão do solo em coluna de água (cm), o mercúrio apresenta-se no sistema com a densidade de 12,5.

Em algumas áreas cultivadas o perfil do solo apresenta-se com extratos impermeáveis que aliados às condições topográficas, dão origem à formação de lençol freático sob pressão. Para identificação e estudo de tais ocorrências e seu respectivo período de duração, são instalados piezômetros em diferentes extratos do solo. Este aparelho é usado para indicar cargas (pressões) positivas e em sua instalação é utilizado concreto para vedar o furo do solo feito para inserção do tubo, evitando-se assim passagem de água de um para outro extrato do solo. Nos trabalhos de campo foi possível identificar em uma particular zona, lenções freáticos independentes com diferentes pressões, nas profundidades de 1,50 m e 2.50 m, respectivamente. Na área em estudo foram determinadas as variações de pressão artesiana e direção do fluxo hídrico.

## 4.4. Depleção da precipitação pluviométrica armazenada no solo:

$$L = P - \Delta M \quad P = \text{Precipitação pluviométrica armazenada no perfil do solo.}$$

$\Delta M$  = Variações de umidade no perfil do solo.

## 4.5. Radiação solar

- Balanço de energia.

Ênfase especial é dada, no ICRISAT, aos estudos referentes ao balanço de energia. Primeiro, porque ela é a grande responsável pelo processo de transformação da água líquida em vapor, e segundo, porque a energia solar é o agente essencial à síntese da matéria orgânica que se dá através da fitossíntese. Assim o rendimento de um cultivo está em função da forma de distribuição das plantas sobre a área cultivada, visando deste modo uma máxima ação fotossintética. Este assunto e os fenômenos relativos aos efeitos de radiação solar sobre as culturas foi discutido em "Seminário".

No campo da Estação do SAT acham-se instalados "quantum sensor" para determinação da radiação ativa fotossintética (PAR), a qual apresenta-se com o comprimento de onda entre 0,4-0,7 $\mu$ . São também obtidos, através de radiômetros(\*). Informações necessárias aos estudos da determinação de radiação neta, representada pela equação simplificada:

$$R_n = (Q+q) (1-a) + I_{\downarrow} - I^{\uparrow}$$

$R_n$  = radiação neta

donde: Q = energia solar difusa incidente sobre a superfície da terra.

q = radiação solar difusa incidente sobre a superfície da terra.

a = reflexão da superfície expressa em fração

---

(\*) Endereço do fabricante: Lambda Instruments Corporation Lincoln, Nebraska 68504-USA.

$I_{\downarrow}$  = radiação de ondas longas recebida pela terra

$I_{\uparrow}$  = radiação de ondas longas emitida pela terra.

#### 4.6. Transpiração.

A transpiração atual das plantas além de estar condicionada ao fator genético da cultura, está ainda em função do potencial hídrico do solo e da demanda evaporativa. Este fator pode ser determinado através de lisímetro ou, então, utilizando a relação  $T^* = L - E$ ; donde  $L = P - \Delta M$ , e  $E$  = evaporação do solo. Na estimativa da transpiração, em um sistema sem STRESS, utiliza-se a relação  $T = (1 - \beta) E_0$  mm; donde  $\beta$  representa o percentual relativo de energia que atinge o solo e,  $E_0$  indica a evaporação do tanque Classe A.

#### 4.7. Evaporação dos solos.

A água perdida pela superfície do solo no decorrer das fases das diferentes circunstâncias evaporativas da superfície do solo, é função da intensidade da radiação solar, da capacidade da superfície do solo em transformar a energia radiante em calor sensível, das condições de transmissibilidade capilar e, finalmente, alguns dias após a aplicação de água a perda de umidade é dependente, quase que exclusivamente, da difusão de vapor das camadas profundas para a superfície do solo. Deste modo, observa-se a complexibilidade que envolve estes processos físicos cujas intensidades variam de solo para solo.

Na Estação do SAT vem-se desenvolvendo estudos comparativos entre várias metodologias visando estimativas aprimoradas da evaporação do solo, como sejam:

Método gravimétrico, com amostragens da superfícies do solo

Pesagem diária de bandejas inseridas dentro da área evaporativa;

Evaporação estimada da superfície do solo baseada na precipitação pluviométrica e tanque de evaporação.

- Métodos gravimétrico:

Consiste na amostragem gravimétrica do solo utilizando o trado tipo Veihmeyer. Este método encontra-se descrito em outro capítulo.

- Método de utilização de bandejas.

Utiliza-se bandejas de alumínio completamente cheias de solo e inseridas na área em estudo, de modo que o solo da bandeja permaneça no mesmo nível do solo da área. A bandeja apresenta as seguintes dimensões: 10 cm de profundidade; 20 cm de largura e 40 cm de comprimento. As variações de umidade são obtidas pela pesagem diária da bandeja às 09:00 horas da manhã.

- Evaporação estimada da superfície do solo (E): baseada na precipitação pluviométrica (P) e tanque de evaporação ( $E_o$ )

Este método está sendo testado com informações de campo e pode ser apresentado da seguinte maneira:

Data	P	nº de dias t	$E_o$	E solo	$\frac{E_o}{t}$ mm
1º de outubro	30mm	1	5,0		5,0
2		1	5,0		5,0
3		2	5,0		2,5
4		3	5,0		1,7
5		4	5,0		1,2
6		5	5,0		1,0
7		6	5,0		0,8
8		7	5,0		0,7
9		8	5,0		0,6
10		9	5,0		0,5
					<u>19,0 mm</u>

#### 4.8. Drenagem interna.

A água da chuva pode tomar diferentes destinos após atingir o solo, como sejam: evaporação/transpiração; armazenamento

no perfil do solo, ou perda por run off ou drenagem interna. Aqui trataremos somente sobre drenagem interna, pois os estudos sobre run off encontram-se no capítulo referente a bacias hidrográficas.

Após a penetração da água no solo e as tensões de umidade alcançarem valores inferiores a 0,1-0,3 atm. o movimento hídrico do sistema é dependente quase que exclusivamente da força de gravidade, dando origem a percolação da água para as partes profundas do solo. Estes movimentos hídricos podem ser detectados através de tensiômetros localizados em diferentes profundidades. Por decorrência das análises das leituras dos tensiômetros, na transformação da coluna de Hg em cm de água, a densidade do mercúrio é representada por 12,5 em vez de sua real densidade fora do sistema de 13,5. Cálculos da determinação de movimento hídrico e graficagem de dados encontram-se na página 43.

Para determinações acuradas da água percolada em sistema limitados (fechados) utilizam-se lisímetros, nos quais a intensidade do movimento hídrico no perfil do solo é acompanhado também por informações obtidas com tensiômetros.

Na Estação do SAT encontra-se em pleno funcionamento lisímetros hidráulicos com as seguintes características:

Profundidades - 1,20 m.

Área: 3,6 x 3,6 m

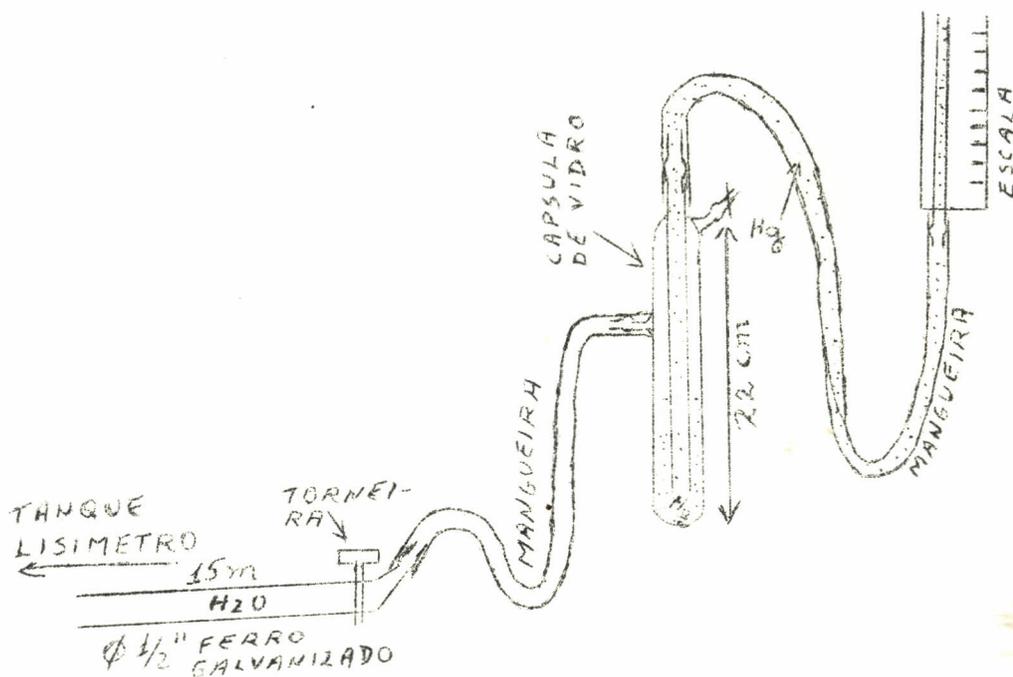
#### 4.9. Lisímetros.

No momento, o lisímetro representa o aparelho mais preciso nas determinações da evapotranspiração, ou seja, do movimento de água em forma de vapor da superfície da terra para a atmosfera (incluindo assim a evaporação da superfície do solo e das plantas e, também a transpiração pelas folhas). O lisímetro mede a integração dos efeitos de inúmeros fatores climáticos, tais como, radiação, temperatura, umidade e vento, integrados na forma de evapotranspiração. Idealmente, um lisímetro deveria conter um perfil natural do solo representativo da área e também não apresentar des

continuidade com o meio circundante. Com muita aproximação com os aspectos acima descritos, no ICRISAT encontram-se em funcionamento lisímetros, construídos sob as seguintes especificações:

- a) Tanque de chapa de ferro, com as seguintes dimensões:  
 área = 3,6 m x 3,6 m  
 profundidade = 1,20 m.
- b) Tanque de cimento enterrado  
 área = 4,40 m x 4,40 m  
 profundidade = 1,20 m com o topo da parede do tanque ficando à 30 cm abaixo da superfície do solo.
- c) No fundo do tanque de cimento, encontra-se quatro suportes de cimento, sobre os quais permanecem as mangueiras de lona. Os suportes apresentam a secção de 25 cm de largura por 15 cm de altura, com o comprimento de 4,0 m. Estes suportes são distribuídos igualmente dentro das dimensões do fundo do tanque de chapa.
- d) Quatro mangueiras de lona de 20 cm de diâmetro por 4,00 m de comprimento, capazes de suportar 50-60 lb/ in<sup>2</sup>. Braçadeiras de ferro vedam os terminais das mangueiras. Cada mangueira apresenta-se na extremidade com uma saída em forma de pito.  
 Para o equilíbrio do peso do tanque com solo e o manômetro, é necessário uma coluna de mercúrio de 1,20 a 1,60 m.

Estas mangueiras completamente cheias de água fazem parte de um sistema único, através de conexões de canos galvanizados de 1/2" de diâmetro e tubos plásticos. O sistema se conecta a um manômetro de Hg por meio de um tubo de ferro galvanizado de 1/2" de diâmetro e 15m de extensão enterrado no solo. A conexão com manômetro é feita por meio do dispositivo abaixo.



e) Chapas de ferro em posição horizontal se apoiam sobre as paredes do tanque de cimento e suportes de ferro, e alcançam até a distância de 5 cm das paredes do tanque de chapa de ferro. Neste ponto elas são dobradas verticalmente em direção à superfície até a altura das paredes do tanque do lisímetro. Todo o espaço acima das chapas é preenchido com solo e embaixo das chapas, entre as paredes dos dois tanques, ficam corredores destinados a verificações e reparos.

f) Durante as determinações da evapotranspiração torna-se necessário aferição diária do sistema. Esta é feita por meio do peso conhecido de uma pessoa e leituras na coluna de mercúrio. Para um perfeito manuseio do aparelho, torna-se necessário a instalação de duas válvulas (torneiras) nas extremidades do cano de 15 m.

Um dos extremos corresponde a junção das quatro mangueiras, sobre as quais está apoiado o tanque de chapa de ferro preenchido com solo, e o outro extremo fica em conexão com a coluna de mercúrio (manômetro).

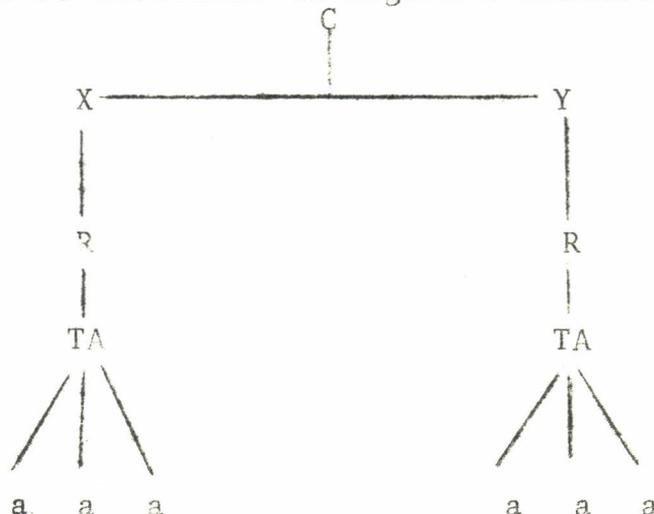
## 4.10. Determinação do balanço hídrico entre junho 11 e agosto 3.

Periodo	d	P	$E_o$	$\Delta M$	L	$\beta$	E	T	$T^*$	D	R
Jun.11-Jul-8	25	120	137	+11	109	0,98	84	4	25	0,0	0,0
Jul-8-Ago.-3	26	130	144	+53	77	0,70	64	13	13	0,0	0,0

- d = dias  
P = chuva - mm  
 $E_o$  = Evap. tanque classe A - mm  
 $\Delta M$  = variações de unidade no perfil do solo - mm  
L = P -  $\Delta M$  mm  
 $\beta$  = percentagem de radiação que atinge o solo. Para o solo desnudo = 1. Para o solo com cobertura vegetal  $\beta < 1$ .  
E = evaporação do solo - mm  
T = transpiração - mm  
 $T^*$  = transpiração em um sistema sem stress de umidade = L - E. mm  
R = run off - m<sup>3</sup>  
D = drenagem - mm

## 4.11. Equipe técnica do ICRISAT de manejo de solo e água

A equipe se distribue da seguinte maneira gráfica:



- C - Coordenador e responsável técnico da programação, e execução, análise e publicação das pesquisas executadas nos dois diferentes tipos de solo (X e Y). Todos os trabalhos de campo estão diariamente, sob sua su pervisão.
- R - Cientistas responsáveis pelo lançamento dos trabalhos no campo e pelo acompanhamento de todas as de terminações realizadas. As informações são diariamente entregues ao Coordenador no expediente da tarde, para as devidas graphicagens e anotações de ocorrências consideradas de importancia para a análise dos resultados.
- TA - Técnico agrícola de nível médio, ligado diretamente ao setor R. Sua função é comparada a um assistente executivo. Há um íntimo contato do mesmo com os seus tres ajudantes encarregados das amostragens do solo, etc.
- a - Ajudantes encarregados dos trabalhos de instalação de instrumentos e trabalhos outros.  
Quando há necessidade de execução de trabalhos como: plantio, capinas, pulverizações, etc, são requisita dos operários de campo dos setores competentes.

**Obs:**

Foram necessários dois anos de treinamento para o preparo da equipe. Cada equipe executa anualmente 5 trabalhos de irrigação e serve de apoio, quando necessário, aos de mais trabalhos executados na Estação do SAT.

SUMÁRIO DAS PESQUISAS EM EXECUÇÃO PELA UNIVERSIDADE DE READING-  
INGLATERRA, NA ESTAÇÃO DO SAT.

Equipe Responsável

Coordenador : Professor J. L. Monteith

Executores : Jacob Peter e  
Dr. Squires

Objetivo : Determinar na região semi-árida parâmetros físicos e fisiológicos relativos a cultura de "millets", para possibilitar o estudo dessa cultura na Inglaterra, em casa de vegetação, sob condições ambientais semelhantes à da estação experimental do SAT.

MATERIAIS E MÉTODOS

- 1) Parcelas experimentais: foram utilizadas 8 parcelas de 9 x 15 m, que receberam os seguintes tratamentos:
  - a - Quatro parcelas receberam irrigações de 80 mm, sob frequência de irrigação.
  - b - Quatro parcelas receberam somente irrigação para germinação e, também, quando era percebido que o cultivo estava próximo a morrer, por deficiência hídrica.
- 2) Determinações no cultivo.

Alongamento foliar: dividindo as plantas em três extratos representativos das folhas novas (topo) medianas e velhas (basais).

Crescimento médio das plantas  
 Peso seco das plantas  
 Desenvolvimento e densidade do Sistema radicular  
 Número de perfilhamentos  
 Número de espigas  
 Índice da área verde (GAI) em  $1 \text{ m}^2$   
 Interceptação da luz solar  
 Evapotranspiração  
 Comportamento dos estômatos  
 Temperatura do solo  
 Informações complementares obtidas na Estação Meteorológica

As determinações acima foram normalmente realizadas em intervalos de 7 dias, utilizando-se os seguintes equipamentos:

- Escala métrica
- Anéis para amostragem do solo com raízes
- Bandeja de acrílico, de 30 cm x 50 cm com sistema próprio de umedecimento e de drenagem. Sobre esta bandeja usa-se papel "mata-borrão" de cor roxa, umedecido, para facilitar a diferenciação entre as raízes vivas e as raízes mortas e, também, de outros materiais estranhos incluídos na amostra.
- Peneira de "opening in inches 0.0097 and meshes to inches 60".
- Peneira de 0.0041 e 150
- Automatic area meter model AAm-7 adquirido da Hayashi Denkoh Co. Ltd. Tokio, Japan NP 713, Ser. Number 1118
- Sacos plásticos de 20 cm x 40 cm utilizados no transporte das plantas destinadas às diversas determinações
- Estufas com temperatura constante entre 60-65°C
- Solarímetros

- Radiômetros
- Porômetros
- Sonda de neutrons
- Trados tipo Veihmeyer
- Tensiômetros
- Lisímetros
- Geotermômetro
- Balança de precisão .

#### Frequência das determinações.

- Comportamento estomatal: 2 vezes por semana. Nestes dias as determinações foram realizadas a cada 30 minutos.
  - Amostragens das plantas destinadas as medições de crescimento, etc: 3 áreas de 1 m<sup>2</sup> em um dia por semana.
  - Umidade do solo: entre períodos de 10 dias
  - Tensiômetros: leituras a cada dois dias
  - Solarímetros: leituras a cada 2 minutos, computadas automaticamente. Em outros trabalhos as leituras eram realizadas somente 3 a 4 vezes por dia.
- 3 - Princípios utilizados nos estudos das irrigações suplementares.

Os estudos sobre irrigações suplementares em um cultivo, são em parte, executados sob os seguintes tratamentos:

- Não ha irrigação suplementar
- Conservar ótimas condições de umidade do solo com chuva ou irrigação.

- Observar quando as plantas apresentam murchamento às 09:00 horas. Caso ocorra este sintoma, utiliza-se uma tabela para verificar se há em um período de 10 anos, 40% de probabilidade de chuva superior a 20 mm, naquele período.

Caso no estudo estatístico não haja a probabilidade para tal ocorrência, amostra-se o solo e aplica-se de imediato 25 mm de irrigação suplementar. A amostragem do solo servirá para esclarecimentos das análises dos resultados.

## 6 - SEMINÁRIOS E DISCUSSÕES

## 6.1. Projeto de Sorgo.

- Introdução de híbridos aos agricultores
- Utilização da câmara de Scholander para determinar déficit hídrico nas plantas.
- Vigor das sementes
- Plantio em fileiras duplas
- Problemas de ervas entre as fileiras, e utilização de máquinas.
- Vantagens do consórcio:
  - 2 fileiras de sorgo
  - 1 fileira de guandú
- Informações da metodologia utilizada pelos campesinos:
  - 10 fileiras de sorgo
  - 2 fileiras de guandú

## 6.2. Radiação solar:

Discussão sobre a equação do balanço de energia.

$$(Q + q) (1 - a) + I\uparrow - I\downarrow + H + LE + G + F_i - F_o = 0$$

donde:

Q = radiação solar diretamente incidente sobre a superfície da terra.

q = radiação solar difusa incidente sobre a superfície da terra.

a = reflexão da superfície ou albedo

I $\uparrow$  = emissão de radiação de ondas longas pela terra

I $\downarrow$  = recebimento de radiação de ondas longas pela terra.

H = transferência de calor sensível. Negativo quando a superfície da terra cede calor para o ar. Positivo quando a terra recebe calor da atmosfera.

LE = Calor latente da evaporação (-), ou condensação (+)

- $G$  = taxa neta da variação do calor no solo ou coluna d'água  
 $F_i$  = taxa de transferência horizontal (sub-superficial)  
 $F_o$  = taxa de transferência horizontal para fora da coluna  
 $R_n$  = balanço de energia na superfície (radiação neta)

### 6.3. Surrimento de água disponível em função da evapotranspiração potencial.

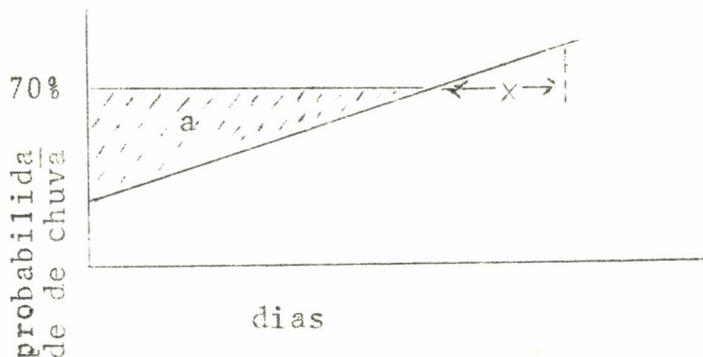
Tônicos:

- Efeito do stress nas diferentes fases da cultura do sorgo;
- 0,6 a 0,8 atm não representa danos para o estágio vegetativo, mas esta faixa de tensão afeta o estágio de florescimento.

$$\text{Índice de stress} = \frac{\text{Água disponível}}{\text{evaporação do tanque}}$$

- Períodos distintos do ciclo do sorgo:
  - . Plantio e pós-plantio
  - . Emborrachamento
  - . Estágio de florescimento
  - . Maturação

Forma gráfica para seleção de uma época de plantio de sorgo:



(a) = representativo do período pós-plantio, quando há ocorrência de baixa taxa de evapotranspiração e bastante armazenamento de água no solo.

(x) = estágio de florescimento que deve estar sob 70% de probabilidade de ocorrência de chuva, mesmo com bastante armazenamento de água no solo. Assim para a seleção da data do plantio, deve-se considerar bastante umidade disponível no solo e probabilidade de 70% de incidência de chuva para o período de florescimento.

A real disponibilidade potencial de água é representada por:

$$Rdpa = \frac{\text{real água disponível}}{\text{evaporação do tanque}}$$

6.4. Levantamento de equipamentos agrícolas em diversas regiões do globo, de áreas cultivadas entre 1 a 3 hectares.

India

Tailândia

Ceilão

Bengladesh

Este levantamento visa selecionar os melhores equipamentos e incentivar suas produções em escala industrial.

6.5. Padrões para avaliação de áreas agrícolas.

As discussões sobre a avaliação de áreas agrícolas envolvem não somente o solo mas todas as condições ambientais primordiais para o desenvolvimento dos cultivos. Foram discutidos os seguintes itens:

- Percentagem disponível de umidade no solo que está em função das chuvas: quantidade e forma de distribuição, etc.

- Propriedades do solo e condições topográficas
- Inundações e condições de drenagem da área
- Exposição da área aos raios solares
- Temperatura do solo

Assim, a produção de matéria orgânica de cada cultura é dependente das seguintes funções:

$$DM = f(GP, T, R_i, A)$$

donde:

DM = matéria orgânica desidratada

GP = período de crescimento

T = temperatura ambiental

$R_i$  = radiação diária

A = potencial genético do cultivar

## 7 - RELATO DAS ATIVIDADES DIÁRIAS

O treinamento realizado no ICRISAT, utilizando-se uma tecnologia de pesquisa dirigida para o máximo aproveitamento de água de chuva, sob o aspecto relativo água/produção vegetal em uma região semi-árida, foi ministrado sob os seguintes aspectos:

- Diretrizes de pesquisas para regiões semi-áridas;
- aspectos gerais dos trabalhos em execução nas Estações Experimentais do ICRISAT e do Governo da Índia;
- execução e análise de trabalhos de pesquisa e experimentação agrícola;
- participação de seminários e grupos de estudo;
- observação "in loco" de regiões agrícolas do trópico semi-árido da Índia;
- discussões sobre problemas relativos ao desenvolvimento de pesquisas na região semi-árida do Brasil.

### Síntese dos trabalhos diários

- out - 12 Reconhecimento das diversas bacias hidrográficas da Estação Experimental do ICRISAT.
- trabalhos hidrológicos
  - trabalhos agronômicos
- out - 13 Ocupação de áreas por cultivos nas formas:
- duas culturas isoladas
  - culturas subsequentes
  - sistemas de socaria
  - consorciação de culturas
- out - 14 Descrições sobre dimensões das sub-unidades das bacias hidrográficas para o máximo aproveitamento da água de chuva.

- Pesquisas no campo referente aos efeitos de "stress" de umidade sobre comportamento dos cultivos.
- Visita aos diferentes tipos de lisímetros da Estação Experimental.
- Relacionamento do crescimento vegetal sob o aspecto Evapotranspiração - E.T./Evaporação -  $E_o$
- out - 17 Explicação pelo Dr. B.A. Krantz "leader of the farming system" sobre os trabalhos experimentais desenvolvidos pelo ICRISAT.
- Visita aos trabalhos de fertilidade e discussão sobre fertilizantes de fosfato de rocha.
- Instalação de piezômetros em áreas que apresentam estratos impermeáveis no perfil do solo.
- Forma de utilização de áreas próximas aos diques coletores de água, sujeitas a inundações, em decorrência da forma de preparo dos coletores da bacia hidrográfica.
- out - 18 Medidores de vazão utilizados nas determinações do run-off nas bacias hidrográficas e suas respectivas sub-unidades.
- Metodologia de utilização parcial de dois vertedouros em uma bacia hidrográfica.
- Equipamentos medidores e registradores das variações das vazões de run-off.
- Análise de grandes experimentos
- out - 19 Seleção de tratamentos experimentais para estudo dos efeitos de stress de umidade nas diferentes fases de um cultivo.
- Aplicação de água ao solo dependente de diferentes probabilidades de ocorrência de precipitação pluviométrica.
- Trabalhos de campo relativos às determinações do balanço hídrico de uma sub-unidade de uma bacia hidrográfica
- out - 20 Visita a Universidade de Hyderabad.

- out - 21. Explicação pelo Dr. Kampen sobre diferentes atividades em uma bacia hidrográfica.  
Trabalhos relativos à instalação de uma nova bacia hidrográfica.  
Trabalhos práticos sobre balanço hídrico de uma bacia hidrográfica.
- out - 25 Construção e instalação de tensiômetros.  
Problemas relacionados ao funcionamento de tensiômetros e detalhes sobre instalação no solo.  
Detalhes sobre o funcionamento da equipe técnica responsável pelo manejo de solo/água da Est. Experimental do ICRISAT.  
Seminário sobre radiação solar sob orientação de Dr. Russel.
- Out - 26 Instalação de tensiômetros.  
Discussões sobre lisímetros e pluviógrafos  
Discussões sobre a evaporação dos solos nus, segundo metodologia do Dr. Russel.
- Out - 27 Trabalhos relativos à instalação da bacia hidrográfica para fins agrícolas.  
Discussão em campo sobre formas e sub-divisões de uma bacia hidrográfica.  
Utilização da sonda de nêutrons.  
Cálculos sobre depleções de água no perfil do solo relativo ao balanço hídrico.  
Construção de gráficos: tensão versus % de umidade em diferentes profundidades do perfil do solo.
- Out - 28 Instalação de bacia hidrográfica.  
Seleção de trabalhos científicos - revisão bibliográfica.  
Seminário sobre resultados de 5 experimentos sobre consorciação de culturas.
- Out - 31 Trabalhos no campo sobre locação e escavações do dreno principal de uma bacia hidrográfica.  
Utilização de equipamentos a tração animal para preparo do solo.

Problemas particulares de uma bacia hidrográfica, como ocorrência de pedras, rodagens, etc.

- nov - 1º Instalação de tensiômetros.  
 Relação entre evaporação dos solos e evaporação do tanque.  
 Disponibilidade de água do solo e ETP.  
 Índice de stress =  $\frac{\text{água disponível no solo}}{\text{evaporação no tanque}}$   
 Efeito do stress de umidade sobre o cultivo no período de florescimento.  
 Disponibilidade real de água - raw - (real available water), em relação a  $E_0$  (evaporação potencial).  
 Amostragem do solo, limitações sobre o uso da sonda de nêutrons.  
 Cálculos sobre balanço hídrico.
- nov - 02 Discussões sobre lisímetros, "quantum sensor", utilização do spectrum, pelas plantas e diferentes equipamentos para medições de energia.  
 Medições do índice da área foliar e percentual sombreamento do solo.  
 Discussão sobre radiação neta.  
 Discussão sobre balanço de energia
- nov - 03 Práticas sobre preparo de bacias hidrográficas para fins agrícolas.  
 Construção de lisímetros  
 Calibração de lisímetros hidráulicos.  
 Recuperação de lisímetros.  
 Prática na determinação de área foliar com planímetro automático.
- nov - 04 Discussão com Dr. Krantz sobre a sistemática, e equipe técnica necessária ao início dos trabalhos sobre manejo de bacias hidrográficas na região semi-árida do Nordeste do Brasil

- Análise de dados referentes a determinação de balanço hídrico em uma bacia hidrográfica.
- nov - 07 Preparo de bacia hidrográfica.  
 Discussão sobre problemas de erodibilidade dos solos.  
 Práticas sobre utilização de equipamentos à tração animal.  
 Dimensionamento de reservatório para armazenamento de run-off.
- nov - 08 Amostragens de sistema radicular e preparo das amostras  
 e 09 Índice de área verde do milho e determinação de peso seco.  
 Pesquisa bibliográfica.
- nov - 10 Construção de lisímetros.  
 Construção de solarímetro, princípio de manejo.  
 Determinação de temperaturas da cultura do sorgo com e sem "déficit" de umidade, com termômetro infra-vermelho  
 Instalação de calhas de Parshall.  
 Preparo de bacias hidrográficas para fins agrícolas.
- nov - 11 Problemas relativos à instalação de lisímetros.  
 Sistema aprimorado, adaptado à calha Parshall, para amostragens de partículas em suspensão (erosão) do run-off.  
 Revisão bibliográfica
- nov - 14 Avaliação de experimentos de consórcio  
 Preparo de micro bacia hidrográfica  
 Seminário sobre equipamentos agrícolas a tração animal para áreas de 1 a 3 ha.
- nov - 15 Amostragens do sistema radicular e preparo das amostras para seleção das raízes em atividade.  
 Discussão sobre utilização de solarímetro.  
 Seminário: Land Evaluation Standard.

- nov - 16 Construção de solarímetro em laboratório.  
Preparo de bacia hidrográfica  
Revisão dos trabalhos sobre manejo do solo/água/planta realizados no ICRISAT.
- nov - 17 Discussão sobre balanço de energia solar.  
Revisão dos trabalhos sobre manejo de solo/água/planta realizados no ICRISAT.  
Revisão bibliográfica.\*
- nov - 18 Equação do balanço hídrico.  
Metodologia para determinação do balanço hídrico, se  
gundo Dr. Russel.  
Estudo gráfico dos componentes do balanço hídrico.
- nov - 19 Discussão no campo sobre os trabalhos em execução; e trabalhos realizados na região semi-árida do Brasil.
- nov - 21 Viagem à região agrícola de Sholapur e contato com a equipe técnica local.
- nov - 22 Visita a Estação Experimental de Sequeiro do Governo da Índia, e discussão sobre os trabalhos em execução.

## BIBLIOGRAFIA

KAMPEN, J. & KRANTZ, B.A. Soil and water management in the semi-arid tropics. Hyderabad, India, ICRISAT, s.d. 33p.

\_\_\_\_\_. et alii. Soil and water conservation and management farming systems research for the semi-arid tropics. Hyderabad, India, ICRISAT, s.d. 51 p.

864

KRANTZ, B.A. & KAMPEN, J. Soil and water management in the semi-arid tropics. Hyderabad, India, ICRISAT, s.d. 33p. Trabalho a apresentado em "International Soil Seminar, Hyderabad, 1976.

\_\_\_\_\_. The conceptual framework strategy and approaches of ICRISAT's farming systems program and major gaps in the current program. Hyderabad, India, ICRISAT, s.d. 17p.

\_\_\_\_\_. et alii. Cropping patterns for increasing and stabilizing agricultural production in the semi-arid tropics. Hyderabad, ICRISAT, s.d. 43p.

RESULTS of the second International Pearl Millet Adaptation Trial (IPMAT-2), 1976. Hyderabad, ICRISAT, Pearl Millet Improvement Program. s.d. 67p.