

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA – UESB  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA  
*CAMPUS DE VITÓRIA DA CONQUISTA*

**MONITORAMENTO DE VARIÁVEIS AMBIENTAIS DO SOLO  
COM DIFERENTES TIPOS DE COBERTURA MORTA NA  
PRODUÇÃO DE PINHA (*Annona squamosa* L.)**

**JOSÉ CARLSON GUSMÃO DA SILVA**

VITÓRIA DA CONQUISTA – BA  
MARÇO, 2004

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA – UESB  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA  
*CAMPUS* DE VITÓRIA DA CONQUISTA

**MONITORAMENTO DE VARIÁVEIS AMBIENTAIS DO SOLO  
COM DIFERENTES TIPOS DE COBERTURA MORTA NA  
PRODUÇÃO DE PINHA (*Annona squamosa* L.)**

**JOSÉ CARLSON GUSMÃO DA SILVA**

ORIENTADOR: MODESTO ANTÔNIO CHAVES

CO-ORIENTADOR: ABEL REBOUÇAS SÃO JOSÉ

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB/*Campus* de Vitória da Conquista-BA, para obtenção do título de Mestre em Agronomia - Área de Concentração em Fitotecnia.

VITÓRIA DA CONQUISTA – BA

MARÇO, 2004

S58m Silva, José Carlson Gusmão da  
Monitoramento de variáveis ambientais do solo com diferentes tipos de cobertura morta na produção de pinha (*Annona Squamosa* L.) / José Carlson Gusmão da Silva. - Vitória da Conquista: UESB, 2004.  
79p.

Orientador: Modesto Antônio Chaves

Co-orientador: Abel Rebouças São José

Dissertação (mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, *campus* de Vitória da Conquista. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

1. Anonáceas. 2. Pinha. 3. Umidade do Solo. 4. Temperatura do Solo. 5. Produção. I. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Programa de Pós-Graduação em Agronomia, *campus* de Vitória da Conquista. II. Chaves, Modesto Antônio. III. São José, Abel Rebouças. IV. Título.

CDD 634.41

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária da UESB

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA – UESB  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA  
*CAMPUS DE VITÓRIA DA CONQUISTA*

DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: MONITORAMENTO DE VARIÁVEIS AMBIENTAIS DO SOLO COM  
DIFERENTES TIPOS DE COBERTURA MORTA NA PRODUÇÃO DE PINHA  
(*Annona squamosa* L.)

AUTOR: JOSÉ CARLSON GUSMÃO DA SILVA

ORIENTADOR: MODESTO ANTÔNIO CHAVES

CO-ORIENTADOR: ABEL REBOUÇAS SÃO JOSÉ

Aprovada pela Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. Modesto Antônio Chaves - UESB  
PRESIDENTE

---

Prof. Dr. João Francisco Escobedo

---

Prof. Dr. Paulo Bonomo

Data de realização \_\_\_ / \_\_\_ / \_\_\_\_.

Aos meus pais

Pedro Daltro da Silva (in memória)  
e Cleonice Gusmão da Silva (in  
memória); À minha esposa Irene  
Farias Gusmão, meus filhos Thiago  
Farias Gusmão e Lucas Farias  
Gusmão.

Dedico

## AGRADECIMENTOS

À UESB, pela oportunidade concedida na participação no curso de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração Fitotecnia;

Ao professor Dr. Modesto Antônio Chaves, pela aceitação do trabalho de orientação e avaliação dos resultados, além da sua amizade e de seus familiares;

Ao professor Dr. Abel Rebouças São José, aceitação da co-orientação;

Aos professores do curso de Pós-Graduação, pelos conhecimentos transmitidos em sala de aula, e total apoio;

Ao professor Cláudio Márcio Pereira de Souza, pela colaboração na implantação dos equipamentos;

Aos professores Anselmo Eloy Silveira Viana e Tiyoko Nair Hojo Rebouças, pela disponibilização de equipamentos utilizados na coleta de dados do experimento;

À Sergio Souza Castro, aluno do curso de engenharia de alimentos, da Uesb, *campus* Itapetinga, pela criação do *software* que realizou o processamento dos dados de temperatura;

Aos alunos do curso de Engenharia de Alimentos, pela colaboração na análise das características dos frutos;

À Hélio de Deus dos Santos, pela leitura diária dos tensiômetros e tanque classe A;

Ao Prof. Herimá Giovane de Oliveira, pela análise bromatológica do material da cobertura morta.

## SUMÁRIO

Lista de tabelas.....	vii
Lista de figuras.....	viii
Resumo .....	x
Abstract.....	xi
1 - INTRODUÇÃO.....	12
2 - REVISÃO DE LITERATURA .....	14
3 - MATERIAL E MÉTODOS.....	21
3.1- Experimento piloto .....	22
3.2- Experimento final .....	22
4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	29
4.1- Variáveis ambientais .....	29
4.1.1- Temperaturas do ar e do solo.....	29
4.1.2 Estimativas para as variáveis ambientais.....	38
4.1.3 Tensão de água no solo .....	44
4.2 Características físico-químicas do fruto .....	49
4.2.1 Massa média dos frutos e das cascas .....	49
4.2.2 Diâmetro longitudinal e transversal do fruto .....	51
4.2.3 Massa e número de sementes.....	52
4.2.4 Massa e percentual de polpa .....	53
4.2.5 pH e Brix da polpa .....	53
4.3 Floração .....	54
4.4 Brotação de Gemas .....	55
4.5 Crescimento e desenvolvimento de plantas .....	56
4.6 Análise química da cobertura .....	58
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	59
CONCLUSÕES .....	60
REFERÊNCIAS.....	61
ANEXOS .....	67

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Sequência cronológica das medições e/ou tratos culturais, ao longo do período experimental. ....	27
<b>Tabela 2</b> - Valores médios de temperatura (°C) para o período experimental. ....	29
<b>Tabela 3</b> - Desvios na temperatura média diária, em relação ao solo descoberto, em cada posição, por tratamento. ....	33
<b>Tabela 4</b> - Equações de regressão e coeficiente de correlação entre as temperaturas médias diárias em diferentes profundidades, para cada tratamento, em relação à temperatura média do ar. ....	43
<b>Tabela 5</b> - Valores médios da tensão de água no solo (KPa), para cada profundidade, ao longo do experimento. ....	45
<b>Tabela 6</b> - Valores médios, máximos, mínimos e desvio médio das tensões de água no solo, observados ao longo do período experimental. ....	49
<b>Tabela 7</b> - Médias da massa dos frutos de pinha, em completo estágio de maturação, por tratamento. ....	50
<b>Tabela 8</b> - Médias da massa das cascas de pinha, em completo estágio de maturação, para cada tratamento. ....	51
<b>Tabela 9</b> - Médias dos diâmetros longitudinal e transversal, dos frutos em completo estado de maturação. 2003. ....	52
<b>Tabela 10</b> - Média e percentual das massas e do número de sementes dos frutos da pinheira por ocasião da maturação. 2003. ....	52
<b>Tabela 11</b> - Médias das massas de polpa e respectivos percentuais, para os frutos da pinheira em completo estágio de maturação. 2003. ....	53
<b>Tabela 12</b> - Médias e desvios padrão do pH da polpa dos frutos de pinha para cada tratamento. ....	54
<b>Tabela 13</b> - Médias e desvios padrão do teor de sólidos solúveis (Brix) da polpa dos frutos de pinha para cada tratamento. ....	54
<b>Tabela 14</b> - Médias do número de flores por ramo podado da pinheira. 2003. ....	55
<b>Tabela 15</b> - Médias do número de brotações por ramo podado da pinheira, e o respectivo percentual em relação à testemunha. 2003. ....	56
<b>Tabela 16</b> - Médias de crescimento em altura por pé pinheira, e respectivos percentual com relação à testemunha. 2003. ....	57
<b>Tabela 17</b> - Médias do crescimento em diâmetro de copa por pinheira e respectivos percentuais com relação à testemunha. 2003. ....	57
<b>Tabela 18</b> - Médias de área foliar para folhas de pinheira e correspondente percentuais com relação à testemunha. 2003. ....	58
<b>Tabela 19</b> - Médias percentuais dos teores de lignina e celulose e a relação carbono nitrogênio (C/N) dos tratamentos. ....	58
<b>Tabela 1B</b> - Análise física da área experimental. Laboratório UESB. ....	78
<b>Tabela 2B</b> - Análise química da área experimental. Laboratório UESB. ....	78
<b>Tabela 3B</b> - Composição da palhada ao final do experimento. Laboratório UESB. ....	79

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Posicionamento dos Tensiômetros nas parcelas experimentais, no experimento piloto. ....	23
<b>Figura 2</b> - Posicionamento dos Tensiômetros nas parcelas experimentais, no experimento final. ....	24
<b>Figura 3</b> - Posicionamento dos sensores de temperatura, no solo. ....	25
<b>Figura 4</b> - Temperaturas do solo sem cobertura nas diversas posições ao longo do período experimental. ....	31
<b>Figura 5</b> - Temperaturas do solo coberto com casca de café nas diversas posições ao longo do período experimental. ....	32
<b>Figura 6</b> - Temperaturas do solo coberto com palha de capim Buffel nas diversas posições ao longo do período experimental. ....	32
<b>Figura 7</b> - Temperaturas do solo coberto com bagaço de cana nas diversas posições ao longo do período experimental. ....	33
<b>Figura 8</b> - Marcha diária da temperatura do ar para o solo sem cobertura, no dia 13/08/2003. ....	35
<b>Figura 9</b> - Marcha diária das temperaturas do solo coberto com bagaço de cana, no dia 13/08/2003. ....	35
<b>Figura 10</b> - Marcha diária das temperaturas do solo coberto com palha de capim Buffel, no dia 13/08/2003. ....	36
<b>Figura 11</b> - Marcha diária das temperaturas do solo coberto com casca de café, no dia 13/08/2003. ....	36
<b>Figura 12</b> - Relação entre os valores da temperatura do ar, coletados a cada 5 minutos, e os medidos abaixo da casca de café, para o período experimental. ....	39
<b>Figura 13</b> - Relação entre os valores da temperatura do ar, coletados a cada 5 minutos, e os medidos a 5 cm abaixo do nível do solo, coberto com casca de café, para o período experimental. ....	40
<b>Figura 14</b> - Relação entre a temperatura do ar e a do solo, coberto com palha de capim Buffel, na profundidade de 10 cm. ....	41
<b>Figura 15</b> - Relação entre a temperatura do ar e a do solo, coberto com palha de capim Buffel, na profundidade de 15 cm. ....	41
<b>Figura 16</b> - Relação entre a temperatura do ar e a do solo, coberto com casca de café, na profundidade de 10 cm. ....	42
<b>Figura 17</b> - Relação entre a temperatura do ar e a do solo, coberto com casca de café, na profundidade de 15 cm. ....	42
<b>Figura 18</b> - Leituras tensiométricas feitas no período da manhã, no tratamento testemunha, ao longo do experimento piloto. ....	44
<b>Figura 19</b> - Leituras tensiométricas feitas no tratamento testemunha, ao longo do período experimental. ....	46
<b>Figura 20</b> - Leituras tensiométricas feitas no tratamento cobertura de casca de café, ao longo do período experimental. ....	47
<b>Figura 21</b> - Leituras tensiométricas feitas no tratamento cobertura de palha de capim, ao longo do período experimental. ....	47
<b>Figura 22</b> - Leituras tensiométricas feitas no tratamento cobertura de bagaço de cana, ao longo do período experimental. ....	48

<b>Figura 1A</b> - Detalhe da área experimental, antes de aplicar os tratamentos.....	68
<b>Figura 2A</b> - Distribuição da palha de café nas parcelas.....	68
<b>Figura 3A</b> - Teste de equipamento.....	69
<b>Figura 4A</b> - Montagem das Datalogger.....	70
<b>Figura 5A</b> - Detalhe da proteção das Datalogger.....	70
<b>Figura 6A</b> - Detalhe do sensor de temperatura ambiente, do piranômetro e da proteção do Datalogger em campo.....	71
<b>Figura 7A</b> - Tanque classe A.....	71
<b>Figura 8A</b> - Parcela experimental com bagaço de cana, em detalhe o posicionamento dos tensiômetros (projeto piloto).....	72
<b>Figura 9A</b> - Parcela experimental com casca de café, em detalhe o posicionamento dos tensiômetros (projeto piloto).....	72
<b>Figura 10A</b> - Parcela experimental com palha de buffel, em detalhe o posicionamento dos tensiômetros (projeto piloto).....	73
<b>Figura 11A</b> - Posicionamento dos tensiômetros no projeto final.....	73
<b>Figura 12A</b> - Detalhe do solo coberto com bagaço de cana.....	74
<b>Figura 13A</b> - Detalhe do solo coberto com palha de buffel.....	74
<b>Figura 14A</b> - Detalhe do solo coberto com casca de café.....	75
<b>Figura 15A</b> - Contagem das sementes.....	76
<b>Figura 16A</b> - Peso de sementes.....	76
<b>Figura 17A</b> - Medição de área foliar.....	77

## RESUMO

SILVA, J. C. G. da. **Monitoramento de variáveis ambientais do solo com diferentes tipos de cobertura morta na produção de pinha (*Annona squamosa* L.)**. Vitória da Conquista – BA: UESB, 2004. 79p. (Dissertação - Mestrado em Agronomia, Área de Concentração em Fitotecnia).\*

O objetivo principal deste estudo, foi avaliar três tipos de resíduos vegetais: bagaço de cana; casca de café e palha de Buffel, quanto ao seu efeito na temperatura, na umidade do solo, e sobre as características físicas da planta, características físicas e químicas do fruto da pinheira (*Annona squamosa* L.), durante um ciclo produtivo. Entre as *Anonáceas* cultivadas, a pinheira vem se destacando, tanto pelo crescimento da área cultivada, bem como pelo valor comercializado. A maior expansão no cultivo dessa fruta tem ocorrido no semi-árido. Apesar da crescente importância entre as *Anonáceas* cultivadas, pouca pesquisa tem sido realizada com essa cultura, sobretudo, com relação ao manejo do solo e suas variáveis, justificando desta forma a realização do presente trabalho. O experimento foi conduzido na Fazenda Rancho Alegre, no município de Anagé, Bahia, Brasil, nas coordenadas geográficas 14°26'56" S e 41°04'41" W, entre maio e outubro de 2003. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com cinco repetições e duas plantas por parcela. Foram avaliadas temperatura e umidade em diversas profundidades. No que se refere à cultura, foram medidos: a altura e diâmetro de copa; área foliar; número de gemas brotadas e flores emitidas por ramo podado. A massa total do fruto, massa das cascas e das sementes por cada fruto, além do número de sementes foram analisados. Além destas, os diâmetros longitudinal e transversal dos frutos foram tomados. Foi também medido, o teor de sólidos solúveis da polpa, assim como o pH. No solo, sob as coberturas, ocorreu aumento de umidade nas profundidades de 40 e 60 cm. Quando coberto com casca de café, o solo apresentou aumento de temperatura. De forma geral, o uso da cobertura morta proporcionou incremento de massa nos frutos, o que promove aumento de receita, uma vez que, quanto maior o fruto, maior o seu valor. A cobertura do solo com casca de café apresentou os melhores resultados, considerando as características avaliadas.

**Palavras chave:** Anonáceas; Pinha; Umidade do Solo; Temperatura do Solo; Produção.

---

\* Orientador: Modesto Antônio Chaves, *D. Sc.*- UESB e Co-orientador: Abel Rebouças São José, *D. Sc.* – UESB.

## ABSTRACT

SILVA, J. C. G. da. **The Monitoring of Environmental Variables of Soil with Different Types of Mulching in the Production of Sugar Apples (*Annona squamosa* L.)**. Vitória da Conquista – BA: UESB, 2004. 79p. (Dissertation - Masters degree in Agronomy, Area concentration in Fitotecnia).\*

The main objective of this study was to evaluate three types of vegetable byproducts: sugar cane bagasse, coffee chaff, and Buffel straw, in relation to temperature, soil humidity and to physical characteristics of the plant, and to physical and chemical properties of the sugar apple (*Annona squamosa* L.) during a productive cycle. Among the cultivated *Anonáceas*, the sugar apple has become noteworthy, not only by the increase in areas in which it is grown, but also by its commercial value. The greatest expansion in fruit cultivation is found in semi-arid areas. In spite of the *Anonáceas'* increasing noteworthiness, little research has been conducted about its cultivation, especially, in relation to soil management and variations therein, making this research worthwhile. This study was conducted at Fazenda Rancho Alegre, in the municipality of Anagé, Bahia, Brazil, at the geographic coordinates 14°26'56" S and 41°04'41" W, between May and October, 2003. The experimental delineation was entirely casual, with five repetitions, and two plants per parcel. Temperature and humidity were evaluated in many depths. In reference to cultivation, the height and diameter of the plants' crowns, foliage area, the number of sprouted buds, and flowers grown by pruned branches were measured. The fruits' total mass, the husks' mass, the total mass of seeds per fruit, and the total numbers of seeds per fruit were analyzed. Besides these measurements, the fruits' height and width were taken. The pulp's ratio of soluble solids was measured, as was its pH. Under any one of these different types of covering straw, there was an increase in humidity in the depths of 40 to 60 cm. When covered with a layer of dried coffee husks, there was an increase in the soil's temperature. In a general manner, the use of this mulching proportioned an increase in the fruits' mass, generating thereby, greater commercial profit, as the larger the fruit, the greater its value per weight. The mulching of the soil with coffee chaff showed the best results, considering the evaluated measurements.

**Keywords:** Anonáceas; Sugar Apple; Soil Humidity; Soil Temperature; Production.

---

\* Adviser: Modesto Antônio Chaves, *D. Sc.* - UESB e Co-adviser: Abel Rebouças São José, *D. Sc.* - UESB.

## 1 - INTRODUÇÃO

O gênero *Annona* possui mais de 50 espécies e híbridos interespecíficos, muitos dos quais são cultivados na América Tropical e Subtropical para o consumo dos frutos.

Dentre as anonáceas cultivadas, a pinha, fruta-do-conde ou, ainda, ata (*Annona squamosa* L.), tem se destacado, sendo seu consumo realizado quase que exclusivamente na forma de fruto “*in natura*” (SÃO JOSÉ, 1997). Segundo Kavati (1992), entre as anonáceas, a pinheira é a espécie que apresenta maior expressão econômica, ocorrendo a prática do seu cultivo em São Paulo e em vários estados nordestinos, onde a cultura vem se expandido de forma acentuada, notadamente, nos perímetros irrigados. Esta expansão ocorre principalmente em função de suas características edafoclimáticas altamente favoráveis (MOSCA e outros, 1997).

O cultivo da pinha sob condições de irrigação no nordeste brasileiro possibilita a colheita ao longo de todo o ano, sendo altamente tecnicizada, tanto no que diz respeito ao uso intensivo de insumos (adubos, defensivos, etc), bem como no emprego da mão de obra, uma vez que o manejo da poda permite escalonar a produção.

Considerando todos esses aspectos, a cultura da pinha, especialmente na região nordeste, vem adquirindo grande importância, do ponto de vista sócio-econômico, pois é alto o valor necessário ao seu custeio. A movimentação desses recursos termina por impulsionar a economia regional, em áreas extremamente carentes.

Apesar de sua introdução no Brasil ter acontecido há muito tempo, desde o governo do Conde de Miranda em 1626, pouca pesquisa tem sido realizada com essa cultura. Porém, em face do aumento da área cultivada em todo o país, de forma especial

no nordeste, tem havido uma maior preocupação por parte dos órgãos de pesquisa e extensão, na obtenção de informações que permitam estabelecer o perfil da cultura.

A ateira apresenta excelente adaptação às condições climáticas do litoral e do semi-árido nordestino brasileiro. Produz bem em regiões sem excesso de chuvas, com estação seca bem definida e altitude até 800 m, é uma planta rústica, adaptando-se bem a diferentes tipos de solos. Não suporta, no entanto, solos mal drenados e com baixa profundidade.

A pinheira possui em sua morfologia e fisiologia, mecanismos que a permite conviver de forma produtiva em ambientes ecologicamente diferentes quanto à disponibilidade de água. Os principais mecanismos de resistência ao estresse hídrico encontrados se expressam na sua aptidão para evitar a desidratação através da queda total ou parcial de suas folhas (dependendo do rigor da estação seca), a cobertura morta de suas folhas e a grande profundidade atingida por suas raízes. Seu modelo floral faz parte desse fenômeno adaptativo e as flores surgem nas novas brotações, após o período de repouso da planta, no início das estação chuvosa (CAVALCANTI, 1993).

A ateira pode ser cultivada em regiões com problemas de insuficiência ou má distribuição de chuvas. Entretanto, para que produza bem e com qualidade, é fundamental o uso da prática da irrigação por ocasião dos veranicos e durante a estação seca. A irrigação deve ser feita preferencialmente por gotejamento ou microaspersão, pois possibilita a economia de água; já o uso da irrigação por aspersão convencional, principalmente nas fases de florescimento, vingamento e amadurecimento dos frutos, pode causar efeitos negativos na produção, por estimular a incidência de fungos, prejudicando sensivelmente a sua qualidade durante seu amadurecimento e após a colheita.

Como as condições edafoclimáticas do semi-árido nordestino são bastante adversas, notadamente nas regiões onde se localizam grande parte dos perímetros irrigados, o emprego de cobertura morta pode incorporar benefícios aos cultivos irrigados, especialmente às fruteiras, contribuindo para um melhor aproveitamento da água de irrigação, bem como na manutenção e melhoria das características químicas daqueles solos.

O objetivo principal do presente trabalho é monitorar a temperatura e umidade do solo coberto com três tipos de resíduos vegetais (bagaço de cana, casca de café e palha de Buffel), comparar sua eficiência na redução da temperatura e na manutenção da umidade do solo para a cultura da pinha (*Annona squamosa* L.) e seu efeito sobre a produção, durante um ciclo produtivo. Também visa desenvolver modelos que permitam estimar estas variáveis a partir de outras de mais fácil obtenção.

## 2 - REVISÃO DE LITERATURA

A família Annonaceae compreende um grande número de gêneros e espécies, das quais a maioria nativa das regiões tropicais e subtropicais. Muitas espécies têm interesse como frutíferas, sendo cultivadas em vários países. As principais espécies cultivadas nas regiões tropicais são: a *Annona squamosa* L. conhecida popularmente no Brasil como fruto-do-conde, ata ou pinha, e a *Annona muricata* L., a graviola, que recebe o nome de “guanabana” nos países de língua espanhola (DONADIO, 1997).

Para Cavalcanti (1993), a proteção do solo, deve ser a principal preocupação do anonicultor. Essa preocupação inicia-se no preparo da área com a manutenção da maior quantidade possível da matéria orgânica, aliada a práticas culturais conservacionistas, como capinas alternadas, renques de proteção e cobertura morta. Santos e outros (2001) enfocam a necessidade de pesquisa com base nas exigências hídricas e nutricionais da cultura.

Segundo Mota (1989), em muitas oportunidades, a temperatura do solo é de maior significado para a vida vegetal do que a temperatura do ar. Ainda de acordo com este autor, a significação ecológica da temperatura do solo é obviamente importante para aqueles que trabalham na agricultura. Uma temperatura do solo desfavorável, durante a estação de crescimento, pode retardar ou mesmo arruinar as colheitas.

Araújo (1999) destaca a importância do “*mulching*” ou cobertura morta, nos pomares de pinha, sobretudo nas regiões semi-áridas, o que proporciona a manutenção da umidade em volta das plantas, exercendo, em parte, o controle de ervas daninhas,

mantendo a temperatura do solo mais baixa, liberando gradualmente nutrientes para as plantas.

Nos trópicos, a diminuição da temperatura do solo e a preservação da umidade pelo uso de cobertura morta de resíduos culturais favorece o desenvolvimento das plantas, uma vez que a seca e as altas temperaturas do solo podem afetar o desenvolvimento das sementes, diminuir a taxa de emergência, diminuir a espessura do tronco e o desenvolvimento das raízes e diminuir a produção, de acordo Harrison-Murray e Lal (1979). O seu uso também pode afetar a disponibilidade de nutrientes pela melhora do microclima, segundo Tian e outros (1993).

Em experimento com cobertura morta na cultura do milho, realizado no sul do Brasil, Derpsch e outros (1985) encontraram diferenças de temperatura acima de 10° C, entre cobertura morta com aveia preta e o solo nu.

A presença de palha sobre o solo modifica as trocas de água e energia entre o solo e o ar acima. A palha intercepta uma significativa fração da precipitação. Também intercepta a maior parte da radiação incidente e reduz a evaporação do solo, segundo Putuhena e Cordery *apud* Ogée e Brunet (2002). Uma vez que o teor de umidade do solo e sua temperatura são os dois fatores mais importantes no controle da respiração do solo de acordo Boone e outros (1968), já para Ogée e Brunet (2002) estas modificações podem ter um efeito importante no ciclo de carbono do ecossistema.

Um grande número de experimentos tem sido realizado, com controle das condições climáticas em laboratório, na busca de uma correlação entre duas propriedades químicas da matéria vegetal, a velocidade de mineralização do C e do N (HERIKSEN, 1999).

A temperatura do solo é uma variável ambiental importante para o desenvolvimento das plantas. O calor radiante da superfície do solo, interfere na colheita das partes aéreas (TIMLIM, 2001). Ela é afetada pela cobertura, principalmente em regiões quentes onde seu uso resulta em solos com temperaturas mais amenas, reduzindo inclusive sua flutuação (ZAUZA, 1999). Sendo assim, influencia o crescimento das raízes, os processos fisiológicos da planta, a atividade biológica e o efluxo de CO<sub>2</sub> do solo. Geralmente, devido à fragilidade da estrutura das raízes, a temperatura do solo afeta mais o desenvolvimento das plantas jovens (AWAL; IKEDA, 2002).

Neste sentido, a umidade do solo quando adequada permite uma transpiração potencial pelas plantas; os nutrientes são arrastados por fluxo de massa à superfície radicular, em muitos casos, arrastados para dentro da raiz até a parte aérea pelo xilema.

O fluxo de massa de nutrientes do solo para as plantas é afetado pela transpiração que, por sua vez, depende das condições atmosféricas e pela umidade do solo que afeta a condutividade hidráulica do solo e o gradiente de potencial (REICHARDT, 1985).

Segundo Reichardt (1978), a água é fator fundamental na produção vegetal. Sua falta ou excesso afeta de maneira decisiva o desenvolvimento das plantas, em regiões áridas e semi-áridas, o manejo correto implica em práticas de economia de água.

Os dois métodos mais importantes para modificar a temperatura do solo são: regular o reconhecimento ou a perda de energia e alterar as propriedades térmicas da superfície para produzir uma maneira diferente de consumo de energia. Entre os caminhos para regular o recebimento de energia, está o de colocar uma camada de material isolante sobre ou perto da superfície do solo, tal como palha, papel, vidro, polietileno entre outros (MOTA, 1989).

Por outro lado, de acordo com Greenland (1981), o declínio da produtividade dos solos tropicais e subtropicais, cultivados continuamente, tem sido atribuído principalmente à erosão e à diminuição dos níveis de matéria orgânica. A proteção da superfície do solo com resíduos vegetais é um dos meios mais efetivos para reduzir as perdas por erosão devidas à diminuição do impacto direto das gotas de chuva sobre o solo, redução no selamento dos poros e na velocidade de escoamento da enxurrada e aumento da infiltração de água (DERPSCH e outros, 1995).

As propriedades térmicas do solo são necessárias em muitas áreas da Engenharia, da Agronomia e da Ciência dos Solos e, nos anos recentes, um considerável esforço tem sido feito no desenvolvimento de técnicas para determinar estas propriedades (ABU-HAMDEH, 2001). O conhecimento do transporte da água e do calor do solo é da maior importância para o manejo da água na agricultura irrigada (NINAL, 2000).

Vários tipos de modelos empíricos para estimar a temperatura do solo têm sido desenvolvidos. Mahrer (1979), Mahrer e Katan (1981), Cenis (1989), Sui e outros (1992) desenvolveram modelos para prever a temperatura de solos cobertos com "*mulch*". Contudo, trabalhos que envolvem esta modelagem em solos de pomares e em condições do semi-árido brasileiro não foram encontrados na literatura disponível consultada.

Também modelos físicos são disponíveis para cálculos da temperatura do solo, entre os quais podemos citar o modelo suíço denominado *Soil* (JANSSON, 1991) e o dinamarquês, denominado *Daisy* (HANSEN e outros, 1990). Contudo, estes modelos

necessitam de parâmetros que não são facilmente encontrados, além de pessoal técnico qualificado para preparar e executar as rotinas computacionais dos programas (SCHELDE e outros, 1998). De acordo com Plauborg (2002), uma alternativa é desenvolver modelos simples de operar e que necessitem de dados fáceis de obter os quais, embora menos precisos, terão a acuidade necessária para fins práticos.

Sabe-se que a aplicação de resíduos vegetais ao solo tem efeitos benéficos sobre os nutrientes do solo, sob as suas condições físicas, sob a atividade biológica e sobre a performance das culturas (KANG e outros, 1981, WADE; SANCHEZ, 1983, HULUGALLE e outros, 1986). Porém, de acordo com Tian e outros (1995), os efeitos dos resíduos vegetais sobre o solo e as culturas diferem, dependendo de sua decomposição e da taxa de transformação de nutrientes, os resíduos vegetais que se decomponham rapidamente irão disponibilizar uma grande quantidade de nutrientes para as plantas nos estádios iniciais de crescimento, mas podem não ter efeito sobre as condições físicas do solo, enquanto que resíduos que se decomponham lentamente terão efeito exatamente oposto.

De acordo com Santos e outros (2000), quando o solo semi-árido paraibano está protegido por vegetação nativa ou pela cobertura morta, a produção de sedimentos diminui significativamente.

Também se sabe que a decomposição dos resíduos vegetais está relacionada com a relação C/N em sua composição, além dos teores de lignina e polifenol. De forma a melhor prever os efeitos dos resíduos vegetais sobre o solo e as culturas Tian e outros (1995) propuseram um índice de qualidade para os resíduos vegetais que pode ser usado para integrar os efeitos da relação C/N e dos teores de lignina e polifenol.

O efeito do "*mulch*" de resíduos vegetais sobre a temperatura do solo e sobre o teor de umidade sempre declina progressivamente com a sua decomposição (TIAN e outros, 1993). Um bom "*mulch*" deve ter um forte efeito inicial e de longa duração, sobre o microclima do solo. Portanto, para avaliação do "*mulch*", dois tipos de efeitos devem ser identificados, como segue (TIAN e outros, 1993): (a) efeito primário, isto é, a diminuição da temperatura média do solo ( $^{\circ}\text{C}$ ) o aumento da umidade (volume de água/volume de solo) ao longo do primeiro mês uso do "*cobertura morta*" que geralmente é o tempo de transição para verificação de seus efeitos sobre a cultura e (b) a duração deste efeito.

A decomposição de resíduos culturais nos solos agriculturáveis é controlada, principalmente por condições abióticas e pela degradabilidade do material adicionado

(SWIFT e outros, 1979). De acordo com Heinzmann e outros (1985), um vasto número de experimentos tem sido desenvolvido, freqüentemente em condições controladas de laboratório, na busca de correlações entre as propriedades químicas destes materiais e a taxa de mineralização de C ou N e vários índices têm sido testados, como descritores da degradabilidade, mas um índice universalmente aceito ainda não foi obtido.

Olasantan (1999), estudando o efeito do tempo de permanência da cobertura morta sobre o solo, no regime de umidade, na emergência, no crescimento e na produção de inhame, na Nigéria, relata que a cobertura teve um significativo efeito na temperatura diurna do solo, tendo encontrado diferenças de 1 a 2°C para mais às 6 horas da manhã, de 2 a 6°C para menos às 12 horas e de 3 a 7°C, também para menos às 18 horas. A temperatura máxima diária no solo coberto foi, em média, vários graus inferior à do solo sem cobertura. Este autor sugere que o uso de cobertura morta não apenas diminui a temperatura máxima, em relação ao solo nu, mas que ele também reduz as flutuações na temperatura do solo, reduzindo, também o fluxo de calor radiante que atinge a superfície do solo e, provavelmente, minimizando as perdas por evaporação durante o dia e a inversão do gradiente de temperatura à noite, aumentando a teor de umidade do solo e, possivelmente, aumentando a infiltração de água até a zona das raízes.

Dados físicos do solo, de boa qualidade, são necessários em muitos experimentos de laboratório e de campo e para uso no desenvolvimento, teste e aplicação em modelos de transporte de calor, água e solutos no solo. Esta necessidade, combinada com os avanços da eletrônica, dos mecanismos de coleta e armazenamento de dados e dos métodos computacionais e numéricos resultou em novos desenvolvimentos na instrumentação para medição das propriedades do solo (BRISTOW e outros, 2001). Exemplos desta evolução incluem a reflectometria no domínio do tempo (TDR) (TOPP; DAVIS, 1985); as sondas capacitivas (DEAN e outros, 1987; EVERT; STEINER, 1995); os sensores de dissipação de calor (PHENE e outros, 1971; REECE, 1996); sondas de fontes de calor em linha (CAMPBELL e outros, 1991); tensiômetros (ROSS e outros, 1992, HUBBLE; SISSON, 1998) e muitos outros.

Segundo Plauborg (2002), a temperatura do solo governa processos químicos e biológicos importantes para o cultivo e manejo sustentável das terras agriculturáveis, por exemplo: movimentação de Nitrogênio e emergência de culturas e sementes. Contudo, dados sobre temperatura do solo não são facilmente disponíveis. Uma causa para isto, de acordo com (COSTELLO; HORST, 1991) é o fato das medições de temperatura no campo necessitarem ser feitas com vários tipos de sensores e usarem sistemas

automáticos de coleta de dados, um estudo que é relativamente caro e que necessita de pessoal técnico capacitado para instalação e manuseio dos aparelhos. Mais ainda, vários sensores são necessários para descrever a variação espacial.

O fluxo de calor da terra é um importante componente do balanço de radiação na superfície, particularmente sobre terras relativamente secas e sob uma escala diária. Contudo, a realização de medições precisas do fluxo de calor da terra é uma tarefa difícil, o sensor deve ser colocado normalmente a poucos centímetros da superfície e movimentos relativamente rápidos de água (nas fases líquida e de vapor) podem afetar a precisão das medições porque o sensor passa a ter mal contato térmico entre seus pratos e o solo (KANEMASU e outros, 1992). Vários outros métodos foram desenvolvidos para esta medição (MALEK, 1993). Muitas das técnicas existentes requerem que a temperatura do solo seja medida em várias profundidades, o que as torna relativamente caras (WANG; BRAS 1999). Por outro lado, o sensoriamento remoto, embora possa prover uma boa cobertura espacial, e também boa precisão, está limitado a medições sobre a superfície ou bem próximas a ela (KANEMASU e outros, 1992).

Numa tentativa de se reduzir os efeitos negativos da carência de água, torna-se importante uma forma de cultivo que vise diminuir as perdas de água por evaporação e a infiltração lateral fornecendo, desta forma, menor volume de água em relação ao aplicado no plantio tradicional (SILVA e outros, 1997; ARAÚJO e outros, 1998). Contudo, Araújo e Sá (2000), não encontraram efeito significativo da cobertura morta sobre o conteúdo de água de substratos e sobre o crescimento aos 45 dias de plantas de maracujá. Mas encontraram efeito significativo sobre a produção de matéria seca dos caules e das folhas.

De acordo com Grant e outros (1995), práticas de conservação do solo são, geralmente, definidas como aquelas que deixam pelo menos 30% da superfície do solo coberta com resíduos de cultura, com o intuito de reduzir enxurradas e erosão e também de conservar a água do solo. Tem sido mostrado que o teor de água no solo aumenta (MAYKO e outros, 1987) e que a temperatura do solo diminui (GRANT e outros, 1990) sob condições de cultivo mínimo, em relação ao cultivo convencional. Os resíduos de culturas deixados sobre a superfície exercem o mesmo efeito (GRANT e outros, 1995).

Nos trópicos, a diminuição da temperatura do solo e a preservação da umidade pelo uso de "*cobertura morta*" de resíduos de plantas podem favorecer o desenvolvimento das plantas, uma vez que a seca e as altas temperaturas do solo podem afetar o desenvolvimento das sementes, diminuir a taxa de emergência, diminuir a

espessura do tronco e o desenvolvimento das raízes e diminuir a produção (HARRISON-MURRAY; LAL, 1979). O uso de "*cobertura morta*" pode também aumentar a disponibilidade de nutrientes pela melhoria do microclima (TIAN e outros, 1993).

A presença de palha sobre o solo modifica as trocas de água e energia entre o solo e o ar acima. A palha intercepta uma significativa fração da precipitação. Também intercepta a maior parte da radiação incidente e reduz a evaporação do solo (PUTUHENA; CORDERY *apud* OGÉE; BRUNET, 2002). Uma vez que o teor de umidade do solo e sua temperatura são os dois fatores mais importantes no controle da respiração do solo (BOONE e outros, 1998), estas modificações podem ter um efeito importante no ciclo de carbono do ecossistema (OGÉE; BRUNET, 2002).

### 3 - MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios de campo foram conduzidos na propriedade Rancho Alegre (Latitude 14° 26' 56" S, Longitude 41° 04' 41" W) e altitude 330m, município de Anagé-BA. O período experimental foi de junho a outubro de 2003. O clima local pode ser classificado, segundo Koppen, como semi-árido muito quente, com chuvas de verão (Bsw<sup>h</sup>). O solo do local caracteriza-se como Cambissolo Háplico Tb, Eutrófico Trópicos, possuindo boa condição de drenagem.

Foram coletadas amostras de solo, de 0 a 20 cm de profundidade, para análise físicas e químicas. Estas análises foram realizadas antes da condução do experimento, a fim de se identificar o tipo de classe textural (Tabela 1B), quantificar os macronutrientes e determinar o pH do solo (Tabela 2B). Ao final do período experimental foi realizada uma última análise química do solo até 20 cm de profundidade sob a cobertura e fora da cobertura morta, de forma a identificar se houve incorporação de matéria orgânica.

A cultura foi estabelecida em março de 1998, com o espaçamento entre plantas de 3,6m e entre fileiras de 6,5m.

A irrigação utilizada foi do tipo localizada (micro-aspersão), tendo os aspersores a vazão de 30 L/h, fornecendo água para duas plantas simultaneamente. Foi aplicada uma lâmina bruta de água de 6 mm por dia, sempre no período noturno (Araújo Filho e outros, 1998).

De acordo com a análise química (DEAS/UESB) e a recomendação para a cultura, utilizou-se 400g de superfosfato simples incorporado a 10 cm de profundidade na projeção da copa, no lado voltado para o micro-aspersor. Em cobertura foi aplicado

30g de FTE Br 12 (micronutrientes), e 480g de uréia e 460g de cloreto de potássio, intercalados a cada 20 dias, durante o ciclo produtivo, ou seja, cinco meses aproximadamente, da poda até a colheita. Também foram aplicados 20 L de esterco antes da distribuição da cobertura morta.

Foi conduzido um experimento piloto inicial, onde se buscou estabelecer as condições de monitoramento da umidade, através do uso de tensiômetros.

Após a realização do experimento piloto foi implementado a aquisição automática de dados, no experimento definitivo.

Os dados do experimento piloto foram aproveitados, tanto nos resultados finais, como para estabelecimento dos locais dos sensores, no experimento final.

### **3.1- Experimento piloto**

Este experimento teve a duração de 20 dias.

Foram posicionados 8 tensiômetros em três profundidades (20, 40 e 60 cm) em cada uma das parcelas correspondentes aos quatro tratamentos, constituída de duas plantas, conforme a Figura 1, de forma a se medir o potencial matricial de água no solo.

Neste experimento não houve repetições, uma vez que o objetivo foi estabelecer a melhor localização dos aparelhos. Utilizou-se tensiômetros de coluna de mercúrio e tensiômetros digitais. As leituras dos aparelhos foram feitas às 7h30min e às 17h30min h.

A análise dos resultados destes 20 dias de experimento permitiu determinar a posição dos aparelhos para o experimento final.

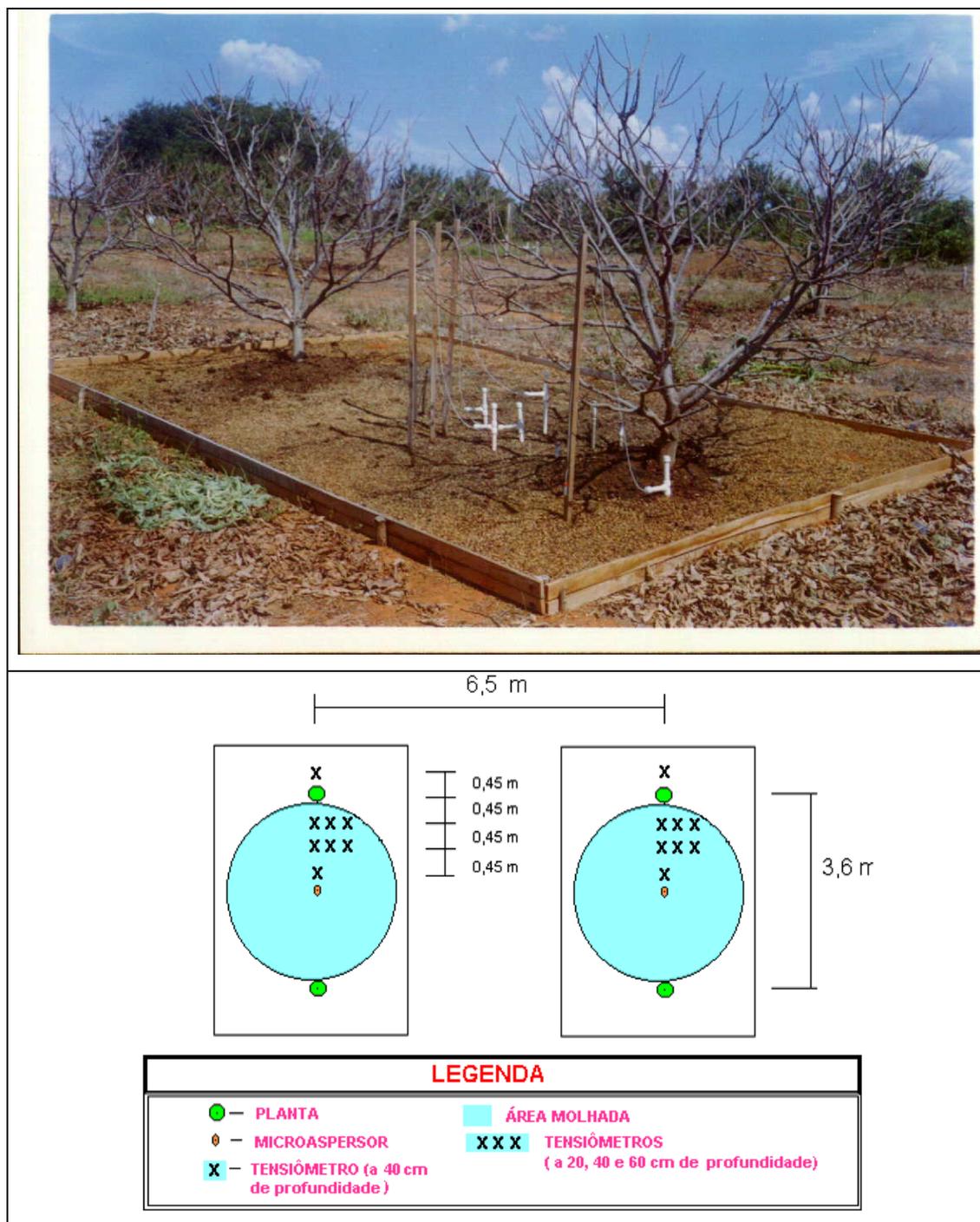
### **3.2 Experimento final**

As condições experimentais foram as mesmas do experimento piloto.

A cultura foi monitorada durante um ciclo produtivo (cerca de cinco meses). Sendo a instalação dos equipamentos feita imediatamente após o trato cultural da poda pós-produção.

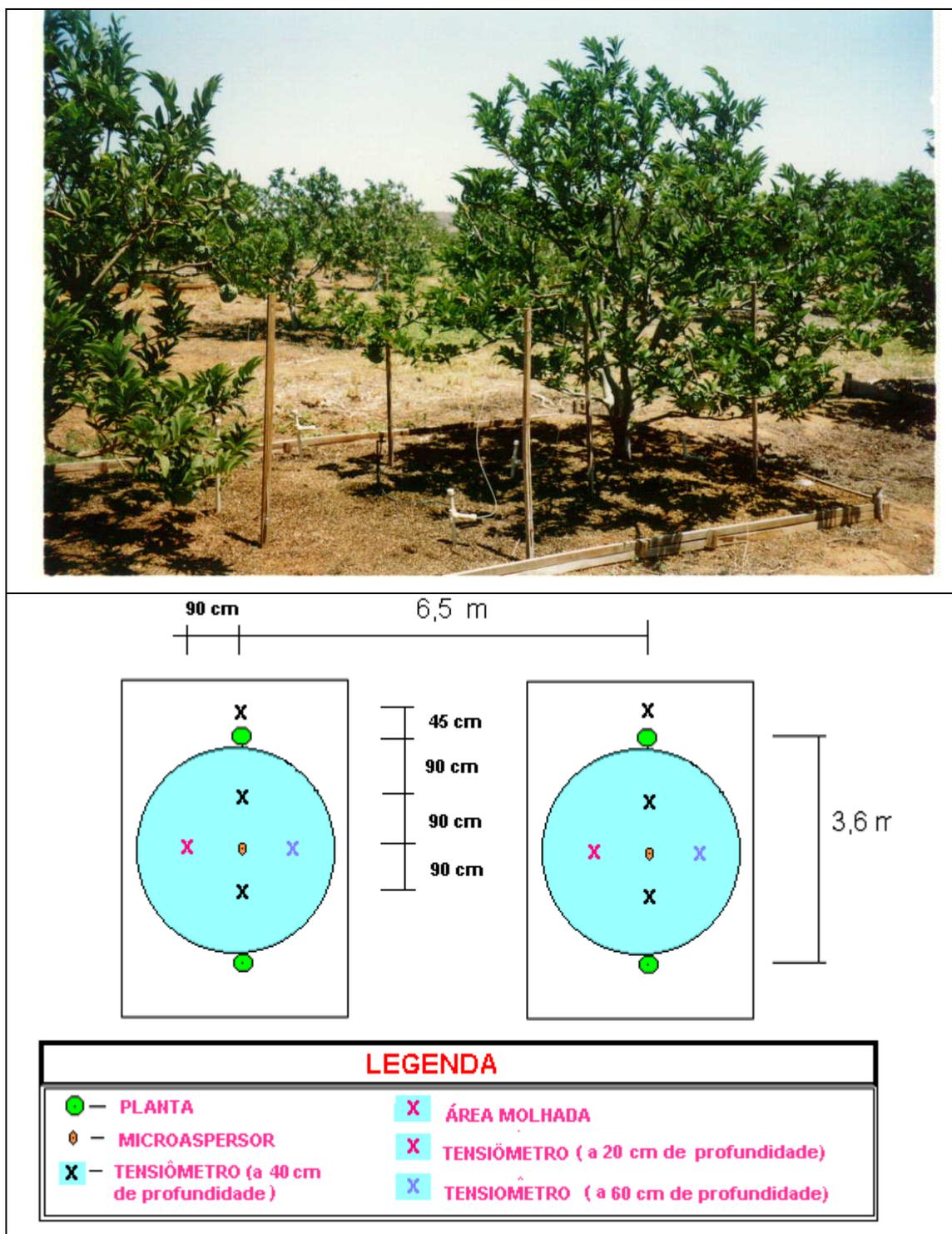
O experimento constou de quatro tratamentos (T1- bagaço de cana, T2- casca de café, T3- palha de Buffel e T4- sem cobertura morta) com cinco repetições, e duas plantas por parcela, instalado no delineamento inteiramente casualizado, utilizando-se

como bordadura plantas do próprio pomar nas extremidades da linha. Ao final do experimento os dados obtidos foram analisados estatisticamente, utilizando-se do *software* excel 2000 e as médias foram comparadas através do teste de Tukey a 5% de probabilidade.



**Figura 1** - Posicionamento dos Tensiômetros nas parcelas experimentais, no experimento piloto.

Cada parcela experimental foi constituída de duas plantas (totalizando 40), em cada tratamento foram posicionados 5 tensiômetros, nas profundidades de 20, 40 e 60 cm conforme determinado pelos resultados do experimento piloto e mostrado na Figura 2.



**Figura 2** - Posicionamento dos Tensiômetros nas parcelas experimentais no experimento final.

Nesta etapa final do experimento utilizou-se apenas os tensiômetros de coluna de mercúrio pela disponibilidade dos mesmos. As leituras foram feitas às 7h30min e 17h30min, como no experimento piloto.

Na medição da temperatura do solo, foram utilizados 5 termopares, nas seguintes posições: imediatamente sob a palha (onde houvesse a presença desta) ou imediatamente sob o solo nu; abaixo da camada de cobertura morta (quando pertinente); e a 5, 10 e 15 cm de profundidade. A Figura 3 mostra o posicionamento dos sensores no solo.



**Figura 3** - Posicionamento dos sensores de temperatura, no solo.

A temperatura do solo foi monitorada, a cada 5min, durante todo o período experimental, totalizando 280 leituras/dia.

Também se mediu a temperatura do ar a 2m de altura, em abrigo termométrico.

A radiação solar foi medida, a 2m de altura em relação ao solo usando piranômetro protótipo desenvolvido no laboratório de Radiação Solar da UNESP de Botucatu.

Os sensores foram conectados a um Datalogger (Remote Data Acquisition and Control Module, fabricado pela ICP DAS). Utilizou-se o módulo I-7011, específico para termopares e o módulo I-7018, para os demais sensores.

Um computador PC com processador Pentium 1GHz foi conectado ao sistema, tendo os dados sido armazenados, diariamente no disco rígido do mesmo. O computador estava conectado a um No-Break.

Foram feitos registros fotográficos que ilustram a instalação dos equipamentos e a distribuição da cobertura morta (Anexo A).

Foi desenvolvido um *software*, em *Visual Basic*, específico para esta coleta de dados.

Cada cobertura foi distribuída em camadas de 10 cm de espessura, sendo sua área delimitada por retângulos de madeira de 5X3m (Figura 2).

Na cobertura morta foram feitas as seguintes análises químicas: relação C/N e teor de lignina e teor de matéria orgânica, conforme Silva e Queiroz (2002). Estas análises foram feitas no início e no final do experimento.

No local também foi instalado um pluviômetro e um tanque classe A.

O tanque classe A (Anexo A) foi construído especificamente para este experimento tendo diâmetro 1,20 m e altura de 25 cm. Colocou-se no tanque um sistema que permitia estabelecer o nível de água, o que era feito diariamente, às 7 horas da manhã, utilizando-se para tal, uma proveta graduada. Portanto, o volume diário de água, necessário para restabelecer o nível do tanque era convertido em lâmina de água evaporada. O pluviômetro foi lido imediatamente após uma precipitação ou às 7h da manhã, quando esta ocorreu durante a noite.

No que se refere à cultura, foram analisados: altura da planta, diâmetros da copa, medidos com trena graduada em milímetros. No caso do diâmetro de copa, foram realizadas duas medidas, um no sentido da linha de plantio e outra perpendicular a esta. Considerou-se como diâmetro da copa, a média das duas medições.

Também se avaliou o número de flores emitidas e o número de gemas brotadas, por ramo podado, através de amostragem onde se utilizou cinco ramos por planta, escolhidos aleatoriamente, à meia altura da mesma.

Mediu-se a área da folha, utilizando-se o medidor de área foliar de marca Area Meter, modelo LI-310. As amostras para esta medição foram colhidas usando-se os pontos cardeais à meia altura da planta, coletando quatro folhas mais desenvolvidas por cada ramo, foi utilizado o segundo par de folhas a partir da inserção dos ramos (GAZEL FILHO e outros, 1997).

A colheita foi iniciada na primeira semana de outubro e foi encerrada dia 24 do mesmo mês. A seqüência de tratos culturais realizada, ao longo do período experimental, está apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1** - Seqüência cronológica das medições e/ou tratos culturais, ao longo do período experimental.

<b>Atividade</b>	<b>Data</b>
Poda da pinha	24 de maio a 04 de junho
Aplicação de esterco	05 de junho
Aplicação da cobertura morta	05 de junho
Adubações	07 de junho
	27 de junho
	17 de julho
	06 de agosto
	26 de agosto
	15 de setembro
Medições da altura e diâmetro das plantas	06 de junho
	25 de outubro
Contagem de gemas	04 de julho
	17 de julho
	04 de agosto
Medição de área foliar	24 de outubro
Colheitas de frutos	6 outubro
	12 de outubro
	24 de outubro

Nos frutos foram medidos a massa total de cada fruto, a massa das cascas, a massa das sementes e o número de sementes. Obteve-se a massa da polpa por diferença. Mediu-se, também, o pH e o teor de sólidos solúveis da polpa e os comprimentos longitudinal e transversal dos frutos. Na análise destas características, utilizou-se 5 frutos por planta, totalizando 10 frutos por parcela.

Para a medição de comprimento, utilizou-se um paquímetro digital da marca MYTUTOHIO. Na medida do diâmetro transversal, tomou-se como base a parte mediana do fruto. O diâmetro longitudinal foi medido da base (junto ao pedúnculo) até o ápice do fruto.

Na determinação das massas, utilizou-se balança semi-analítica marca GEAKA.

O pH foi determinado usando o aparelho modelo Q400A, fabricado pela Quimis Aparelhos Científicos Ltda. As leituras foram feitas diretamente do aparelho,

que possui compensação de temperatura, tendo sido o mesmo calibrado e operado conforme recomendações do seu manual.

Na medição do Teor de Sólidos Solúveis (BRIX), utilizou-se um refratômetro de mão, marca. ATAGO, modelo N-1 $\alpha$ . Procedendo-se a leitura diretamente do aparelho, que possui escala de 0-30 °Brix.

Entre as variáveis ambientais foram obtidos os coeficientes de determinação ( $r^2$ ) e estimadas as equações de regressão correspondentes.

## 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1- Variáveis ambientais

#### 4.1.1- Temperaturas do ar e do solo

Ao longo do experimento a temperatura média do ar foi de 24,93°C o valor mínimo foi de 16,56°C e o máximo de 34,20°C, portanto, com amplitude térmica geral de 17,64°C. Estes valores estão de acordo com o esperado para a região, no período do estudo, sendo próximos da média histórica para o período, fornecida pelo INMET (2002) que é de 25,2 °C.

Estão apresentados na Tabela 2 os valores médios das temperaturas em diferentes profundidades, para cada tratamento e a temperatura média do ar ao longo do período experimental.

**Tabela 2** - Valores médios de temperatura (°C) para o período experimental.

<b>Especificação</b>	<b>Café</b>	<b>Buffel</b>	<b>Cana</b>	<b>Terra</b>
Palha	30,1	25,5	23,9	-----
Base da cobertura	29,7	29,5	25,6	24,9
5 cm de profundidade	28,6	29,5	25,6	23,8
10 cm de profundidade	28,2	29,4	23,7	25,1
15 cm de profundidade	28,1	29,3	23,6	25,0
<b>Temperatura média do ar = 24,93 °C</b>				

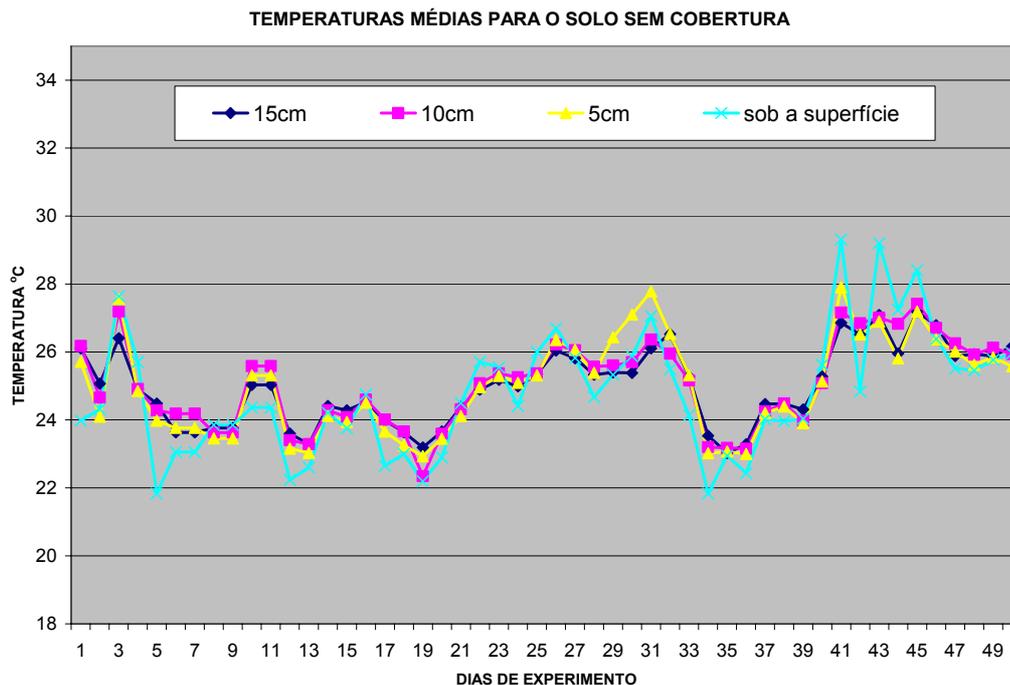
Observou-se que a temperatura média na superfície da casca de café foi, ao longo do período experimental, em média, cerca de 5° C superior à temperatura média do ar. Para a cobertura com palha de capim Buffel esta diferença foi de aproximadamente 0,6°C. A cobertura com palha de cana, por outro lado, apresentou valores médios da temperatura na palha inferiores aos do ar (1,0°C). A cor da cobertura pode, provavelmente, ter influenciado nestes valores, em virtude da mudança de albedo. Na superfície da terra o valor da temperatura média também foi menor que o do ar (0,02°C). Contudo, neste dois últimos casos, os valores são muito próximos. Estes resultados podem, ainda, estar relacionados com a porosidade do material, com sua capacidade de reter umidade e, ainda, com a possibilidade de ocorrência de fermentação, principalmente na casca de café.

A média da temperatura na base da cobertura morta foi superior à média na parte superior, para a cana e o Buffel, e inferior para o café. Neste último caso, esta diferença foi bastante acentuada (6,3 °C) reforçando a idéia da ocorrência de fermentação e indicando a eficiência de isolamento térmico deste material. Nos outros casos, a evaporação intensa na superfície pode ter causado um efeito de resfriamento evaporativo.

Os resultados da Tabela 2 evidenciam as diferenças nas propriedades térmicas de cada cobertura. A hipótese de que estas coberturas apresentariam tais características foi um dos motivos de sua escolha, confirmado pelos resultados experimentais que indicam, ainda, a necessidade de se aprofundar neste estudo uma vez que, como tais características, outros fatores (por exemplo, a espessura da camada) são de considerável importância.

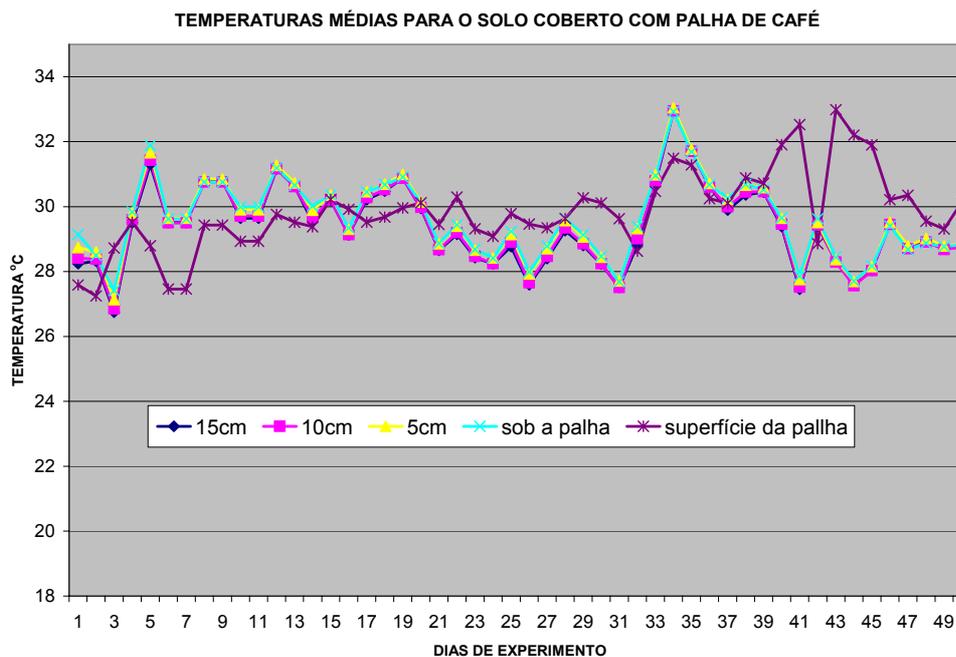
A Tabela 2 mostra, ainda, que no solo local, o gradiente de temperatura, ao longo do período experimental, foi decrescente na faixa próxima da superfície, apresentou um crescimento entre 5 cm e 10 cm de profundidade e, a seguir, voltou a decrescer. Este resultado pode, provavelmente, ser atribuído ao resfriamento, devido à irrigação por micro-aspersão. No caso da presença de cobertura morta, o efeito de resfriamento ocorre na própria superfície.

Estão apresentadas nas Figuras 4 a 7 as temperaturas médias diárias em cada posição, para cada tratamento e a Tabela 3 mostra os desvios na temperatura média diária em relação ao solo descoberto, em cada posição, para cada tratamento.



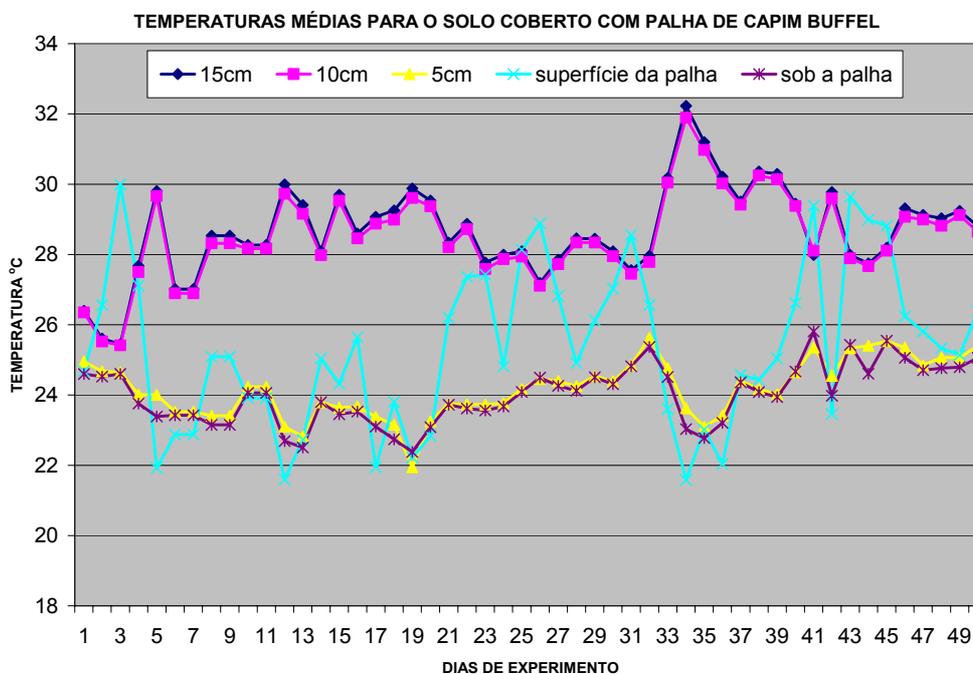
**Figura 4** - Temperaturas do solo sem cobertura nas diversas posições ao longo do período experimental.

Em todos os tratamentos observou-se que a temperatura da superfície tem uma evolução temporal diferenciada, com alta variabilidade e aparentemente pouco relacionada com as demais temperaturas. Isto provavelmente se dá em virtude da forte influência de fatores como incidência de radiação solar, umidade e ventos, nesta camada específica. Nas coberturas de capim Buffel e de bagaço de cana, estas influências tendem a ser maiores, devido a porosidade do meio, o que ocasionou uma maior variabilidade, como pode ser verificado nas Figuras 6 e 7. Em virtude desta variabilidade, a temperatura nesta posição apresenta baixa correlação com as demais. Logo, como era esperado, a temperatura na superfície da cobertura apresentou evolução temporal totalmente diferente daquela referente ao solo nú.

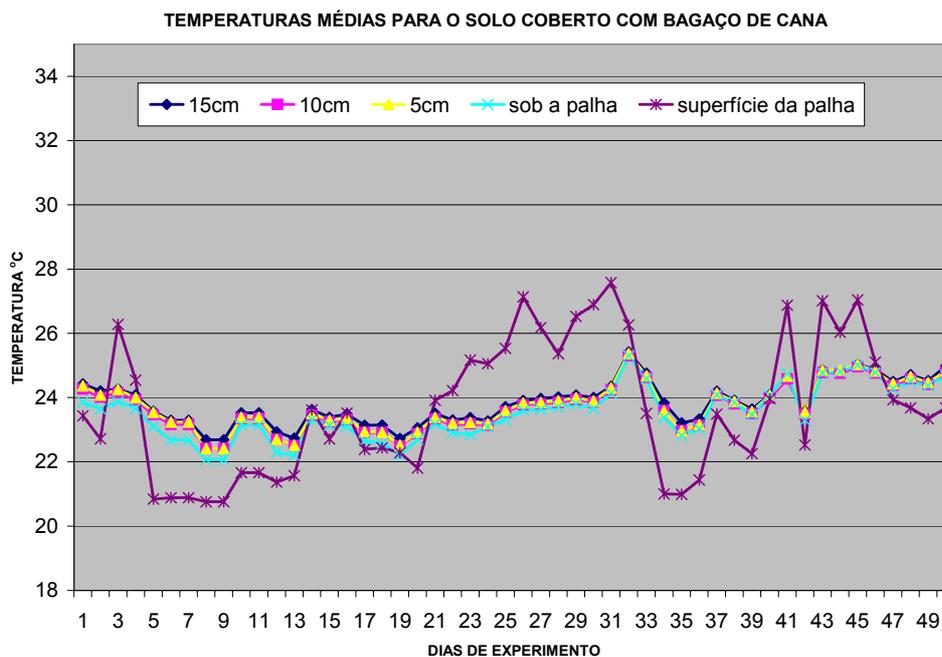


**Figura 5** - Temperaturas do solo coberto com casca de café nas diversas posições ao longo do período experimental.

Estas discrepâncias nos levaram a conduzir as análises levando em conta as camadas no solo e sob a camada de palha, sem tentar associações com a temperatura na superfície, estas relações serão mostradas no item apropriado.



**Figura 6** - Temperaturas do solo coberto com palha de capim Buffel nas diversas posições ao longo do período experimental.



**Figura 7** - Temperaturas do solo coberto com bagaço de cana nas diversas posições ao longo do período experimental.

**Tabela 3** - Desvios na temperatura média diária, em relação ao solo descoberto, em cada posição, por tratamento.

TRATAMENTO	DESVIOS (°C)	PROFUNDIDADE NO SOLO			
		15 cm	10 cm	5 cm	Sob a palha
Bagaço de cana	<b>MÉDIO</b>	-1,2	-1,4	-1,3	-1,3
	<b>MÁXIMO</b>	0,3	0,4	0,6	1,5
	<b>MÍNIMO</b>	-3,0	-3,4	-3,5	-4,6
Casca de café	<b>MÉDIO</b>	4,4	4,4	4,6	4,8
	<b>MÁXIMO</b>	9,4	9,8	10,0	11,1
	<b>MÍNIMO</b>	0,3	-0,3	-0,4	-1,5
Palha de buffel	<b>MÉDIO</b>	3,7	3,5	-0,8	0,6
	<b>MÁXIMO</b>	8,7	8,7	0,6	2,4
	<b>MÍNIMO</b>	-1,0	-1,8	-2,9	-1,4

No caso das temperaturas médias do solo sem cobertura, os valores médios diários são bastante próximos, sendo a maior amplitude encontrada de 1,67 °C, no dia 06/08/2003 entre profundidade de 15 e 5 cm. É interessante observar que estas temperaturas estão muito próximas da média geral do experimento, para solo sem

cobertura morta, sendo os desvios máximos de -4,1; -2,3; -2,1 para as profundidades de 5; 10 e 15 cm em relação às suas respectivas médias. Estes resultados confirmam a condição de baixas amplitudes térmicas da região.

Quando nos reportamos ao solo coberto com casca de café, os resultados obtidos mostram que as temperaturas médias diárias para as profundidades de 5, 10 e 15 cm a partir do nível do solo e aquela logo abaixo da palha, praticamente não apresentam diferença. Ou seja, a presença desta cobertura aproximou os valores das temperaturas do solo nas três profundidades estudadas. Contudo, como mostrado na Tabela 3, as temperaturas nestas profundidades aumentaram, em relação ao solo sem cobertura em média de 4,6 °C, tendo esta diferença atingido até aproximadamente 10 °C para mais.

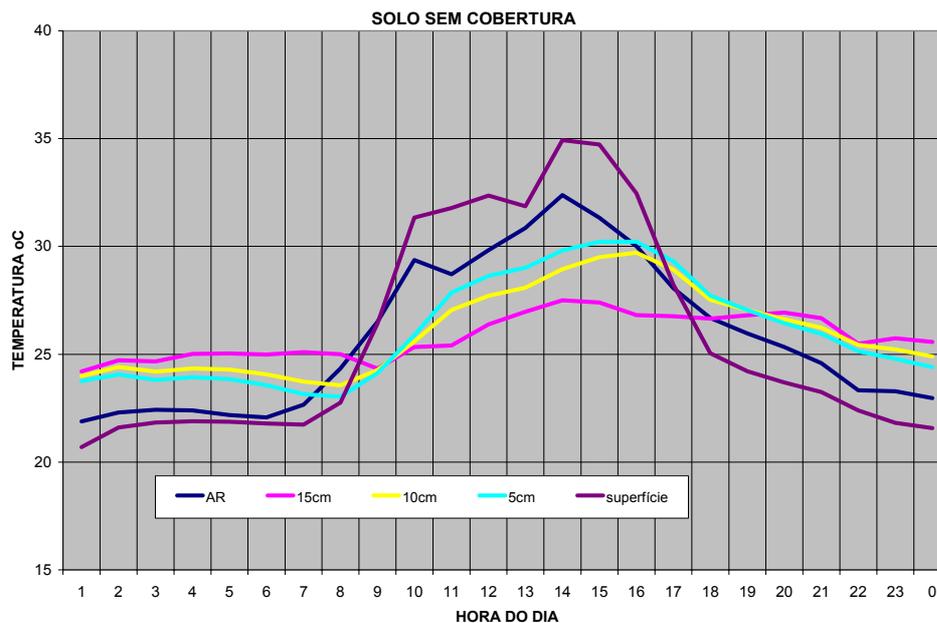
Quanto à cobertura de capim Buffel, também observamos um incremento na temperatura média diária do solo, em relação ao solo descoberto. Contudo, este aumento é menos intenso, como pode ser observado na Tabela 3, a 15 e 10 cm de profundidade, sendo que a 5 cm o efeito foi muito pequeno, com diminuição da temperatura média.

O efeito da cobertura com bagaço de cana é totalmente diverso dos demais, sendo que, neste caso, observou-se uma diminuição da temperatura média diária em cada profundidade de cerca de 1,4 °C, em média.

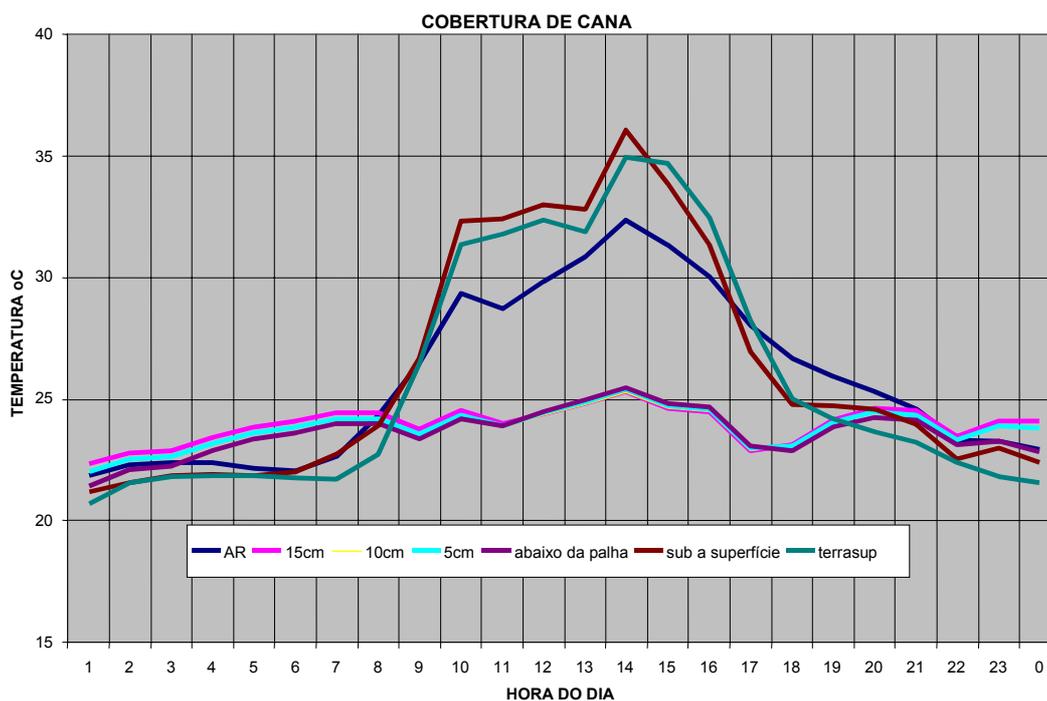
As Figuras 8 a 11 mostram, para o solo sem cobertura, e para cada uma das coberturas usadas, a marcha diária da temperatura para o dia 13/08/2003, aproximadamente a metade do período experimental. Nas figuras também se mostra a temperatura da superfície do solo e do ar ambiente.

Para o solo sem cobertura a curva obtida assemelha-se aquela encontrada na literatura (Vianello & Alves, 1999). Com as camadas mais profundas do solo tendo uma menor amplitude térmica que as camadas superiores e apresentando temperaturas mais altas à noite e mais baixas durante o dia.

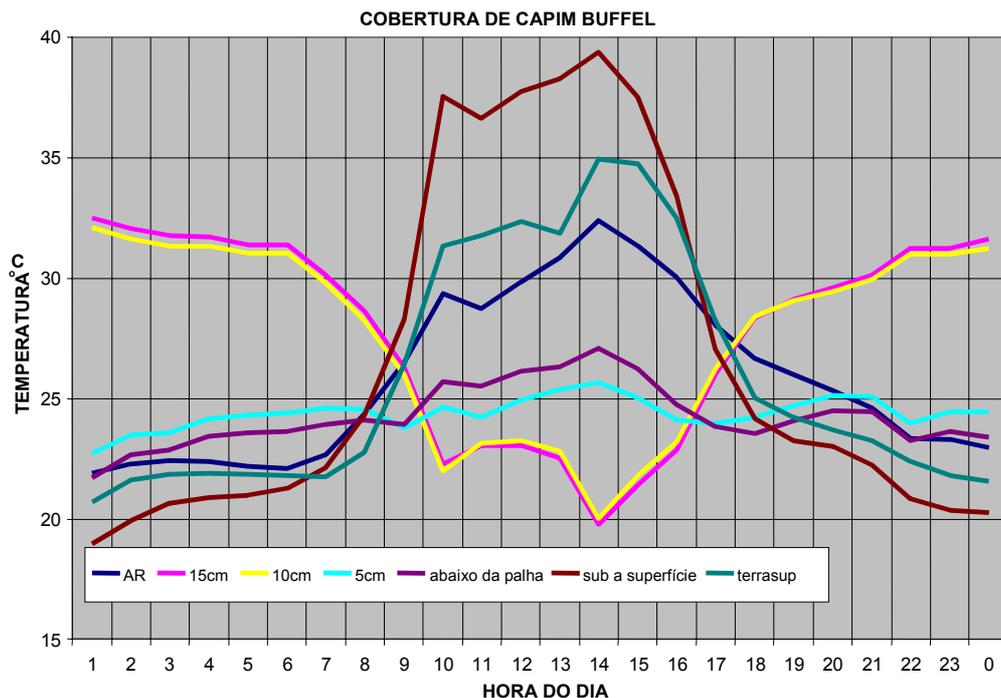
Quanto à cobertura de bagaço de cana o gráfico da Figura 9 permite a observação do efeito desta cobertura, diminuindo a temperatura do solo, tanto na superfície como nas camadas mais profundas, durante o dia, sendo que, neste período, as curvas praticamente se confundem. No período noturno observou-se a aproximação das temperaturas nas diferentes profundidades. A temperatura imediatamente abaixo da superfície da camada de bagaço de cana apresentou valores próximos da temperatura do solo sem cobertura ao longo de todo o dia. Na Figura 9, é possível observar o efeito da irrigação, com a queda nas temperaturas ao redor das 22 horas, ou seja, cerca de uma hora após o início da irrigação.



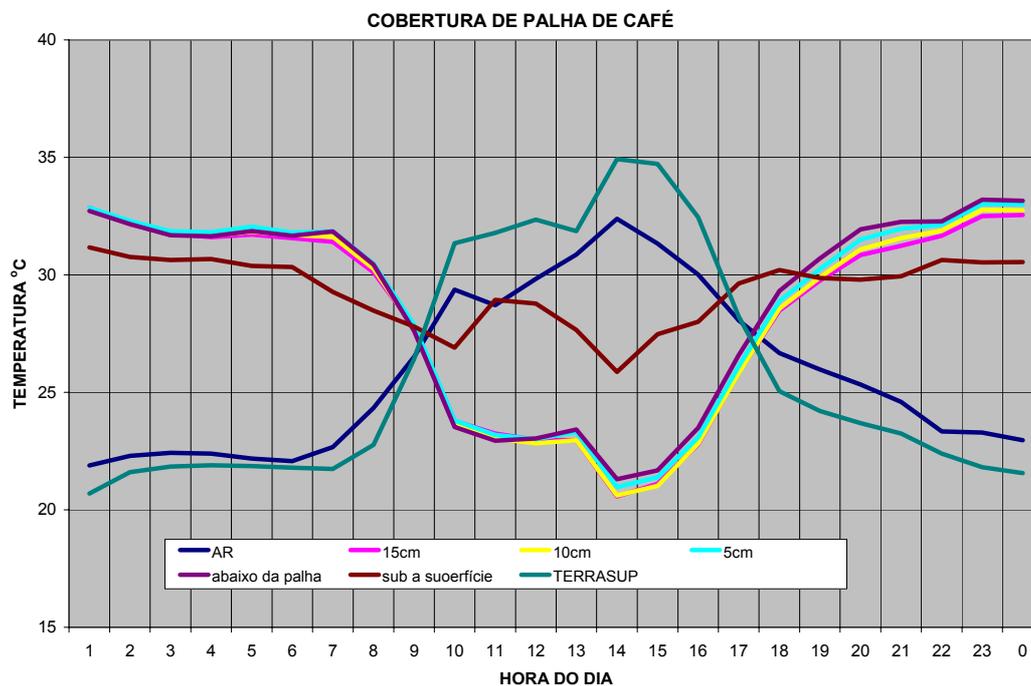
**Figura 8** - Marcha diária da temperatura do ar para o solo sem cobertura, no dia 13/08/2003.



**Figura 9** - Marcha diária das temperaturas do solo coberto com bagaço de cana, no dia 13/08/2003.



**Figura 10** - Marcha diária das temperaturas do solo coberto com palha de capim Buffel, no dia 13/08/2003.



**Figura 11** - Marcha diária das temperaturas do solo coberto com casca de café, no dia 13/08/2003.

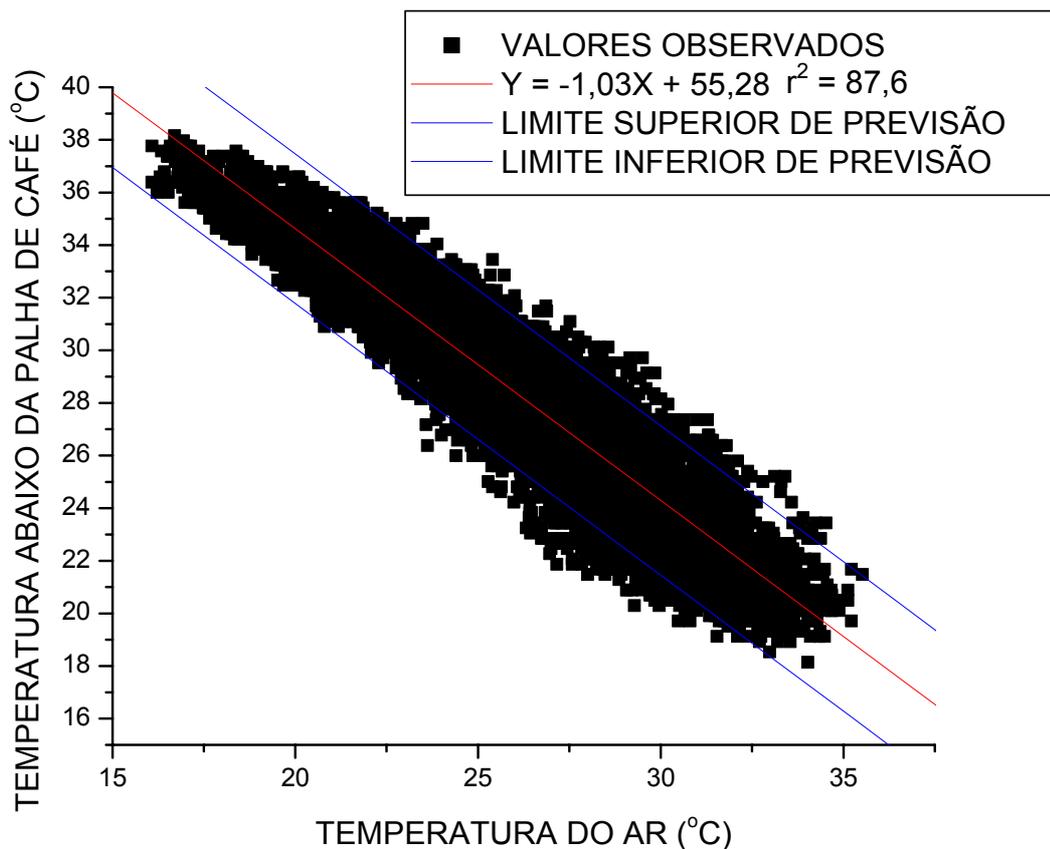
A cobertura com palha de capim Buffel apresenta a peculiaridade da temperatura logo abaixo da superfície da mesma, durante o dia, ser bastante mais alta que a do solo sem cobertura morta atingindo  $6,5^{\circ}\text{C}$  para mais, às 13 horas (na média, ao longo do experimento, a temperatura desta camada esteve  $3,06^{\circ}\text{C}$  acima daquela do solo nu, durante o dia). Por outro lado, durante a noite, a temperatura neste local esteve um pouco abaixo da temperatura do solo sem cobertura, atingindo cerca de  $2,0^{\circ}\text{C}$ , antes do nascer do Sol. Na média, ao longo do experimento, a temperatura desta camada esteve  $1,19^{\circ}\text{C}$  abaixo daquela do solo nu, durante o dia. Um efeito da presença desta cobertura foi o de aproximar a temperatura do solo, na profundidade de 5 cm, daquela medida imediatamente abaixo da palha. Este fenômeno acabou por elevar a temperatura do solo, nesta profundidade, em relação ao solo sem cobertura e ao solo coberto com bagaço de cana. Por outro lado, para as camadas a 10 e 15 cm de profundidade, a presença desta cobertura, impediu a perda de calor no período noturno. Este aumento foi intensificado pelo retardo na penetração da onda de calor no solo, o que fez com que o máximo de temperatura, nestas profundidades, ocorresse em torno das 22 horas. Também o momento em que o aquecimento provocado pela radiação solar atinge estas camadas é retardado, ocorrendo em torno das 10 horas da manhã. Por outro lado, a queda na temperatura que ocorre a 5 cm de profundidade, com a diminuição da intensidade da radiação no período da tarde, não ocorre nas outras profundidades estudadas, indicando que a cobertura e as camadas superiores liberam o calor absorvido para o solo. O efeito da irrigação, de forma semelhante aos casos discutidos anteriormente, se dá ao redor das 22 horas. Contudo, como a mesma é feita por micro-aspersão, a pequena vazão permite que água de irrigação diminua a temperatura nas camadas iniciais, se aqueça, e transporte a energia térmica adquirida para as camadas a 10 e 15 cm devendo entrar em equilíbrio com a temperatura do solo em camadas mais profundas.

O balanço de calor no solo é tal que, tanto para o solo nú, como para o solo coberto é possível traçar, acima da profundidade para a qual a temperatura é aproximadamente constante, uma superfície acima da qual ocorre aquecimento e abaixo da qual ocorre resfriamento (MONTEITH e UNSWORTH, 1990). Neste experimento os resultados mostram que esta superfície esteve abaixo de 15 cm para o solo descoberto e para a cobertura de bagaço de cana. Para a cobertura com capim Buffel, esta superfície esteve entre 5 e 10 cm. No caso da cobertura com casca de café, esta superfície esteve dentro da própria cobertura, como exemplificado na Figura 11, onde a concavidade das curvas referentes às camadas abaixo da palha não se inverte durante o dia.

#### 4.1.2 Estimativas para as variáveis ambientais

Na obtenção de correlações lineares entre os valores instantâneos da temperatura do ar, com a superfície da palha os coeficientes de correlação foram de 84,5%, 84,4% e 50,3%, para palha de cana, capim buffel e café, respectivamente. Estes coeficientes podem ser considerados baixos, no que se refere a este tipo de experimento (TEODORO, 2001). Indicando que outros fatores, tais como reflectividade e absorvidade, por exemplo, afetam a temperatura da palha. A correlação entre a temperatura do ar e a da superfície do solo também foi baixa (82,3%) confirmando esta hipótese.

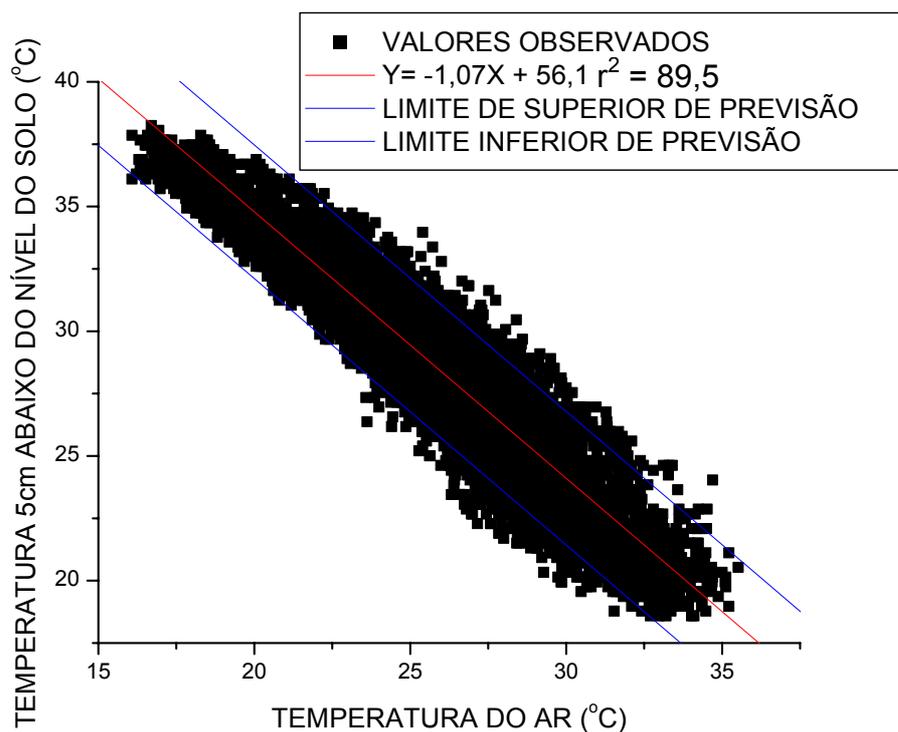
Para o caso dos sensores colocados entre a camada de palha e o solo. As correlações entre os valores por estes medidos e os da temperatura do ar foram de 58,6%, 53,2% e de 87,6% para a casca de café. Nos dois primeiros casos, o baixo coeficiente de correlação pode ser atribuído, provavelmente, à porosidade do material, que influenciou na penetração de água e ar, até esta posição, fazendo com que houvesse alta variabilidade da temperatura instantânea. Para a casca de café, o efeito de isolamento e de retenção de água da mesma, retardou, como comentado anteriormente, o avanço da onda de calor, e mudou a direção do gradiente de fluxo de calor. Por outro lado, o efeito desta cobertura foi de diminuir a variabilidade, em relação a temperatura do ar, daí o coeficiente alto e negativo. É preciso observar que estes coeficientes estão restritos às condições experimentais, não cabendo a avaliação de que quanto maior a temperatura do ar menor seria a temperatura nesta posição e vice-versa, em qualquer faixa de temperaturas. Por outro lado, para as condições deste experimento, é possível a obtenção de uma equação linear que correlacione a temperatura do ar com a temperatura imediatamente abaixo da casca de café. Esta equação e o gráfico correspondente, com os intervalos de previsão, são mostrados na Figura 12. Os intervalos de confiança não foram mostrados porque, para distingui-los da linha correspondente a equação de regressão, seria necessária uma escala que não permitiria a visualização de todos os valores.



**Figura 12** - Relação entre os valores da temperatura do ar, coletados a cada 5 minutos, e os medidos abaixo da casca de café, para o período experimental.

Para a relação entre os valores medidos com os sensores a 5 cm de profundidade, a partir do nível do solo, com aqueles relativos a temperatura do ar, os coeficientes de determinação obtidos foram de 70,1% para o solo sem cobertura, 50,3%; 29,2% e 89,5% (Figura 13), para as coberturas de bagaço de cana, capim buffel e casca de café, respectivamente.

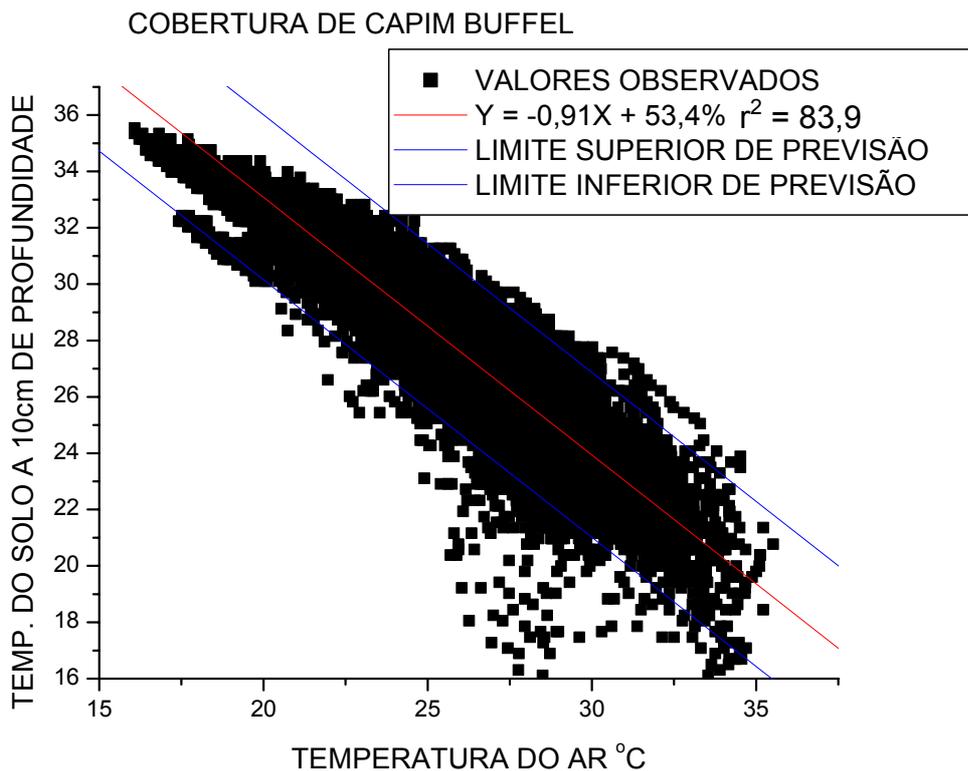
A Figura 13 mostra a relação entre os valores da temperatura do ar, coletados a cada 5 minutos, e os da temperatura a 5 cm de profundidade, a partir do nível do solo, coberto com casca de café, para o período experimental.



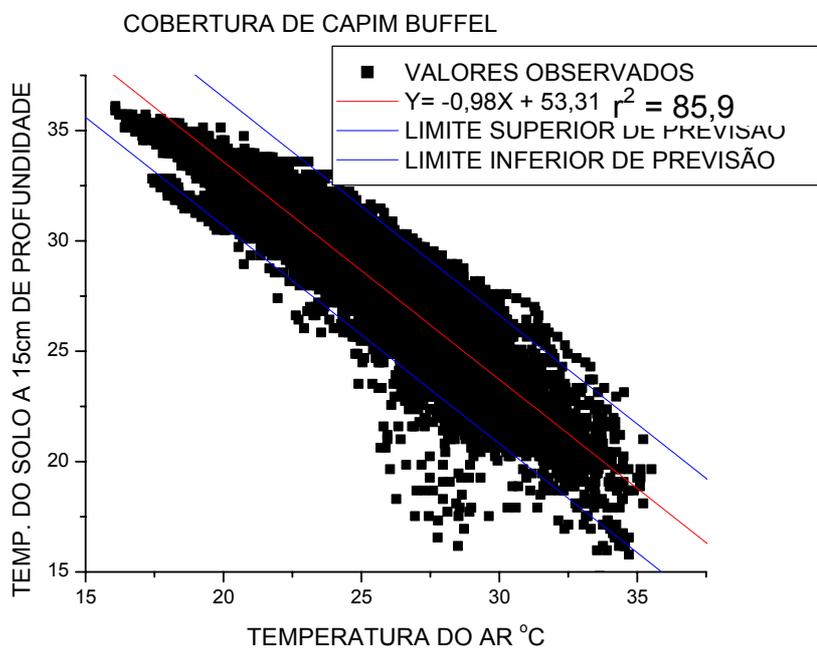
**Figura 13** - Relação entre os valores da temperatura do ar, coletados a cada 5 minutos, e os medidos a 5 cm abaixo do nível do solo, coberto com casca de café, para o período experimental.

As correlações entre as temperaturas do solo sem cobertura morta a 10 e 15 cm de profundidade e a temperatura do ar a 2 m de altura foram 63,5% e 44,7%. Resultados estes que já eram esperados, uma vez que os valores destas temperaturas estão defasados em relação à temperatura do ar. Nas mesmas profundidades, porém com o solo coberto com bagaço de cana, os coeficientes foram de 47,6% e 41,4%, identicamente baixos, pelos mesmos motivos.

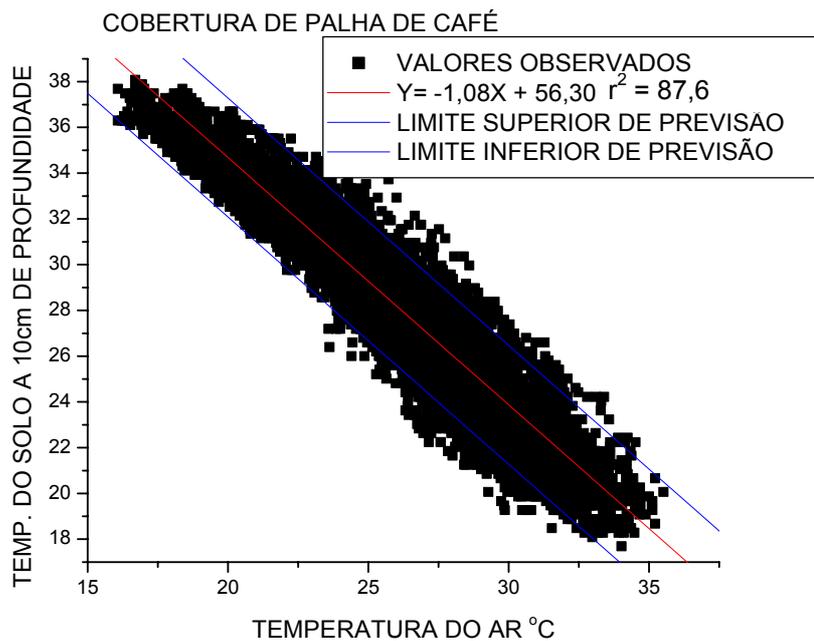
Por outro lado, para as coberturas de capim Buffel e casca de café, nas profundidades de 10 e 15 cm, os coeficientes de determinação com a temperatura do ar foram de 83,9% (Figura 14); 85,9% (Figura 15); 90,3% (Figura 16) e 91,0% (Figura 17) respectivamente. Nestas profundidades, para estas coberturas, devido à inversão do gradiente térmico já haver ocorrido foi que se obtiveram estes coeficientes negativos, conforme discutido anteriormente. As Figuras 14 a 17 mostram as equações de regressão linear obtidas para as coberturas de capim Buffel e bagaço de cana, nestas profundidades.



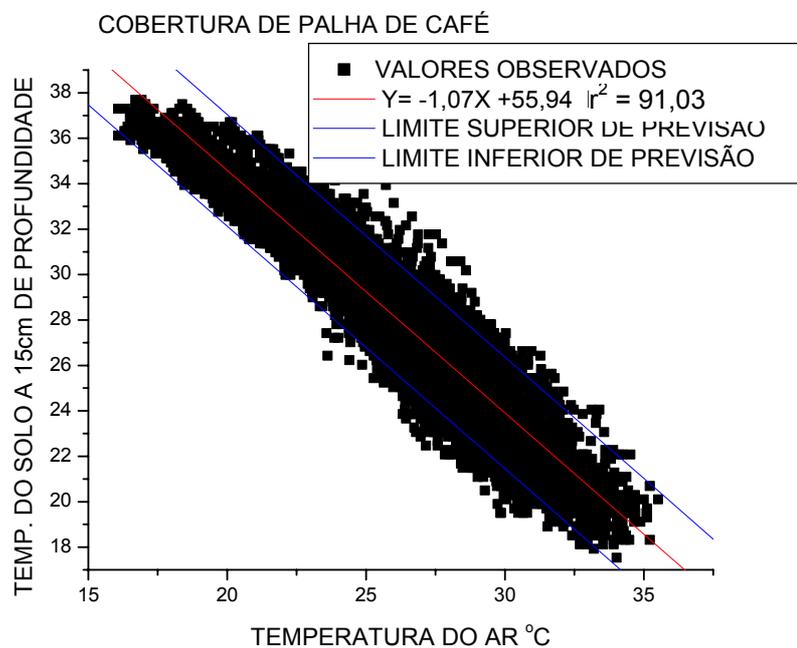
**Figura 14** - Relação entre a temperatura do ar e a do solo, coberto com palha de capim Buffel, na profundidade de 10 cm.



**Figura 15** - Relação entre a temperatura do ar e a do solo, coberto com palha de capim Buffel, na profundidade de 15 cm.



**Figura 16** - Relação entre a temperatura do ar e a do solo, coberto com casca de café, na profundidade de 10 cm.



**Figura 17** - Relação entre a temperatura do ar e a do solo, coberto com casca de café, na profundidade de 15 cm.

Para o caso dos valores médios diários, os coeficientes de determinação, com as respectivas equações de regressão, são mostrados na Tabela 4. Observou-se, de forma semelhante à temperatura instantânea, que os coeficientes de determinação entre as temperaturas médias na superfície de cada tratamento foram relativamente baixos. Possivelmente, pela defasagem na evolução temporal destas temperaturas com a do ar, além dos fatores físicos como umidade, condutividade e difusividade, etc. Evidencia-se, neste local, a diferença entre cobertura de casca de café e os demais tratamentos, sendo esta a que apresentou menor coeficiente de determinação. Neste caso, a equação obtida não representa uma boa descrição dos dados, sendo apresentada apenas por complementar os resultados.

**Tabela 4** - Equações de regressão e coeficiente de determinação entre as temperaturas médias diárias em diferentes profundidades, para cada tratamento, em relação à temperatura média do ar.

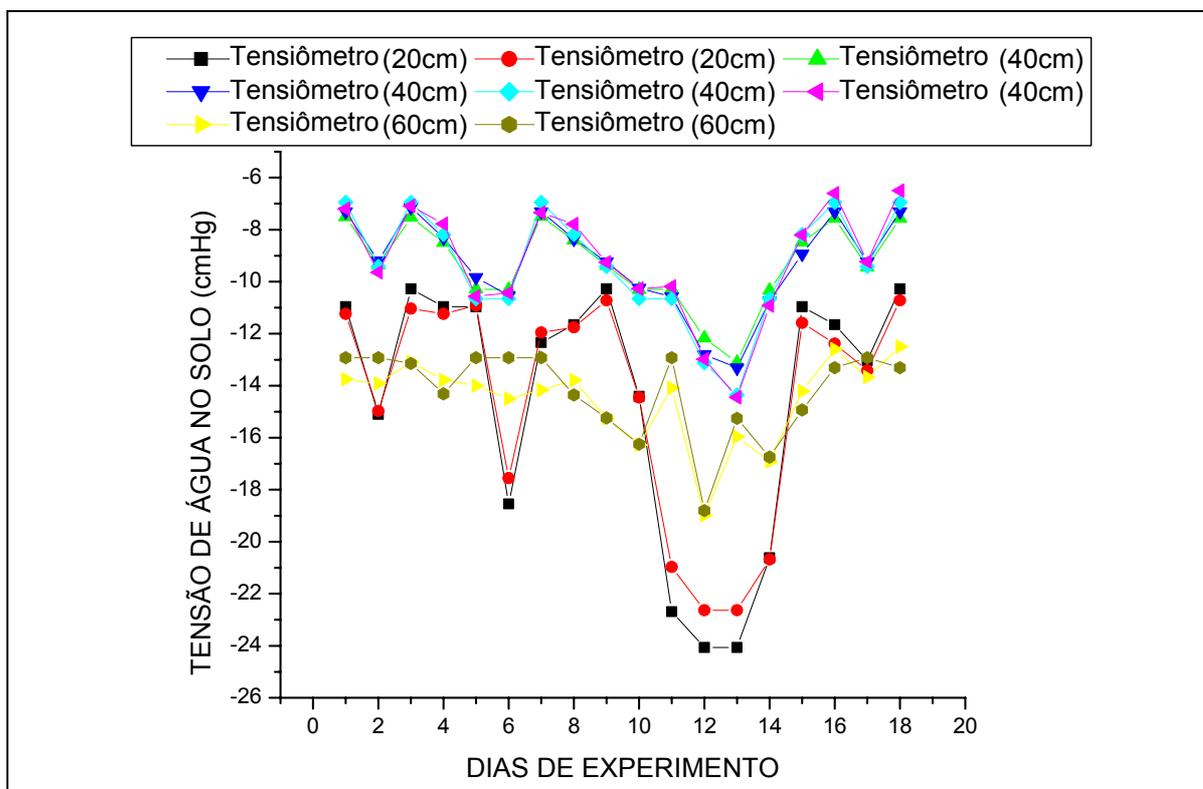
TRATAMENTO	PROFUNDIDADE	EQUAÇÃO	R* (%)
Bagaço de cana	Superfície	$Y = -4,21 + 1,12X$	0,54
Bagaço de cana	Sob a cobertura	$Y = 13,40 + 0,40X$	0,44
Bagaço de cana	5 cm	$Y = 13,98 + 0,39X$	0,51
Bagaço de cana	10 cm	$Y = 14,29 + 0,38X$	0,50
Bagaço de cana	15 cm	$Y = 15,16 + 0,35X$	0,48
Casca de café	Superfície	$Y = 31,92 - 0,08X$	8,85
Casca de café	Sob a cobertura	$Y = 48,59 - 0,76X$	0,79
Casca de café	5 cm	$Y = 49,47 - 0,79X$	0,81
Casca de café	10 cm	$Y = 49,78 - 0,82X$	0,82
Casca de café	15 cm	$Y = 49,96 - 0,82X$	0,82
Palha de buffel	Superfície	$Y = 11,65 + 0,49X$	0,66
Palha de buffel	Sob a cobertura	$Y = -5,96 + 1,25X$	0,56
Palha de buffel	5 cm	$Y = 12,45 + 0,47X$	0,63
Palha de buffel	10 cm	$Y = 44,91 - 0,66X$	0,52
Palha de buffel	15 cm	$Y = 45,99 - 0,69X$	0,54
Testemunha	Superfície	$Y = -1,38 + 0,05X$	0,63
Testemunha	5 cm	$Y = 2,17 + 0,92X$	0,79
Testemunha	10 cm	$Y = 3,88 + 0,85X$	0,83
Testemunha	15 cm	$Y = 6,75 + 0,73X$	0,77

\* Coeficiente de correlação de Pearson.

Analogamente, para os pontos sob a superfície das coberturas mortas, os coeficientes de determinação obtidos foram baixos. Como explicação para tal, acrescente-se aos motivos já discutidos, o fato das coberturas representarem um tipo de isolamento térmico.

### 4.1.3 Tensão de água no solo

A comparação dos resultados da medição de tensão de água no solo em pontos a mesma profundidade, feita no experimento piloto, mostrou que estes não diferiram entre si ( $P < 0,01$ , pelo teste de Tukey). A Figura 18 mostra, para a testemunha, as leituras tensiométricas feitas no período da manhã, ao longo do experimento piloto. Este resultado indica a uniformidade de distribuição de água no solo, nos diferentes tratamentos, proporcionada pelo sistema de irrigação. Todos os valores observados, em pontos na mesma profundidade, sempre diferiram entre si em 10%, o que está dentro da faixa de erro do aparelho. Este resultado indica a uniformidade de distribuição de água no solo, nos diferentes tratamentos, proporcionada pelo sistema de irrigação. Contudo, algumas leituras dos aparelhos digitais apresentaram inconsistências, algumas vezes fornecendo valores totalmente inesperados, possivelmente por problemas nas borrachas de vedação da parte superior do aparelho. Sendo assim, optou-se pelo uso dos tensiômetros de coluna de mercúrio, no experimento final.



**Figura 18** - Leituras tensiométricas feitas no período da manhã, no tratamento testemunha, ao longo do experimento piloto.

Os valores da leitura dos tensiômetros, colocados na mesma profundidade, no experimento final, também não diferiram entre si ( $P < 0,01$ , pelo teste de Tukey). Desta forma, optou-se por trabalhar com a média destes valores, de forma a permitir melhor visualização gráfica dos resultados. Os resultados do experimento piloto e do final foram incorporados nestas análises.

A Tabela 5 mostra os valores médios da tensão de água no solo, ao longo do experimento, em cada profundidade observada, para cada um dos tratamentos.

**Tabela 5** - Valores médios da tensão de água no solo (KPa), para cada profundidade, ao longo do experimento.

Tratamento	Profundidade*		
	20	40	60
Bagaço de cana	-16,2 Aa	-11,1 Ab	-11,6 ACb
Casca de café	-27,5 Ba	-9,1 Ab	-10,3 BCb
Palha de buffel	-22,1 Ca	-9,4 Ab	-7,6 Bb
Testemunha	-16,3 Aa	-10,7 Ab	-14,6 Aab

\*Médias seguidas da mesma letra minúscula, na mesma linha, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. Médias seguidas de mesma letra maiúscula, na mesma coluna, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

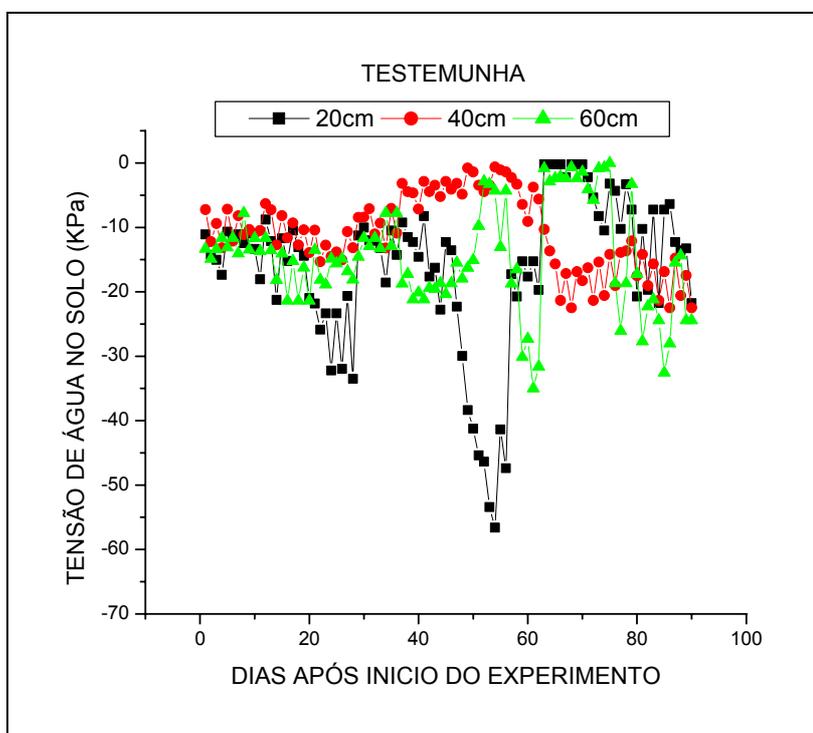
Em todos os tratamentos os valores médios das tensões de água a 40 e 60 cm de profundidade diferiram daqueles observados a 20 cm de profundidade exceto testemunha ( $P < 0,05$ , pelo teste de Tukey). Porém, não se conseguiu detectar diferença significativa entre as tensões médias nas profundidades de 40 e 60 cm ( $P > 0,05$ , pelo teste de Tukey).

Na comparação entre as médias de tratamentos, a 20 cm de profundidade apenas não foi possível detectar diferença estatística, entre a testemunha e a cobertura de bagaço de cana ( $P > 0,05$ , pelo teste de Tukey). A 40 cm de profundidade não foi possível detectar diferença estatística entre nenhum dos tratamentos ( $P > 0,05$ , pelo teste de Tukey). Nas medições feitas a 60 cm de profundidade, a média da tensão superficial de água no solo sob a cobertura de capim Buffel diferiu estatisticamente da testemunha e da cobertura de palha de cana. A cobertura de casca de café diferiu da testemunha ( $P < 0,05$ , pelo teste de Tukey). Nesta profundidade, não foi possível detectar diferença significativa entre a cobertura de café e as de palha de cana e capim Buffel ( $P > 0,05$ , pelo teste de Tukey).

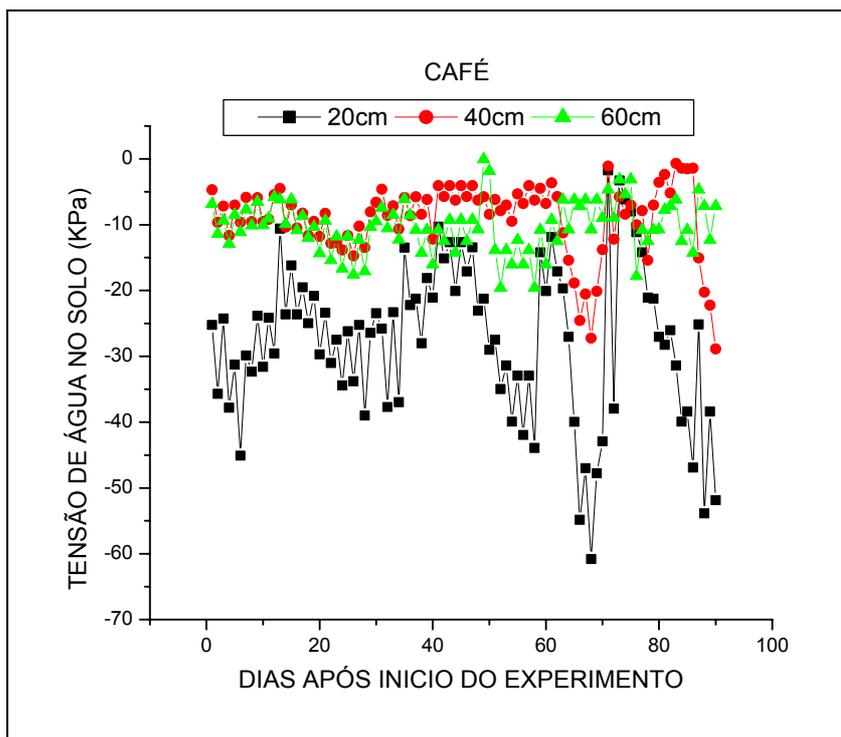
Os resultados da Tabela 5 permitem inferir que a presença de cobertura morta diminuiu a umidade do solo a 20 cm de profundidade e a aumentou a 60 cm sem, contudo, alterar significativamente seus valores a 40 cm de profundidade.

Os valores de tensão de água no solo foram baixos. A 40 cm de profundidade, o solo foi praticamente mantido na capacidade de campo (que está em torno de -10KPa, conforme Silva et. al., 2000) ao longo do período experimental. Contudo, como foram atingidos valores muito baixos (próximos de zero) pode-se afirmar que houve excesso de irrigação.

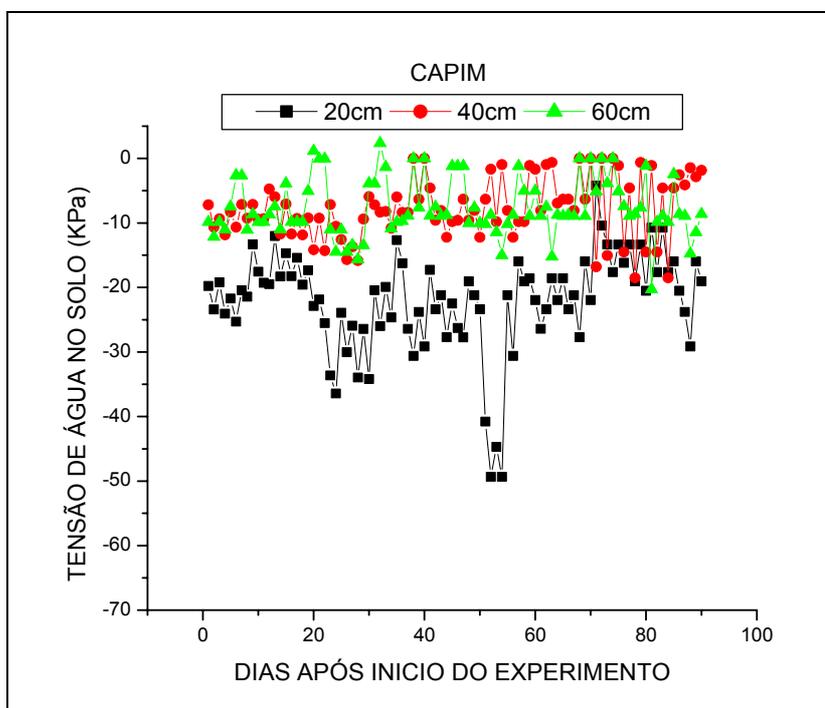
As Figuras 19 a 22 mostram a evolução temporal dos valores de tensão de água no solo, medidos duas vezes ao dia (às 7:30h e às 17:00h) ao longo do período experimental.



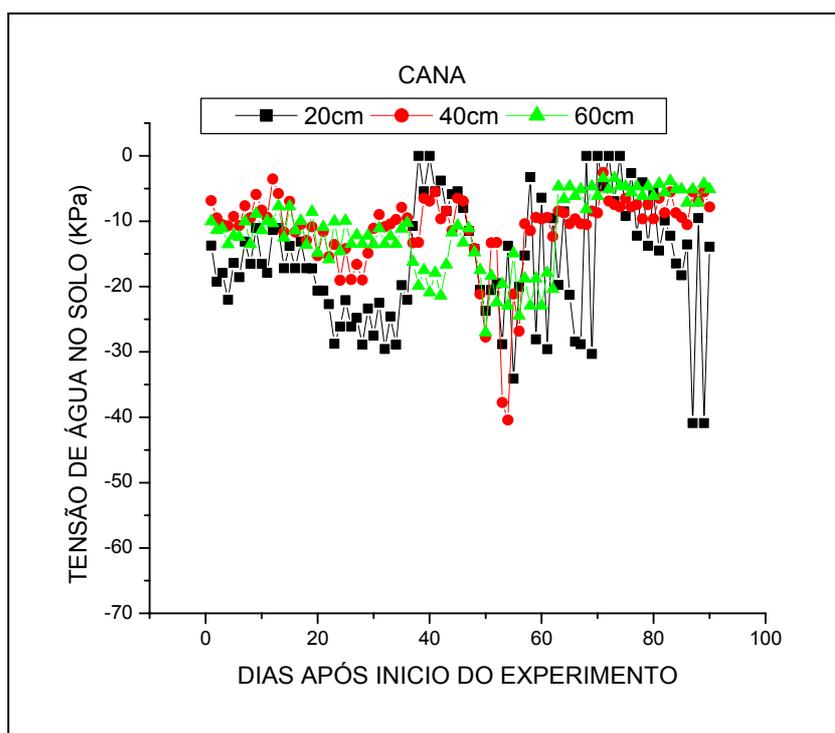
**Figura 19** - Leituras tensiométricas feitas no tratamento testemunha, ao longo do período experimental.



**Figura 20** - Leituras tensiométricas feitas no tratamento cobertura de casca de café, ao longo do período experimental.



**Figura 21** - Leituras tensiométricas feitas no tratamento cobertura de palha de capim, ao longo do período experimental.



**Figura 22** - Leituras tensiométricas feitas no tratamento cobertura de bagaço de cana, ao longo do período experimental.

Os valores médios, máximos, mínimos e o desvio médio das tensões de água no solo, observados ao longo do período experimental, em cada profundidade e para cada tratamento, são mostrados na Tabela 6.

Observou-se uma grande variação no valor das tensões observadas à profundidade de 20 cm, sendo menor esta variabilidade nas profundidades de 40 e 60 cm. Esta variabilidade da camada mais próxima da superfície pode, possivelmente, estar relacionada a uma dependência com as condições atmosféricas de temperatura e umidade do ar e de disponibilidade de radiação solar.

**Tabela 6** - Valores médios, máximos, mínimos e desvio médio das tensões de água no solo, observados ao longo do período experimental.

Tratamento	Profundidade (cm)	média	Desvio Médio	Máximo	mínimo
Bagaço de cana	20	-16,2	8,7	0,2	-50,8
	40	-11,1	4,9	-0,6	-22,9
	60	-11,6	4,6	-0,4	-27,0
Casca de café	20	-27,5	7,6	-1,7	-40,9
	40	-9,1	3,8	-0,7	-40,4
	60	-10,3	3,0	-0,1	-19,6
Palha de Buffel	20	-22,1	5,6	-1,2	-49,3
	40	-9,5	4,1	0,8	-62,3
	60	-7,6	3,6	-0,3	-20,3
Testemunha	20	-16,3	9,3	-0,2	-66,6
	40	-10,8	5,2	-0,6	-28,5
	60	-14,6	6,2	-0,2	-35,0

Também se observou que os valores máximos foram todos próximos entre si e situando-se ao redor de zero, indicando que o solo esteve encharcado durante o período experimental. Os valores mínimos mostrados na Tabela 5 indicam, ainda, a maior retenção de água no solo, na presença das coberturas de casca de café e de capim Buffel.

Na tentativa de se correlacionar os valores de tensão de água no solo com a lâmina de água evaporada no tanque Classe A, os coeficientes de correlação obtidos foram muito baixos, sendo o maior deles de -52,6% para a relação com a tensão de água no solo a 20 cm.

Além das mudanças no ambiente térmico do solo, os resultados experimentais mostram a mudança nas condições hídricas, devidas à presença da cobertura morta.

## 4.2 Características físico-químicas do fruto

### 4.2.1 Massa média dos frutos e das cascas

Os resultados referentes a massa do fruto, massa da casca e percentual de casca dos quatro tratamentos, encontram-se na Tabela 7.

**Tabela 7** - Médias da massa dos frutos de pinha, em completo estágio de maturação, por tratamento.

Tratamentos	Massa do Fruto (g)	Percentual em relação à testemunha
Bagaço de cana	354,55 ab	107,31
Casca de café	356,75 ab	107,97
Palha de Buffel	359,68 a	108,86
Testemunha	330,40 b	100,00
Média Geral	350,34	

\* Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Com relação à massa, os frutos colhidos no tratamento palha de Buffel, foram os que apresentaram o maior valor absoluto (359,68 g), sendo estatisticamente superior à testemunha, não diferindo, entretanto das demais coberturas. Embora não tenha sido possível detectar diferença estatística, no que se refere aos demais tratamentos, a casca de café e a palha de cana apresentaram resultados intermediários, e a testemunha, foi a que obteve a menor média (330,40 g), o que nos leva a inferir que a presença de cobertura morta, independente do tratamento, proporcionou aumento de massa aos frutos. No caso deste experimento houve, mais que 7% de aumento na massa dos frutos.

A média da massa entre os tratamentos foi de 350,34 g, bem superior às encontradas por Holschuh e outros (1987), com 193,38 g, em trabalho desenvolvido no estado da Paraíba e semelhante aos obtidos por Dantas e outros (1991), para as seleções (IPA-2, 5, 8, 11, 13, 15, 18, 19, 20, 21), que encontraram massas entre 300 e 400 g em avaliações realizadas nos estados de Alagoas e Pernambuco, provavelmente em condições edafoclimáticas um pouco diferentes das nossas. Essa média evidencia a princípio um manejo adequado, aplicado na condução da cultura, fato este que talvez tenha contribuído para o não aparecimento de diferença significativa entre a testemunha e os tratamentos com casca de café e bagaço de cana.

Quanto à massa das cascas (Tabela 8), tanto na análise de variância como no teste de comparação de médias - teste Tukey a 5(%) de probabilidade - os resultados foram iguais aos encontrados para a massa dos frutos, demonstrando haver uma correlação entre ambas as características avaliadas, ou seja, quanto maior a massa do fruto maior a massa da casca.

**Tabela 8** - Médias da massa das cascas de pinha, em completo estágio de maturação, para cada tratamento.

Tratamentos	Massa da Cascas (g)	Percentual em relação à massa total	Percentual em relação à testemunha
Bagação de cana	190,16 ab	53,63	113,43
Casca de café	191,95 ab	53,80	114,50
Palha de Buffel	193,76 a	53,87	115,69
Testemunha	167,64 b	50,74	100,00
Média Geral	185,88		

\* Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A média geral de massa das cascas foi de 185,88 g, esses valores foram superiores aos encontrados por Holschuh e outros (1987), Dantas e outros (1991), e Dias e outros (2003), que relataram massa de cascas entre 77 a 128 g. Quando se compara o percentual, em relação à massa dos frutos, encontramos valores em torno de 53%, bem próximos aos obtidos por Holschuh e outros (1987) e Dias e outros (2003), que encontraram percentuais de 52,95 e 51,92% respectivamente. Em relação à testemunha, de maneira análoga à massa de frutos, a massa de cascas apresentou aumento em todos os tratamentos, num percentual de 13 a 15% .

#### 4.2.2 Diâmetro longitudinal e transversal do fruto

A análise estatística dos resultados obtidos para os diâmetros, tanto longitudinais como transversal, não foi possível detectar diferença significativa entre as médias dos tratamentos, pelo teste de Tukey ( $P > 0,05$ ), conforme apresentado na Tabela 9, ao contrário de Queiroga e outros (2002), que conduzindo o experimento "Utilização de diferentes materiais como cobertura morta do solo no cultivo de pimentão" verificou certa superioridade das coberturas de palha de carnaúba e palha de milho, no diâmetro de frutos. As médias de ambas as características foram superiores às obtidas por Maia e outros (1986), por Holschuh e outros (1987) e por Dias e outros (2003), e semelhantes às encontradas por Silva (2000).

**Tabela 9** - Médias dos diâmetros longitudinal e transversal, dos frutos em completo estado de maturação. 2003.

Tratamentos	Diâmetro Longitudinal (cm)	Diâmetro transversal (cm)
Bagaço de cana	8,43 a	9,04 a
Casca de café	8,42 a	8,92 a
Palha de Buffel	8,42 a	8,95 a
Testemunha	8,22 a	8,69 a
Média	8,37	8,92

\* Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

#### 4.2.3 Massa e número de sementes

No caso dos valores médios de massa e número de sementes (Tabela 10) não foi possível detectar diferença estatística entre os tratamentos, pelo teste de Tukey ( $P > 0,05$ ).

Considerando o percentual da massa de sementes em relação à massa total do fruto, encontramos resultados semelhantes aos de Maia e outros (1986), que foi de 7,6%, e superior aos de Holschuh e outros (1987), com 5,66% e de Silva (2000), com 6,47%, e inferiores aos obtidos por Dias e outros (2003), que encontrou para a mesma característica percentual de 9,5%.

**Tabela 10** - Média e percentual das massas e do número de sementes dos frutos da pinheira por ocasião da maturação. 2003.

Tratamentos	Massa de Sementes (g)	%	Número de Sementes
Bagaço de cana	25,82 a	7,28	63,00 a
Casca de café	26,48 a	7,42	65,10 a
Palha de Buffel	27,58 a	7,66	64,27 a
Testemunha	27,79 a	8,41	66,29 a
Média Geral	26,92	7,69	64,66

\* Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

#### 4.2.4 Massa e percentual de polpa

Não se observou nenhuma diferença significativa ( $P > 0,05$ , pelo teste de Tukey) para as massas de polpa, entre os diferentes tratamentos avaliados, (Tabela 11). Os valores das médias foram bastante semelhantes para os três tipos de cobertura, situando-se em torno de 138 g, valor um pouco maior que o obtido na testemunha que foi de aproximadamente 134 g. Esses valores foram maiores que os encontrados por Holschuh e outros (1987), Dantas e outros (1991), e inferiores aos de Maia e outros (1986), por outro lado resultados semelhantes foram obtidos por Silva (2000) e Dias e outros (2003), ambos sob condição de irrigação, e na região sudoeste da Bahia, a mesma micro região onde o presente trabalho foi conduzido.

**Tabela 11** - Médias das massas de polpa e respectivos percentuais, para os frutos da pinheira em completo estágio de maturação. 2003.

Tratamentos	Massa da polpa (g)	% da massa
Bagaço de cana	138,58 a	39,01 a
Casca de café	138,31 a	38,77 a
Palha de Buffel	138,34 a	38,46 a
Testemunha	134,93 a	40,08 a
Média Geral	137,54	39,08

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

#### 4.2.5 pH e Brix da polpa

A Tabela 12, mostra as médias do pH da polpa para cada tratamento, bem como o resultado do teste de comparação das médias de tratamento. Observou-se que, na presença de cobertura morta, a polpa diminuiu o pH. Tal efeito pode estar relacionado com a maior disponibilidade de água e nutrientes para planta.

**Tabela 12** - Médias e desvios padrão do pH da polpa dos frutos de pinha para cada tratamento.

TRATAMENTO	pH	
	Média*	Desvio padrão
Bagação de cana	5,5 b	0,11
Casca de café	5,8 b	0,13
Palha de Buffel	5,5 b	0,14
Testemunha	5,3 a	0,18

\* Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No caso do teor de sólidos solúveis (Brix) na polpa (Tabela 13) observou-se que em todos os tratamentos o teor aumentou em relação à testemunha. Contudo, apenas no tratamento em que houve cobertura do solo com casca de café houve diferença significativa em termos estatísticos ( $P > 0,05$  pelo teste de Tukey),

Embora não tenham sido feitos testes de análise sensorial, certamente estes valores maiores de pH e de Brix obtidos com o uso de cobertura morta, principalmente com o uso da cobertura da casca de café, irão contribuir no aspecto de palatabilidade dos frutos.

**Tabela 13** - Médias e desvios padrão do teor de sólidos solúveis (Brix) da polpa dos frutos de pinha para cada tratamento.

TRATAMENTO	BRIX	
	Média*	Desvio padrão
Bagação de cana	25,18 a	1,4
Casca de café	27,71 b	1,4
Palha de Buffel	25,36 a	1,6
Testemunha	25,1 a	1,1

\* Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

### 4.3 Floração

Entre os tratamentos avaliados, foi encontrada diferença significativa no número de flores produzidas por ramo (Tabela 14) para a cobertura com casca de café. Com o uso deste tipo de cobertura obteve-se 8,14 flores, em média, por ramo podado, o que proporciona uma maior possibilidade de frutos vingados após a polinização artificial, bem como possibilita uma maior quantidade de frutos para serem selecionados por

ocasião do desbaste. A testemunha mesmo não diferindo dos demais tratamentos foi, entre todos, o que apresentou o menor valor absoluto, com 6,16 flores por ramo. Estes resultados, mais uma vez, apontam para a eficiência do uso de cobertura morta, independentemente do material usado.

**Tabela 14** - Médias do número de flores por ramo podado da pinheira. 2003.

Tratamentos	Nº de flores	Percentual em relação à testemunha
Bagaço de cana	6,20 b	100,60
Casca de café	8,14 a	132,14
Palha de Buffel	6,42 b	104,22
Testemunha	6,16 b	100,00

\* Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No caso da cobertura com casca de café, observou-se uma produção de flores por ramo, 32% maior que a testemunha. Possivelmente, a causa para esta produção maior de flores está na composição química da casca de café, como será mostrado no Anexo 3B, onde pode-se comprovar a degradabilidade do material através da relação C/N (inicial, final).

Este aumento do número de flores por ramo, observado com o uso da cobertura com casca de café, foi um dos mais destacados efeitos da cobertura morta obtidos neste experimento, este resultado, pelas suas conseqüências, já seria suficiente para recomendação de seu uso como parte do manejo de rotina, na cultura de pinha, em locais com condições edafoclimáticas semelhantes às observadas neste experimento, logicamente, observando-se a viabilidade econômica.

#### 4.4 Brotação de Gemas

Observou-se (Tabela 15), com relação ao número médio de gemas vegetadas por ramo podado, o melhor resultado para a casca de café, sendo que este tratamento não diferiu estatisticamente da palha de capim e da testemunha ( $P > 0,05$  pelo teste de Tukey), sendo, entretanto superior ao bagaço de cana, que em diversas características apresentou médias inferiores às demais coberturas. Um maior número de ramos vegetados, resultou no maior número de flores, uma vez que as flores são originadas dos

ramos novos, Araújo Filho e outros (1998), aumentando assim a probabilidade de uma maior carga de frutos.

Considerando-se valores percentuais, constata-se que o bagaço de cana obteve o menor rendimento. Embora não tenha sido possível detectar diferença significativa ( $P > 0,05$  pelo teste de Tukey).

**Tabela 15** - Médias do número de brotações por ramo podado da pinheira, e o respectivo percentual em relação à testemunha. 2003.

Tratamentos	Nº de brotações	%
Bagaço de cana	4,66 b	88,90
Casca de café	6,16 a	117,50
Palha de Buffel	5,64 ab	107,60
Testemunha	5,24 ab	100,00
Média geral	5,42	

\* Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

#### 4.5 Crescimento e desenvolvimento de plantas

A maior média observada, para o crescimento em altura das plantas ocorreu no tratamento com casca de café (Tabela 16), com 51,2 cm de crescimento, embora não tenha diferido estatisticamente das demais coberturas ( $P > 0,05$ , pelo teste de Tukey). Entretanto, Vasconcelos e outros (2002) não encontraram diferença significativa entre 14 genótipos de pinheira, avaliados aos 12 meses de idade em Teresina/Piauí de forma semelhante, Araújo e outros (2000) não encontrou significância para o efeito da cobertura morta sobre a altura de planta, conduzindo o experimento "Efeito do Volume de água e da cobertura morta sobre o crescimento inicial do maracujazeiro amarelo" no município de Remigio-PB. Essa análise comprova a eficiência do uso da casca de café como cobertura morta, uma vez que apresentou resultado superior ao da testemunha para essa característica, fato que se deu provavelmente devido à melhor conservação da umidade no solo e às mudanças no ambiente térmico do mesmo, conforme discutido nos itens anteriores.

**Tabela 16** - Médias de crescimento em altura por pé pinheira, e respectivos percentual com relação à testemunha. 2003.

Tratamentos	Crescimento (cm)	%
Bagaço de cana	47,10 ab	185,43
Casca de café	51,20 a	201,57
Palha de capim	46,80 ab	184,25
Testemunha	25,40 b	100,00
Media geral	42,62	

\* Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Com relação ao diâmetro de copa (Tabela 17), não se encontrou diferença significativa entre os tratamentos ( $P > 0,05$ , pelo teste de Tukey), resultado semelhante é encontrado por Vasconcelos e outros (2002) para 14 genótipos de pinheira as 12 meses de idade. Todavia, Santos e outros (2001) observaram diferença significativa no desenvolvimento das plantas pelo diâmetro do caule e da copa, nas plantas irrigadas com maior volume de água e no solo com cobertura morta, em Remigio-PB. O maior valor absoluto para esta característica foi obtido com a cobertura de casca de café (31,95 cm).

**Tabela 17** - Médias do crescimento em diâmetro de copa por pinheira e respectivos percentuais com relação à testemunha. 2003.

Tratamentos	Crescimento (cm)	%
Bagaço de cana	25,25 a	85,44
Casca de café	31,95 a	108,12
Palha de capim	27,50 a	93,06
Testemunha	29,55 a	100,00
Média geral	28,26	

\* Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Quanto a área foliar, de forma semelhante ao crescimento em diâmetro de copa, não se detectou diferença significativa ( $P > 0,05$ , pelo teste de Tukey) entre os tratamentos (Tabela 18). Em valor absoluto, o maior resultado obtido para essa característica foi encontrado com o bagaço de cana que obteve 21,43 cm de área foliar, sendo que todos os três tipos de cobertura apresentaram valores superiores à testemunha.

**Tabela 18** - Médias de área foliar para folhas de pinheira e correspondente percentuais com relação à testemunha. 2003.

Tratamentos	Área foliar (cm )	%
Bagaço de cana	21,43 a	113,81
Casca de café	20,71 a	109,98
Palha de capim	19,58 a	103,98
Testemunha	18,83 a	100,00
Média geral	20,14	

\* Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

#### 4.6 Análise química da cobertura

Através da análise bromatológica, realizada conforme Silva e Queiroz (2002), observou-se que o bagaço de cana, possui um alto teor de lignina, bem como uma alta relação C/N (Tabela 19), em seguida temos a palha de capim e a casca de café por ordem decrescentes de teores desses elementos componentes da parede celular.

**Tabela 19** - Médias percentuais dos teores de lignina e celulose e a relação carbono nitrogênio (C/N) dos tratamentos.

Tratamentos	Lignina	Celulose	Relação C/N
Bagaço de cana	26,38	22,92	86:1
Casca de café	13,03	31,01	28:1
Palha de Buffel	6,05	36,51	42:1
Média geral	15,15	30,14	52:1

Esses resultados indicam a casca de café, dentre as demais coberturas, como o melhor material para essa finalidade, em função da sua melhor relação carbono nitrogênio (C/N), (Tabela 19), seguido pela palha de Buffel, entre os materiais avaliados. Segundo Costa (1985) citado por Matos e outros (1998), em trabalho com compostagem de resíduos vegetais, desde que o material palhoso possua relação (C/N), próxima de 30:1, este terá boas condições de decomposição, o que favorece também a liberação de nutrientes para o solo, além do efeito protetor.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O manejo adequado do solo se constitui em prática da maior relevância no cultivo de espécies frutíferas de climas tropicais, onde as condições climáticas se manifestam de maneira adversa, em especial na região semi-árida. Nessas condições, notadamente as altas temperaturas e a grande exposição à radiação solar, promovem a degradação da matéria orgânica, a qual é imprescindível para a manutenção da microfauna e microflora do solo.

A proteção do solo se constitui numa das práticas mais eficazes para manter de forma adequada as características físico-químicas, bem como na manutenção da umidade, fatores estes essenciais para a boa produtividade das culturas.

A casca de café é um material que se mostrou vantajoso para a utilização em cobertura morta, pois além de ter obtido bons resultados considerando as características avaliadas, se encontra disponível na região.

Os resultados obtidos neste experimento têm, entre outras, as seguintes implicações:

- Faz-se necessário realizar novos experimentos com diferentes camadas de cobertura morta, a fim de se identificar a melhor espessura para essa finalidade;
- Como o teor de umidade manteve-se muito alto nas profundidades de 40 e 60 cm, novos níveis de irrigação devem ser testados, de forma a se estabelecer a lâmina de água ideal na cultura da pinheira para essa condição edafo-climática;
- É interessante testar outros tipos de materiais como cobertura morta, observando-se a disponibilidade e custo para cada região em estudo.

## CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitem concluir, que os tipos de cobertura morta utilizados interferiram de formas distintas sobre a temperatura e a umidade do solo, bem como sobre características do fruto, para as condições edafoclimáticas locais:

- A temperatura sobre a camada de palha dependeu do tipo do material;
- Cada cobertura estabeleceu isolamentos térmicos sobre a camada de solo;
- As propriedades térmicas de cada cobertura são específicas e influenciaram no perfil térmico do solo;
- A irrigação diminuiu a temperatura do solo até a profundidade de 15 cm;
- Constatou-se que a presença da cobertura morta promoveu uma maior umidade do solo nas profundidades de 40 e 60 cm;
- De forma geral os tratamentos com cobertura morta promoveram incremento de massa aos frutos.

## REFERÊNCIAS

- ABU-HAMDEH, N.H. Measurement of the thermal conductivity of sandy loam and clay loam soils using single and dual probes. **Journal of Agricultural Engineering Research**, n.80, v.2, p.209-216. 2001.
- ARAÚJO FILHO, Geraldo Correia de e outros Instruções técnicas para o cultivo da ateira. **Instruções técnicas**, Embrapa, n. 01, p. 1-9, dez. 1998.
- ARAÚJO, Damião da Costa e outros Efeitos do volume da água e da cobertura morta sobre o crescimento inicial do maracujazeiro amarelo. In: **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, PB, v. 4, n. 1, p. 121-124, 2000. Disponível em:  
<<http://www.google.com.br/search?q=cache:euPPctV0DDsj:www.agriambi.com.br/revist...>>. Acesso em: 19/01/04
- ARAÚJO, Fraga Jairton; ARAÚJO, Fraga Jadson; ALVES, Alfredo Augusto Cunha. **Instruções técnicas para o cultivo da pinha** (*Annona squamosa L.*). Circular técnica, n. 7, Salvador: EBDA, 1999.
- AWAL, M.A.; IKEDA, T. Effects of changes in soil on seedling emergence and phenological development in field-grown stands of peanut (*Arachis hypogaea*). **Environmental and Experimental Botany**, n.47, p.101-113, 2002.
- BOONE, R.; NADELHOFFER, K.J.; CNARY, J.D.; KAYE, J.P. Roots exert a strong influence on the temperature sensitivity of soil respiration. **Nature**, n. 396, p. 570-572, 1998.
- BRISTOW, K.L., KLUITENBERG, G.J., GODING, C.J., FRITSGERALD, T. S. A small multi-needle probe for measuring soil thermal properties, water content and electrical conductivity. **Computers and Electronics in Agriculture**. n.31, p. 265-280, 2001
- CAMPBELL, G.S., CALISSENDORFF, C., WILLIAMS, J.H. Probe for measuring soil specific heat using a heat pulse method. **Journal of the American Society of Soil Science** n.55, p.291-293. 1991.

- CAVALCANTI, R. L. R. R. **A cultura da pinha** (*Annona squamosa* L.). In: ENCONTRO ESTADUAL DE FRUTICULTURA, 1, 1993, Cruz das Almas. EMBRAPA/CNPMPF, 1993. 159 p.
- CENIS, J.L. Temperature evaluation in solarized soils by Fourier analysis. **Phytopathology**, n.79, p.506-510. 1989.
- CHUNG, S. O.; HORTON, R. Soil heat and water flow with a partial surface mulch. **Water Resources Research**, n. 25, v.12, p. 2175-2186, 1987.
- COSTELLO, T.A., HORST, W.J. Soil temperature sensor instllation: a comparison of two methods. **Transactions of the ASAE**. n. 34, p.904-908. 1991.
- DANTAS, N. P.; BEZERRA, J. E. F.; PEDROSA, A. C.; LEDERMAN, I. E. Características físico-químicas de frutos de pinheira (*Annona squamosa* L.) oriundos de Pernambuco e Alagoas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 13, n. 1, p. 11-116, out. 1991.
- DEAN, T.J., BELL, J.P., BATY, A.J.B. Soil moisture measurement by an improved capacitance technique. Part I: sensor design and performance. **Journal of Hydrology**. n.93, p. 67-78. 1987.
- DERPSCH, R.; SIDIRAS, N.; HEINZMANN, F.X. Manejo do solo com coberturas verdes de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. n. 20, v.7, p.761-773, 1995.
- DIAS, Nilma Oliveira e outros. Influência da poda de produção em ramos de diferentes diâmetros no desenvolvimento vegetativo e reprodutivo da pinheira (*Annona squamosa* L.). In: **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal, v. 25, n. 1, abr. 2003.
- DONADIO, Luiz Carlos. Situação atual e perspectivas das anonáceas. In: SÃO JOSÉ, Abel Rebouças e outros (Ed.). **Anonáceas: produção e mercado**. Vitória da Conquista: UESB, 1997.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA E AGOPECUÁRIA. Encontro Estadual de fruticultura. 1., 1993, Cruz das Almas. **Anais...** Cruz das Almas, BA: EMBRAPA/CNPMPF, 1993.
- EVERT, R.S., STEINER, J.L., Precision of neutron scattering and capacitacne tupe soil water content gauges from field calibration. **Journal of the American Society of Soil Science** n.59, p.961-968. 1995.
- GAZEL FILHO, Aderaldo Batista; MENEZES, Antônio J. E. Amorim; CARVALHO, Antônio Cláudio A. de. Teores de macro e micronutrientes em folhas de graviola. In: SÃO JOSÉ, Abel Rebouças e outros (Ed.). **Anonáceas: produção e mercado**. Vitória da Conquista: UESB, 1997.
- GRANT, R.F.; IZAURRALDE, R.C.; CHANASYK, D.S. Soil temperature under conventional and minimum tillage: simulation and experimental verification. **Canadian Journal of Soil Science**. n. 70, p. 289-304, 1990.

GRANT, R.F.; IZAURRALDE, R.C.; CHANASYK, D.S. Soil temperature under different surface managements: testing a simulation model. **Agricultural and Forest Meteorology**. n. 73. p. 89-113, 1995.

GREENLAND, D. J. Soil management and soil degradation. **Journal of Soil Science**. v.32, p. 301-322, 1981.

HANSEN, S., JENSEN, H.E., NIELSEN, N.E., SVENDSEN, H. DAISY: a soil plant system model. **Danish simulation model for transformation of energy and matter in the soil plant atmosphere system**. The National Agency for Environmental Protection, Copenhagen, 369p. 1990.

HARRISON-MURRAY, R.S., LAL, R. High soil temperature and response of maize to mulching in lowland humid tropics. In: **Soil physical properties and crop production in the tropics**. LAL, R.; GREENLAND, D. J. Chichester (Eds.). Wiley editors, p. 285-304, 1979.

HEINZMANN, Franz X.; SIDIRAS, Nikollaos, DERPSCHE, Rolf. Manejo do solo com coberturas verdes de inverno, **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, 20(7): 761-773, jul. 1985.

HENRIKSEN, T.M., BRELAND, T.A. Decomposition of crop residues in the field: evaluation of a simulation model developed from microcosm studies. **Soil Biology and Biochemistry**, n. 31, p. 1423-1434, 1999.

HOLSCHUH, Heinz Johann e outros. Caracterização física de frutos de pinha oriundos do trópico semi-árido da Paraíba. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 9, 1987, Campinas, SP. **Anais...** Campinas: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1988. p. 669-673.

HUBBLE, J.M., SISSON, J.B. Advancer tensiometer for shallow or deep soil water potential measurements. **Soil Science**. n. 163, p.271-277. 1998.

HULUGALLE, N. LAL, R. TERKUILE, C.H.H. Amelioration of soil physical properties by Mucuna after mechanized land clearing of a tropical rainforest. **Soil Science**. n. 141, p. 219-224, 1986.

JANSSON, P.E. Soil water and heat model. Technical description. Rep 165. **Swedish University of Agricultural Sciences**, Division of Hydrotechnology, Uppsala, 72p. 1991.

KANEMASU, E.T., VERMA, S.B., SIMITH, E.A., FRITSCHEN, L.J., WESELY, M., FIELD, R.T., KUSTAS, W.P., WEAVER, H., STEWART, J.B., GURNEY, R., PANIN, G., MONCRIEFF, J.B. Surface measurements in FIFE: an overview. **Agricultural Meteorology**, n.15, p. 1-9, 1992.

KANG, B.T., SIPKENS, L., WILSON, G.F., NANGIU, D., Leucaena [*leucaena leucocephala* (Lal) de Wit] prunings as nitrogen sources for maize (*Zea mays* L.) **Fertilization research**, n. 2, p.279-287, 1981.

KAVATI, Ryosuke. **O cultivo da atemóia**. Guaiçara, SP. 1992.

- LEMOS, E. E. P. de; VAVALCANTI, R. L. R. R. Mecanismos para resistência do estresse hídrico em pinheira (*Annona sgramasa* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 10., 1989, Fortaleza, CE. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1989. 506p.
- MAHRER, Y. Prediction of soil temperature of soil mulched with transparent polyethylene. **Journal of Applied Meteorology**. n. 18, p.1263-1267. 1979.
- MAHRER, Y.; KATAN, J. Spatial soil temperature regime under transparent polyethylene mulch: Numerical and experimental studies. **Soil Science**. n.131, p.82-87. 1981.
- MAIA, Geraldo Arraes e outros. Características físicas e químicas da ata. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**., Brasília, n. 21, v.10, p.1073-1076, out., 1986.
- MALEK, E. Rapid changes of the surface soil heat flux and its effects on the estimation of evapo-transpiration. **Journal of Hydrology**, n. 142, p.89-97, 1993.
- MARTINS, Carlos Roberto e outros Influência do manejo do solo na conservação e na qualidade pós-colheita de pêssegos cv. cerrito. In: **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal, v. 24, n.2, ago. 2002. Disponível em: <[http.../scielo.php?script=sci\\_arttext&pid](http://scielo.php?script=sci_arttext&pid)>. Acesso em: 27/09/03.
- MATOS, Antonio T. de e outros. Compostagem de alguns resíduos orgânicos utilizando-se águas residuárias da suinocultura como fonte de nitrogênio. In: **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, PB, v. 2, n.2, p. 199-203, 1998. Disponível em: <<http://www.agriambi.com.br/revista/v2n2/199>>. Acesso em: 15/01/04.
- MAYKO, J. J.; ROBERTSON, J.A.; DOMIER, K.W. A comparison of yield response and other factors to different P fertilizer placements of tilled and direct drilled soils in north-central Alberta. **Canadian Journal of Agricultural Engineering**. n. 32, p.25-31. 1987.
- MOSCA, José Luiz e outros Physical, Physical-Chemical and chemical changes during growth and maturation of sugar apple (*Annona squamosa* L.). In: Congresso Internacional de Anonaceas. 1997, Chapingo, **Anais...** Chapingo, México, 1997.
- MOTA, F. S. **Meteorologia Agrícola**. 7. ed. São Paulo: Nobel, 1989. 376p.
- OGÉE, J.; BRUNET, Y. A forest floor model for heat and moisture including a litter layer. **Journal of Hydrology**, n. 255, p.212-233, 2002.
- OLASANTAN, F. O. Effect of time of mulching on soil temperature and moisture regime and emergence, growth and yield of white yam in western Nigeria. **Soil and tillage research**. n.50, p. 215-221. 1999,
- PHENE, C.J. HOFFMAN, G.F. RAWLINGS,S.L. Measuring soil matric potential in situ by sensing heat dissipation within a porous body. I: theory and sensor construction. **Journal of the American Society of Soil Science** n.35, p.27-33. 1971.

PLAUBORG, F. Simple model for 10 cm soil temperature in different soils with short grass. **European Journal of Agronomy**. Article in press. 2002.

QUEIROGA, Roberto Cleiton F. e outros Utilização de diferentes materiais como cobertura morta do solo no cultivo de pimentão. In: **Horticultura Brasileira**. Brasília, v. 20, n.3, set. 2002. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid)>. Acesso em: 19/11/03.

REECE, C.F. Evaluation of a line heat dissipation sensor for measuring soil matric potential. **Journal of the American Society of Soil Science** n. 60, p.1022-1028. 1996.

REICHARDT, Klaus. **A água na produção agrícola**. São Paulo: Mc-Graw-hill, 1978.

REICHARDT, Klaus. **Processos de transferência no sistema solo-panta-atmosfera**. 4. ed. rev. ampliada. Campinas: Fundação Cargill, 1985.

ROSS, P.J., SMETTERN, K.R.J., RICHETTI, M. A small, portable tensiometer for field use. In: **AUSTRALIAN SOCIETY OF SOIL SCIENCE NATIONAL SOILS CONFERENCE**, 1992. Adelaide-Australia, Proceedings. 54 p. 1992.

SANTOS e outros Comportamento vegetativo e produtivo da pinheira sob níveis de água. In: CPG. Areia. **Anais... Manejo de solo e água**. Areia, PB, 2001. v. 23

SANTOS, Clemente Ribeiro dos. Irrigação em anonáceas. In: SÃO JOSÉ, Abel Rebouças e outros (Ed.). **Anonáceas: produção e mercado**. Vitória da Conquista: UESB, 1997.

SÃO JOSÉ, Abel Rebouças. Aspectos gerais das anonáceas no Brasil. In: SÃO JOSÉ, Abel Rebouças e outros (Ed.). **Anonáceas: produção e mercado**. Vitória da Conquista: UESB, 1997.

SCHELDE, K., THOMSEN, A., HEIDMANN, T., SCHJONNING, P., JANSSON, P.E. Diurnal fluctuations of water and heat flows in a bare soil. **Water Resources research**, n. 34, p. 2919-2929. 1998.

SILVA, A. C. da. **Épocas de poda e métodos de polinização na produção da pinheira** (*Annona squamosa* L.). 2000. 101 f. Dissertação (Mestrado em Fruticultura) - Escola de Agronomia, Universidade Federal da Bahia, Cruz das Almas, 2000.

SILVA, Dirceu Jorge; QUEIROZ, Augusto César. **Análise de alimentos, métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa: UVF, 2002.

SILVA, E.L. da; PEREIRA, G.M.; CARVALHO, J.A.; VILELA, L.A.A.; FARIA, M.A. **Manejo de irrigação das principais culturas**. Lavras-MG:UFLA/FAEPE, 2000, 85p.

SILVA, M.N. da; CAVALCANTE, L.F.; SANTOS, C.J.O.; LEITE, U.T.; SANTOS, J.B. dos. Estudo da economia de água em plantas de maracujazeiro amarelo, cultivado em sacos plásticos. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFPB, 5., João Pessoa, 1997. **Anais...** v.2, p.71, 1997.

- SUI, H., ZENG, D., CHEN, F. A numerical model for simulating the temperature and moisture regimes of soil under various mulches. **Agricultural and Forest Meteorology**, n. 61, p.281-299, 1992.
- SWIFT, M.J., HEAL, O. W., ANDERSON, J. M. Decomposition IN: TERRESTRIAL ECOSYSTEMS, **Blackwell Scientific Publications**, Oxford, 572 p. 1979.
- TIAN, G.; BRUSSAARD, L.; KANG, B.T. An index for assessing the quality of plant residues and evaluating their effects on soil and crop in the (sub-)humid tropics. **Applied Soil Ecology**, n. 2, p. 25-32, 1995.
- TIAN, G.; KANG, B.T.; BRUSSAARD, L. Cobertura morta effect of plant residues with chemically contrasting compositions on maize growth and nutrient accumulation. **Plant Soil**, n. 153, p. 179-187, 1993.
- TOPP, G.C. DAVIS, J.L. Measurement of soil water content using time domain reflectometry (TDR): a field evaluation. **Journal of the American Society of Soil Science** n. 49, p.19-24. 1985.
- van GENUCHTEN, M.Th.. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society American Journal**., Madison, v. 44, p.892-898, 1980.
- VASCONCELOS, Lúcio Flavo Lopes e outros Estudos de comportamento em cultivo de bacuri, cajá, umbu-cajá e pinha. In: **Relatório executivo de acompanhamento**. Inovação tecnológica para a fruticultura irrigada no semi-árido nordestino. Terezina-PI: Embrapa Meio-Norte, 2002.
- WADE, W.K., SANCHEZ, P.A. Mulching and green manure application for continuous crop production in the Amazon basin. **Agronomy Journal**, n. 75, p. 39-45, 1983.
- WANG, J., BRAS, R.L. Ground heat flux estimated from surface soil temperature. **Journal of hydrology**, n. 216, p. 214-226, 1999.

## **ANEXOS**

**ANEXO A - Fotografias.**



**Figura 1A** - Detalhe da área experimental, antes de aplicar os tratamentos.



**Figura 2A** - Distribuição da palha de café nas parcelas.



**Figura 3A -** Teste de equipamento.



**Figura 4A** - Montagem das Datalogger.



**Figura 5A** - Detalhe da proteção das Datalogger.



**Figura 6A** - Detalhe do sensor de temperatura ambiente, do piranômetro e da proteção do Datalogger em campo.



**Figura 7A** - Tanque classe A.



**Figura 8A** - Parcela experimental com bagaço de cana, em detalhe o posicionamento dos tensiômetros (projeto piloto).



**Figura 9A** - Parcela experimental com casca de café, em detalhe o posicionamento dos tensiômetros (projeto piloto)



**Figura 10A** - Parcela experimental com palha de buffel, em detalhe o posicionamento dos tensiômetros (projeto piloto)



**Figura 11A** - Posicionamento dos tensiômetros no projeto final.



**Figura 12A** - Detalhe do solo coberto com bagaço de cana.



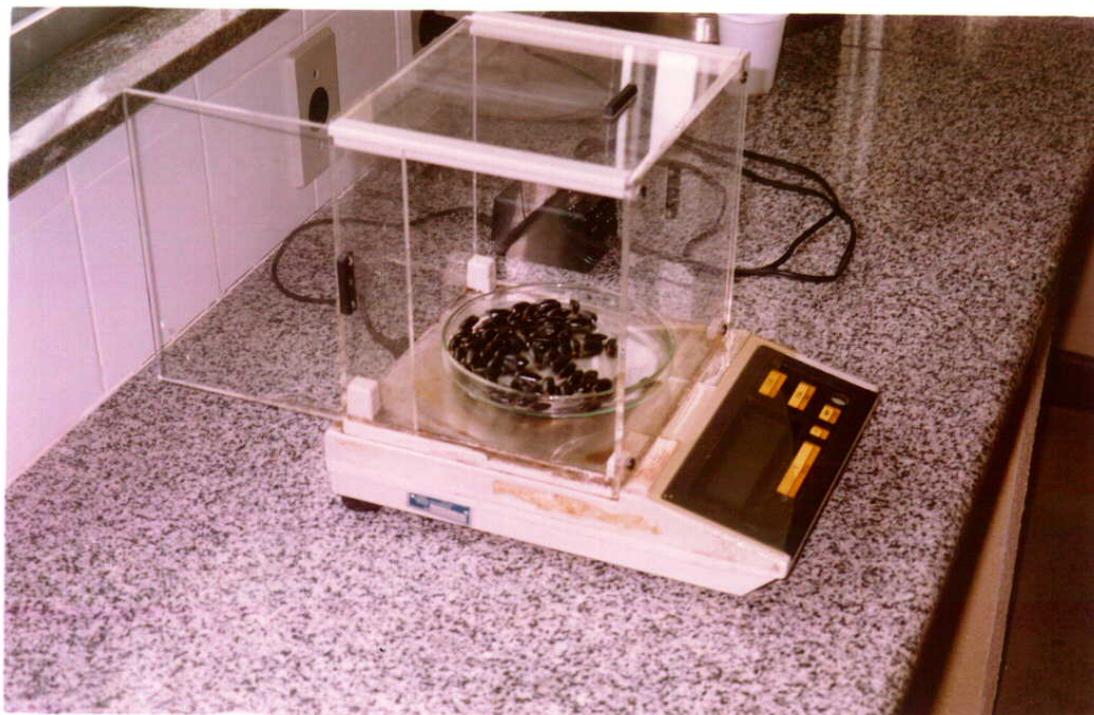
**Figura 13A** - Detalhe do solo coberto com palha de buffel.



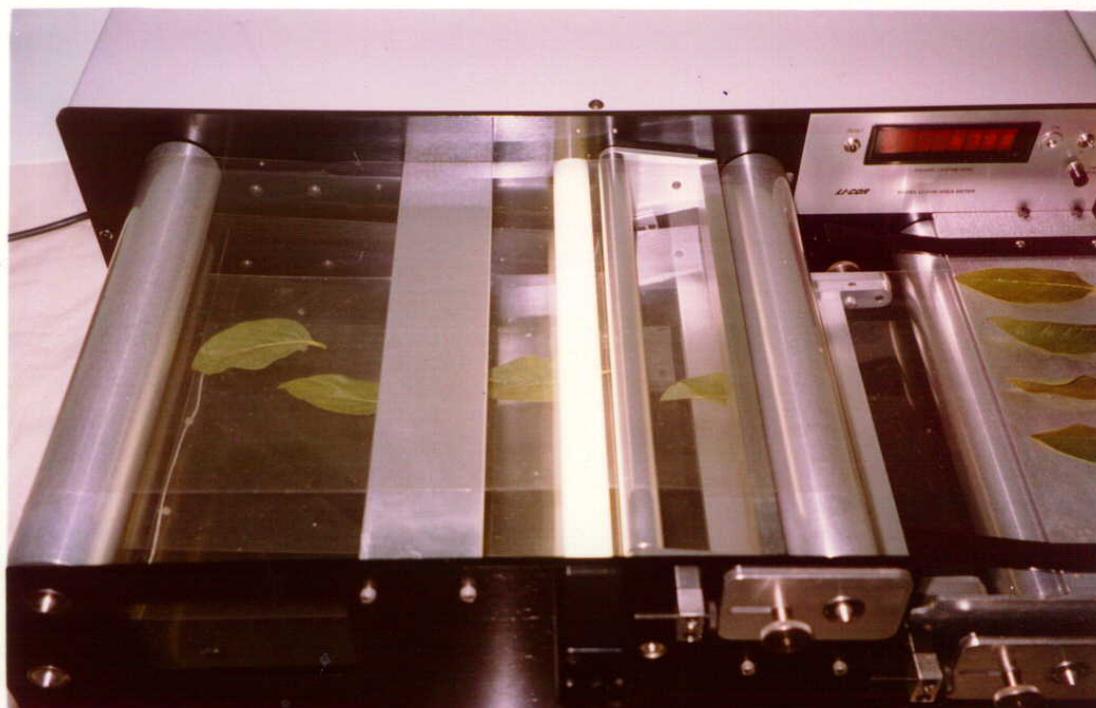
**Figura 14A** - Detalhe do solo coberto com casca de café.



**Figura 15A** - Contagem das sementes.



**Figura 16A** - Peso de sementes.



**Figura 17A** - Medição de área foliar.

## ANEXO B - Análises químicas e físicas.

**Tabela 1B** - Análise física da área experimental. Laboratório UESB.

Frações da amostra total (%)			Composição granulométrica da TFSA (%)				Classe Textural
Calhaus 200-20 (mm)	Casc. 20-2 (mm)	TFSA <2 mm	Areia grossa 2-0,20 mm	Areia fina 0,20-0,05 (mm)	Silte 0,05-0,002 (mm)	Argila < 0,002 (mm)	
0	0	100	345	191	110	354	Argila Arenosa
0	0	100	337	179	120	364	Argila Arenosa
0	0	100	319	180	127	374	Argila Arenosa
0	0	100	295	195	151	359	Argila Arenosa
0	0	100	309	199	122	370	Argila Arenosa
0	0	100	321	189	126	364	Argila Arenosa *

\* Valores médios.

**Tabela 2B** - Análise química da área experimental. Laboratório UESB.

Identificação	pH (H <sub>2</sub> O)	mg/dm <sup>3</sup> P	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> de solo									%	
			K <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Al <sup>+++</sup>	H <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	S.B.	t	T	V	MO
50 cm do tronco	5,8	72	1,58	7,1	1,8	0,0	2,9	0,0	10,5	10,5	13,4	78	2,7
100 cm do tronco	7,2	9	1,42	5,0	2,8	0,0	1,5	0,0	9,2	9,2	10,7	86	2,2
150 cm do tronco	7,6	4	0,76	5,2	3,7	0,0	1,2	0,0	9,7	9,7	10,9	89	1,7
média	6,6	24	1,32	5,0	2,7	0,0	1,8	0,0	9,0	9,0	10,8	83	2,2

**Tabela 3B** - Composição da palhada ao final do experimento. Laboratório UESB.

Tratamentos / ruas	% Celulose	% Lignina	Relação C/N
Bagaço de cana / rua 1	43,9680	-	84:1
Bagaço de cana / rua 2	44,8219	10,1088	101:1
Bagaço de cana / rua 3	41,4687	11,7416	112:1
Bagaço de cana / rua 4	42,7819	11,5861	97:1
Bagaço de cana / rua 5	43,7500	12,5898	91:1
<b>Bagaço de cana / média</b>	<b>43,3581</b>	<b>11,5066</b>	<b>97:1</b>
<b>Bagaço de cana - controle*</b>	<b>22,9207</b>	<b>26,3830</b>	<b>86:1</b>
Casca de café / rua 1	20,5614	31,4337	12:1
Casca de café / rua 2	25,5613	30,1113	17:1
Casca de café / rua 3	26,7701	27,6634	14:1
Casca de café / rua 4	17,1373	20,7930	14:1
Casca de café / rua 5	16,5522	26,1456	13:1
<b>Casca de café / média</b>	<b>21,3165</b>	<b>27,2294</b>	<b>14:1</b>
<b>Casca de café - controle*</b>	<b>31,0108</b>	<b>13,0305</b>	<b>28:1</b>
Palha de buffel / rua 1	24,2596	31,3728	18:1
Palha de buffel / rua 2	30,6423	19,2188	20:1
Palha de buffel / rua 3	31,1685	17,5603	20:1
Palha de buffel / rua 4	30,6980	16,1112	18:1
Palha de buffel / rua 5	20,3847	19,4953	17:1
<b>Palha de buffel / média</b>	<b>27,4306</b>	<b>20,7517</b>	<b>18,6:1</b>
<b>Palha de buffel - controle*</b>	<b>36,5101</b>	<b>6,0507</b>	<b>42:1</b>

\* Resultado da análise das coberturas (média) ao início do experimento.