



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

ANGELA BEATRIZ FERREIRA DA COSTA

**MICROCLIMA NO INTERIOR DE MATA NATIVA E EM
SISTEMAS DE CULTIVO AGRÍCOLA EM LONDRINA, PR**

ANGELA BEATRIZ FERREIRA DA COSTA

**MICROCLIMA NO INTERIOR DE MATA NATIVA E EM
SISTEMAS DE CULTIVO AGRÍCOLA EM LONDRINA, PR**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Universidade Estadual de Londrina – para obtenção do título de Doutor.

Orientador: Profa. Dra. Cristiane de Conti Medina

Co-orientadora: Pesq. Dra. Heverly Morais

Londrina
2014

**Catálogo elaborado pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da
Universidade Estadual de Londrina**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

C837m Costa, Angela Beatriz Ferreira da.
Microclima no interior de mata nativa e em sistemas de cultivo agrícola
em Londrina, PR / Angela Beatriz Ferreira da Costa. – Londrina, 2014.
85 f. : il.

Orientador: Cristiane de Conti Medina.

Coorientador: Heverly Morais.

Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina,
Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia,
2014.

Inclui bibliografia.

1. Solo e clima – Teses. 2. Solos – Umidade – Teses. 3. Física do solo – Teses.
4. Solos – Efeito da temperatura – Teses. 5. Microclimatologia florestal –
Teses. I. Medina, Cristiane de Conti. II. Morais, Heverly. III. Universidade
Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-
Graduação em Agronomia. IV. Título.

CDU 631.4:551.50

ANGELA BEATRIZ FERREIRA DA COSTA

**MICROCLIMA NO INTERIOR DE MATA NATIVA E EM SISTEMAS DE
CULTIVO AGRÍCOLA EM LONDRINA-PR**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Universidade Estadual de Londrina – para obtenção do título de Doutor em Agronomia.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dra. Cristiane de Conti Medina
UEL – Londrina – PR

Profa. Dra. Cristiane de Conti Medina
UEL – Londrina – PR

Prof. Dr. Marcelo Augusto de Aguiar e Silva
UEL – Londrina – PR

Prof. Dr. Cássio Egídio Cavenaghi Prete
UEL – Londrina – PR

Prof. Dr. Paulo Henrique Caramori
IAPAR – Londrina – PR

Dr. Wilian da Silva Ricce
IAPAR – Londrina – PR

Dra. Dalziza de Oliveira
IAPAR – Londrina – PR

Prof. Dr. Marcelo Giovanetti Canteri
UEL – Londrina – PR

Londrina, 24 de fevereiro 2014.

DEDICO

Aos meus pais Antônio (*in memorian*) e Nocy,
meu filho Rômulo e minhas irmãs Eliana,
Geneci e Magda.

AGRADECIMENTOS

A Deus, presente em minha vida dando-me saúde, sabedoria e iluminando todos os momentos.

À Universidade Estadual de Londrina, pela oportunidade de ingressar no Programa de Pós-Graduação.

Aos diretores do Simepar Dr. Eduardo Alvim e Dr. Cesar Beneti, pelo apoio e incentivo.

Aos colegas do Simepar, em especial ao amigo meteorologista Cezar Duquia, que oportunizou meu ingresso nessa instituição.

Ao Instituto Agrônomo do Paraná – IAPAR, por proporcionar a infraestrutura necessária para a coleta dos dados experimentais e por ceder todos os dados utilizados nesta tese.

Ao grande mestre Dr. Paulo Henrique Caramori, pela honra de receber seus ensinamentos, que valorizaram minha capacidade profissional. Seu incentivo e atenção foram fundamentais para superação desse desafio. Obrigada pela oportunidade de fazer parte da sua história.

Ao técnico Joaquim André, pela amizade, paciência e apoio constante no transcorrer das diversas etapas do trabalho.

Aos técnicos agrícola Jorge Félix e Antônio Carlos (Charlão), pela eficaz ajuda e disponibilidade na condução do experimento de campo.

Aos pesquisadores do setor de Agrometeorologia e bolsistas André, Bianca, Camila, Fernanda, Geovanna, João, Jennifer, Juliana, Juliandra, Karita e Leandro, pela amizade, pelos momentos de descontração e contribuição direta e indireta na condução desse trabalho.

À Dra. Letícia Trindade, pela amizade e disponibilidade durante esta jornada.

Ao João Roberto e Maria Ely, dos quais me tornei amiga e dividi não somente os momentos de felicidades, mas os dias difíceis e estressantes, e por isso merecem um agradecimento especial.

À orientadora Dra. Cristiane de Conti Medina, pela amizade e confiança.

À co-orientadora Dra. Heverly Morais, pela amizade, discussões, ideias, colaboração técnica e metodológica para meu crescimento.

À Dra. Dalziza de Oliveira pelas sugestões, amizade e auxílio nos momentos complicados.

Ao Sr. Edmirson Borrozzino e sua família, que ofereceram suas amizades e amparo, com valiosas conversas e ricos momentos de aprendizado.

Aos funcionários do laboratório de solos do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) Auro, Wilson e Dr. Cezar Francisco Araujo Junior, pelo atendimento competente, simpatia, respeito, prontidão, presteza e eficiência no trabalho prestado.

A Dra. Carolina Gaspar de Oliveira, pelas conversas diárias descontraídas, pela amizade conquistada, pelo sorriso, bom humor constante e auxílio técnico.

Ao Dr. Wilian da Silva Ricce, pelas discussões e sugestões fundamentais na execução do trabalho, e também ao Danilo e ao Luciano, pelo apoio no processamento dos dados e análises.

À instituição que é o alicerce da minha existência: minha família.

Ao meu filho Rômulo, grande incentivador, um pedido de desculpas pelos momentos ausentes e a falta de tempo.

Ao João Antônio, pela paciência, tolerância, companheirismo e cumplicidade.

A todos não mencionados que tiveram sua parcela de contribuição direta ou indiretamente, durante todas as etapas da pesquisa, muito obrigada.

COSTA, Angela Ferreira Beatriz da. **Microclima no interior de mata nativa e em sistemas de cultivo agrícola em Londrina, PR**. 2014. 85 f. Tese de Doutorado em Agronomia – Universidade Estadual de Londrina, 2014.

RESUMO

Dentre os principais causadores das mudanças climáticas globais, destacam-se a emissão de gases que aumentam o efeito estufa e as mudanças no uso do solo para cultivo agrícola. As mudanças no uso do solo provocam alterações importantes nas propriedades físicas e químicas dos solos e no clima próximo à superfície. O estado do Paraná passou por um processo de desmatamento intensivo para exploração agrícola, com reflexos na fertilidade dos solos, no teor de matéria orgânica e no clima acima e abaixo da superfície. O objetivo desta tese foi caracterizar as alterações climáticas e do solo provocadas pela mudança do seu uso. Foram realizados estudos em três ambientes em Londrina, PR: solo com plantio direto, solo com cultivo agrícola convencional e mata nativa. O trabalho foi realizado na estação experimental do IAPAR em Londrina (altitude 610 m, latitude 23°23'S e longitude 50°11'W). As análises físico-hídricas dos solos mostraram que o uso agrícola provocou mudanças em relação ao perfil original que havia sob floresta. A elevada quantidade de matéria orgânica nas camadas superficiais do solo sob mata causou aumento no volume de macroporos e redução dos valores de densidade global, fazendo com que diminuísse a capacidade de retenção de água. A temperatura do ar foi muito mais elevada nas áreas agrícolas comparado com o interior do dossel da mata, indicando que a retirada da cobertura vegetal é um importante fator que pode estar ligado ao aquecimento global. Da mesma maneira observaram-se temperaturas do solo muito mais elevadas nas áreas agrícolas, sendo que a área com cultivo convencional, em que se expõe diretamente a superfície do solo em boa parte do ano apresentou valores mais elevados. O plantio direto propiciou melhores condições de umidade do solo até 0,40 m de profundidade, indicando que neste sistema é possível reduzir as perdas causadas pelos veranicos comparado com o cultivo convencional.

Palavras-chave: Temperatura. Radiação solar. Física de solos. Temperatura do solo. Umidade do solo.

COSTA, Angela Ferreira Beatriz da. **Microclimate within a native forest and agricultural farming systems in Londrina, PR**. 2014. 85 p. Tese de Doutorado em Agronomia – Universidade Estadual de Londrina, 2014.

ABSTRACT

Among the main causes of global climate change, the emission of gases that increase global warming and changes in land use for agricultural cultivation are the most important. Changes in land use cause significant changes in physical and chemical properties of soils and climate near the surface. The state of Paraná went through a process of intensive deforestation for agricultural production, with consequences on soil fertility, soil organic matter and the climate above and below the surface. The aim of this thesis was to characterize climate and soil modifications caused by change of soil use. Studies were conducted in three environments in Londrina, PR, Brazil: soil tillage, soil with conventional agricultural crop and native forest. The study was conducted at the experimental station of IAPAR in Londrina (altitude 610 m, latitude 23°23 'S and longitude 50°11'W). The hydro-physical soil analysis showed that agricultural use caused changes to the original profile that was under forest. The high amount of organic matter in soil layers under forest caused increased macroporosity and decreased levels of bulk density, causing decreased capacity for water retention. The air temperature was much higher in agricultural areas compared to the interior of the forest canopy, indicating that the removal of vegetation cover is an important factor that can be linked to global warming. Soil temperatures were also much higher in the agricultural areas, and the area with conventional farming, which directly exposes the soil surface during most of the year, had higher values. The tillage provided the best conditions of soil moisture up to 0.40 m depth, indicating that this system can reduce the risk of dry spells compared with conventional cultivation.

Key words: Temperature. Solar radiation. Soil physics. Soil temperature. Soil Moisture.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 2.1** – Variações nas concentrações de CO₂ atmosférico obtidos dos testemunhos de gelo desde 400.000 anos atrás e recentemente por meio de medições diretas22
- Figura 3.1** – Coleta das amostras de solo deformadas no plantio direto (A), plantio convencional (B), mata nativa (C) e amostras embaladas e identificadas (D).....37
- Figura 3.2** – Coleta das amostras indeformadas com cilindros de Köpecky em quatro camadas 0-0,10, 0,10-0,20, 0,20-0,30 e 0,30-0,40 m em sistema de cultivo convencional (A), plantio direto (B) e mata nativa (C)39
- Figura 3.3** – Simulador de chuva portátil instalado no plantio direto (A), sistema de cultivo convencional (B), mata nativa (C) e a chapa de aço galvanizado (D)44
- Figura 3.4** – Curvas de retenção de água para Latossolo Vermelho Distroférico sob sistema de cultivo convencional (PC), plantio direto (PD) e mata nativa (MN), nas camadas de 0,0-0,10 m (A), 0,10-0,20 cm (B), 0,20-0,30 m (C) e 0,30 – 0,40 m.....49
- Figura 4.1** – Temperatura do ar a 0,50 m (A) e a 0,02 m (B), fluxo de calor a 0,05 m (C), radiação líquida a 1,00 m (D) e radiação global a 2,50 m (E), em 31/10/2011 nos três sistemas de cultivo em Londrina – PR.....62
- Figura 4.2** – Temperatura do ar a 0,50 m (A) e a 0,02 m (B), fluxo de calor a 0,05 m (C), radiação líquida a 1,00 m (D) e radiação global a 2,50 m (E), em 01/04/2012 nos três sistemas de cultivo em Londrina – PR.....63
- Figura 4.3** – Temperatura do ar a 0,50 m (A) e a 0,02 m (B), fluxo de calor a 0,05 m (C), radiação líquida a 1,00 m (D) e radiação global a 2,50 m (E), em 30/09/2012 nos três sistemas de cultivo em Londrina – PR.....64

Figura 4.4 – Temperatura do ar a 0,50 m (A) e a 0,02 m (B), fluxo de calor a 0,05 m (C), radiação líquida a 1,00 m (D) e radiação global a 2,50 m (E), em 21/03/2013 nos três sistemas de cultivo em Londrina – PR.....	65
Figura 5.1 – Diferença entre as temperaturas do solo (A= 0,02 m e B= 0,10 m) para solos agrícolas e mata nativa em 2011	76
Figura 5.2 – Diferença entre as temperaturas do solo (A= 0,02 m e B= 0,10 m) para solos agrícolas e mata nativa em 2012	77
Figura 5.3 – Temperatura do solo a 0,02 m e 0,10 m às 15 horas nas seguintes fases: A – A1) pousio, B – B1) cobertura parcial do solo e C - C1) cobertura total do solo	78
Figura 5.4 – Temperatura média do solo a 0,02 m e 0,10 m nas seguintes fases: A – A1) pousio, B – B1) cobertura parcial do solo e C - C1) cobertura total do solo.....	79
Figura 5.5 – Umidade do solo na camada 0,0-0,10 m (A), 0,10-0,20 m (B), 0,20-0,30 m (C), 0,30-0,40 m (D) e precipitação no período de 1/12/2011 a 7/11/2012, sob mata nativa, sistema de cultivo convencional e plantio direto, em Londrina, PR.....	81

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Propriedades químicas de um Latossolo Vermelho Distroférico em três profundidades no sistema de cultivo convencional (PC), plantio direto (PD) e mata nativa (MN), em março de 2011.....	46
Tabela 3.2 – Porosidade (total, macro e micro) e densidade do solo (Ds), nas quatro profundidades do solo sob o sistema de cultivo convencional (PC), plantio direto (PD) e mata nativa (MN)	47
Tabela 3.3 – Composição granulométrica nas quatro profundidades do solo sob o sistema de cultivo convencional (PC), plantio direto (PD) e mata nativa (MN)	47
Tabela 3.4 – Parâmetros da curva de retenção de água no solo obtidos da equação de van Genuchten para o Latossolo sob mata nativa, plantio convencional e plantio direto em quatro profundidades	48
Tabela 3.5 – Umidade na capacidade de campo (CC), no ponto de murcha permanente (PMP) e água disponível (AD) sob a mata nativa, plantio convencional e plantio direto, nas quatro profundidades	50
Tabela 4.1 – Datas de avaliação e semeadura da soja e aveia em sistemas de cultivo convencional e plantio direto	58
Tabela 4.2 – Datas de precipitação antes e durante os dias de avaliação do experimento	58
Tabela 4.3 – Temperatura média (Tmed), temperatura média das máximas (Tmax), temperatura média das mínimas (Tmin) do ar a 0,02 e 0,50 m, nas quatro estações do ano de 2011, para os sistemas de cultivo convencional (PC), plantio direto (PD) e mata nativa (MN).....	59
Tabela 4.4 – Temperatura média (Tmed), temperatura média das máximas (Tmax), temperatura média das mínimas (Tmin) do ar a 0,02 e 0,50 m, nas quatro estações do ano de 2012, para os sistemas de cultivo convencional (PC), plantio direto (PD) e mata nativa (MN).....	60

Tabela 5.1 – Temperatura média (Tmed), temperatura média das máximas (Tmax), temperatura média das mínimas (Tmin) do solo a 0,02 e 0,10 m, nas quatro estações do ano de 2011, para os sistemas de cultivo convencional (PC), plantio direto (PD) e mata nativa (MN)	74
Tabela 5.2 – Temperatura média (Tmed), temperatura média das máximas (Tmax), temperatura média das mínimas (Tmin) do solo a 0,02 e 0,10 m, nas quatro estações do ano de 2012 para os sistemas de cultivo convencional (PC), plantio direto (PD) e mata nativa (MN)	75

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1	MUDANÇAS CLIMÁTICAS.....	18
2.1.1	As Mudanças Climáticas em Escala Mundial.....	21
2.1.2	As Mudanças Climáticas no Brasil.....	23
2.2	IMPACTOS DAS MUDANÇAS NO USO DO SOLO	24
2.2.1	Ambiente de Mata Nativa.....	26
2.2.2	Ambientes de Cultivo Agrícola.....	27
2.2.2.1	Sistema de cultivo convencional	27
2.2.2.2	Sistema de plantio direto	28
	Referências	29
3	ARTIGO A: PROPRIEDADES FÍSICO-HÍDRICAS DE UM LATOSSOLO INFLUENCIADAS PELA MUDANÇA DO SEU USO	34
3.1	RESUMO	34
3.2	ABSTRACT	34
3.3	INTRODUÇÃO.....	35
3.4	MATERIAL E MÉTODOS.....	36
3.4.1	Caracterizações dos Solos	36
3.4.1.1	Análises químicas do solo	36
3.4.1.2	Análises físico-hídricas	38
3.4.1.3	Curva de retenção de água pelo solo	40
3.4.1.4	Infiltração de água no solo	43
3.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
3.5.1	Análises Químicas do Solo	45
3.5.2	Propriedades Físicas do Solo	46
3.5.3	Curvas de Retenção de Água no Solo	47
3.5.4	Água Disponível e Armazenamento no Perfil do Solo	50
3.5.5	Infiltração de Água no Solo	51
3.6	CONCLUSÕES	51
	Referências	52

4	ARTIGO B: CARACTERIZAÇÕES MICROCLIMÁTICAS EM SISTEMAS AGRÍCOLAS COMPARADOS COM MATA NATIVA	54
4.1	RESUMO	54
4.2	ABSTRACT	54
4.3	INTRODUÇÃO.....	55
4.4	MATERIAL E MÉTODOS.....	57
4.4.1	Avaliações Microclimáticas	58
4.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	59
4.6	CONCLUSÕES	66
	Referências	66
5	ARTIGO C: TEMPERATURA E UMIDADE DO SOLO SOB MATA NATIVA E EM DOIS SISTEMAS DE CULTIVO AGRÍCOLA	69
5.1	RESUMO	69
5.2	ABSTRACT	69
5.3	INTRODUÇÃO.....	70
5.4	MATERIAL E MÉTODOS.....	72
5.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	74
5.5.1	Temperatura do Solo	74
5.5.1.1	Estudo de caso: efeito da cobertura pela cultura da soja na safra 2011/2012.....	77
5.5.2	Umidade do Solo	80
5.6	CONCLUSÕES	82
	Referências	82
	CONCLUSÕES GERAIS	85

1 INTRODUÇÃO

O desmatamento do Paraná se intensificou a partir da segunda década do século XX, com a expansão das fronteiras agrícolas. No período entre 1890 e 1990, a cobertura florestal do estado foi reduzida para cerca de 5%.

O norte do Paraná passou por uma mudança drástica de uso do solo a partir da década de 1930, com a retirada da floresta para o plantio do café, que se estendeu até meados da década de 1970. A partir da grande geada ocorrida em julho de 1975, a cultura do café entrou em declínio e lavouras anuais como soja, trigo, milho e algodão ganharam espaço, utilizando inicialmente sistemas de cultivo baseados em revolvimento do solo, sem práticas conservacionistas adequadas e uso intensivo de insumos químicos. Essa mudança brusca e extensa do uso do solo na região, aliada ao uso irracional de pesticidas e adubos minerais, provocou sérios danos ambientais como: degradação do solo, poluição e assoreamento de rios e lagos, contaminação do lençol freático, supressão de nascentes, além da extinção de espécies da flora e fauna.

A mudança do uso do solo também tem sido estudada por muitos cientistas como um fator de indução às Mudanças Climáticas e o Aquecimento Global. Nas séries de dados de temperaturas mínimas do ar das estações do Instituto Agrônomo do Paraná - IAPAR já são detectadas tendências generalizadas de aumentos de 1,5 a 2,0°C nos últimos 30 anos. No ambiente de floresta, as árvores atenuam a radiação e a temperatura, regulando o balanço de energia e o balanço hídrico. As perdas de água por evaporação nesse ecossistema natural são mínimas, de maneira que o processo de transpiração contribui para reciclar a água das chuvas e para a regulação térmica do ambiente. Sua retirada pode contribuir para acelerar desequilíbrios catastróficos como o aumento da temperatura do ar, intensas ondas de calor, tempestades, tornados, furacões e secas prolongadas.

As mudanças climáticas globais podem representar um problema grave e complexo, por isso cada vez mais são objetos de estudos e discussões. O relatório do Painel Inter-governamental sobre mudanças climáticas mostrou que houve um aumento da temperatura média global de 0,74°C nos últimos 100 anos e que a tendência de aquecimento vem se acelerando nos últimos 50 anos. As melhores estimativas dos modelos de simulação projetam cenários para o Século XXI em que a temperatura média do planeta será, no mínimo, 1,8°C e, no máximo,

cerca de 4°C superior aos valores atuais. Também são previstos a redução das chuvas em áreas subtropicais em até 20% e o agravamento das secas, podendo advir grandes problemas sociais e econômicos.

Dentre as causas apontadas como responsáveis pelo aquecimento global, destacam-se a emissão de gases (CO₂, metano, óxido nitroso) decorrentes de fatores antrópicos e a mudança no uso do solo.

A hipótese deste trabalho é de que, com a retirada da cobertura da vegetação nativa, ocorrem mudanças significativas no balanço de energia e nas propriedades físico-hídricas do solo, com reflexos significativos no microclima e no regime hídrico local. A magnitude dessas prováveis alterações foi pouco estudada até o presente e, portanto, constitui um tema relevante de pesquisa, o qual é enfocado nesta tese. Assim, o objetivo deste trabalho foi caracterizar as alterações climáticas e do solo provocadas pela mudança do seu uso, em três sistemas de cobertura: plantio direto, cultivo convencional e remanescente de mata nativa, assumida como referência para comparação com os dois outros sistemas de cultivo. A tese é apresentada na forma de artigos científicos, a saber:

- Artigo A: Propriedades físico-hídricas de um Latossolo influenciadas pela mudança do seu uso;
- Artigo B: Caracterizações microclimáticas em sistemas agrícolas comparados com mata nativa;
- Artigo C: Temperatura e umidade do solo sob mata nativa e dois sistemas de cultivo agrícola.

2 REVISÃO DE LITERATURA

As mudanças no uso do solo, sobretudo quando florestas nativas são convertidas em áreas agrícolas ou em pastagens, causam alterações no conteúdo de carbono nos solos. Essas alterações dependem do clima, tipo de uso e das práticas de manejo utilizadas. A essa mudança no estoque de carbono são associadas emissões e remoções de CO₂ (BRASIL, 2004). A queima da vegetação é apontada como uma das principais causadoras do aquecimento no caso brasileiro, através da liberação de CO₂ para a atmosfera (FARIA, 1997; CERRI, 2002).

No entanto, a retirada da vegetação, além do impacto inicial da queima do estoque de carbono, causa significativa alteração nos balanços energético e hídrico do ambiente, que necessita ser melhor entendido. Com o ambiente de floresta nativa há um perfeito equilíbrio nos balanços energético e hídrico, visto que há absorção da energia solar incidente pelo dossel e grande parte da energia líquida (70 a 90%) é utilizada, preponderantemente, no processo de transpiração, com alguma perda por evaporação (HOUGHTON et al., 2000).

Na floresta, a precipitação é atenuada pelas copas das árvores e se infiltra lentamente, reduzindo o componente do escoamento superficial a, praticamente, zero. Assim, a água das chuvas é armazenada no solo ou percola para as camadas subterrâneas, alimentando as nascentes e cursos d'água. A brusca mudança na retirada da cobertura vegetal altera o balanço energético, uma vez que o componente evaporativo será maior, bem como as frações de energia líquida destinadas ao aquecimento do ar e do solo. Sobre solo nu, em condições de baixa umidade superficial, a temperatura da superfície pode atingir valores superiores a 50°C, enquanto que sob cobertura vegetal permanece em torno de 30°C (COSTA et al., 2007). A fração da radiação líquida transformada em calor sensível, que vai aquecer o ar, pode atingir de 30 a 50%, enquanto que em ambiente florestado raramente ultrapassa 10% (BLANKEN et al., 1997). Da mesma forma, ocorrem drásticas alterações no balanço hídrico em solo descoberto, havendo menor infiltração da água e maior porcentagem de escoamento superficial, provocando a erosão do solo, poluição de mananciais e degradação do ambiente de produção. O plantio direto é uma tentativa de reduzir esses impactos, por meio da cobertura da superfície do solo com resíduos das próprias culturas ou de espécies produtoras de biomassa (SCHAFFRATH et al., 2008; ASSIS; LANÇAS, 2005).

Diante da drástica mudança na paisagem ocorrida no norte do Paraná entre 1930 e 1980, existe grande preocupação acerca do futuro da agricultura na região sob cenários de mudanças climáticas. Portanto, a caracterização dos ambientes de produção poderá contribuir para quantificar as alterações ocorridas e propor soluções para mitigar os problemas de degradação ambiental e aquecimento global.

2.1 MUDANÇAS CLIMÁTICAS

As mudanças climáticas são modificações no clima da Terra, que ocorrem em diferentes escalas de tempo. São tendências de longo prazo refletidas sobre os valores médios de elementos meteorológicos alterados, tais como: temperaturas máximas e mínimas do ar, precipitação, umidade relativa do ar e temperatura dos oceanos. As modificações no clima acontecem por ações antrópicas ou são provocadas por fenômenos naturais.

As mudanças climáticas iniciaram pela ação do homem a partir do século XVIII, com a Revolução Industrial, devido ao significativo aumento da poluição do ar, resultante da queima de combustíveis fósseis (petróleo, carvão e gás natural) e pela prática do desmatamento, a qual foi o principal responsável da emissão de gases de efeito estufa (GEE).

Nas últimas décadas, climatologistas verificaram que ocorreu significativo aumento da temperatura média do planeta, desencadeando vários desastres ambientais, acarretando danos irreversíveis à humanidade.

O tema “Aquecimento Global”, segundo Jansen (2009), vem sendo discutido desde o século XIX, seguindo a seguinte trajetória:

1827 – o matemático francês Jean Baptiste Joseph Fourier percebeu que a atmosfera da Terra funciona como uma estufa, com ambiente favorável para vida das plantas e dos animais;

1863 – o químico irlandês John Tyndall associa o vapor d`água e outros gases ao efeito estufa;

1890 – o sueco Svante August Arrhenius e o americano P.C. Chamberlain estudaram as consequências do CO₂ na atmosfera;

1890-1940 – a temperatura da terra sobe, aproximadamente 0,25° C, e o efeito estufa já se manifesta. Na década de 30, surgiu o Dust Bowl, fenômeno climático que afetou severamente os EUA, marcado por secas e tempestades de areia.

1940 a meados da década de 70 – ocorreu resfriamento global de 0,2° C. Neste período, alguns climatologistas prevêm a nova era do gelo. Os cientistas tentavam explicar que a poluição impedia a chegada da radiação solar à superfície terrestre;

Década de 1950 – o cientista americano Charles David Keeling constata a elevação anual de CO₂ na atmosfera devido ao uso dos combustíveis fósseis no pós-guerra, alterando o clima;

1957 – os americanos Hans Suess (químico) e Roger Revelle (oceanógrafo) mediram a quantidade de CO₂ da atmosfera, concluindo que não é possível ser absorvida nos oceanos;

1958 - Charles David Keeling iniciou as medições do CO₂ na atmosfera em Mauna Loa, no Havaí e na Antártica; este trabalho continua nos dias de hoje comprovando que o nível do CO₂ está aumentando, devido à interferência antropogênica;

Década de 1960 – aumenta a população mundial e os EUA alertam sobre o efeito estufa. Foi o primeiro reconhecimento oficial norte-americano de que as mudanças climáticas poderiam ser causadas por atividades humanas, e que o mundo poderia sofrer graves consequências com o fenômeno;

Década de 1970 – declarações da comunidade científica alemã em virtude das atuações antropogênicas relacionados às alterações climáticas;

1972 – a primeira discussão internacional promovida pela ONU em Estocolmo, retratando assunto sobre meio ambiente, na Conferência sobre Meio Ambiente Humana da Organização das Nações Unidas;

1979 – mudanças climáticas foi assunto principal na Conferência Mundial sobre o Clima. O evento pediu para que os países previnam os problemas causados pelo homem;

1985 – ocorreu na Austrália a primeira conferência internacional sobre efeito estufa. Os cientistas alertavam que os níveis dos oceanos aumentariam em mais de um metro;

1987 – foi criado o Protocolo de Montreal, limitando o uso de materiais que devastam a camada de ozônio;

1988 – o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e a Organização Meteorológica Mundial (WMO) criaram o Painel Intergovernamental

para Mudanças Climáticas (IPCC), para avaliar as evidências em torno das alterações do clima;

1990 – divulgado pelo IPCC o primeiro relatório de Avaliação sobre o Meio Ambiente. O documento informa que, no último século, a temperatura global aumentou aproximadamente 0,5°C;

1992 – a ECO-92, Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento, no Rio de Janeiro, teve como um dos principais objetivos, a estabilização do nível de concentração de gases do efeito estufa na atmosfera para evitar a interferência antropogênica no sistema climático;

1995 – o segundo relatório de avaliação do IPCC, conclui que os níveis de gases do efeito estufa continuam aumentando, atribuindo a responsabilidade à influência humana pelas mudanças climáticas;

1997 – foi assinado o Protocolo de Kyoto, exigindo aos países industrializados a redução em média de 5% da emissão dos principais gases do efeito estufa;

2001 – O presidente americano, George W. Bush renuncia às metas do Protocolo de Kyoto, alegando que poderia prejudicar a economia do país. O terceiro relatório de avaliação do IPCC indica que as emissões de gases causadores de efeito estufa a partir da atividade humana são a causa principal do aquecimento verificado na segunda metade do século XX;

2002 – ocorreu a reunião global em Johannesburgo, África do Sul (Rio + 10), para discutir questões ambientais e de desenvolvimento sustentável propostas na Agenda 21, para serem aplicadas pelos cidadãos na Agenda 21 local, complementando o acordo da Rio-92;

2005 – entra em vigor o Protocolo de Kyoto. Os países como EUA e China concordam em dialogar sobre a contenção da emissão dos seus gases do efeito estufa;

2007 – o quarto relatório de avaliação do IPCC conclui que as emissões de gases causadores do efeito estufa são originadas pelas atividades do homem, sendo responsáveis pelas mudanças climáticas da era moderna;

2008 – meio século após as primeiras análises no observatório de Mauna Loa, no Havaí, o projeto Keeling indica que as concentrações de CO₂ aumentaram de 315 partes por milhão (ppm) em 1958 para 380 ppm em 2008;

2009 – foi realizada em Copenhague, Dinamarca, a 15ª Conferência de Mudanças Climáticas da ONU, tendo como objetivo a luta contra o aquecimento global. Porém,

devido os desentendimentos entre as nações, foi considerada uma reunião fracassada;

2010 – em Cancun, México foi realizada a 16ª Conferência das Partes das Nações Unidas sobre o Clima, criando o Fundo Verde. O fundo, doado por países ricos, garante países em desenvolvimento o enfrentamento às mudanças climáticas, e também garante a proteção das florestas tropicais através do mecanismo de Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação (Redd);

2011 – o gelo no Ártico atinge uma extensão de 3.410.000 km², a menor área desde que as medições por satélite começaram, em 1979;

2013 – dados do observatório de Mauna Loa, no Havaí, informam que a concentração média diária de CO₂ na atmosfera já ultrapassou 400 partes por milhão (ppm), pela primeira vez desde que as medições começaram, em 1958.

Com a trajetória do aquecimento global, percebe-se a importância de desenvolver atividades de mitigação e adaptação para enfrentar esta temática (LOMBORG, 2008).

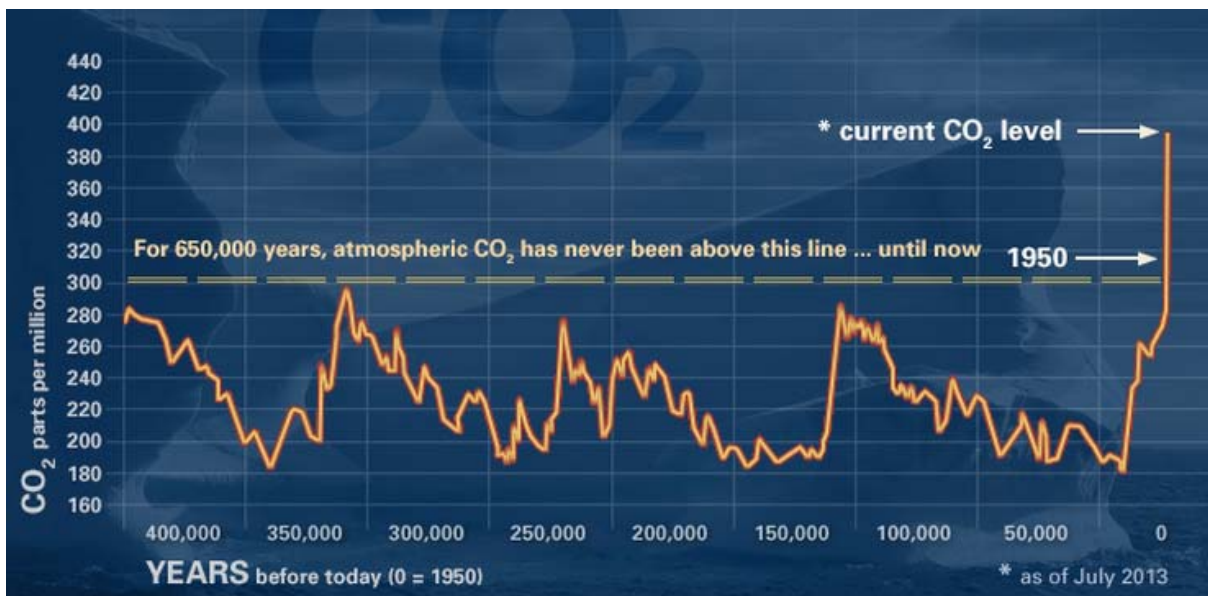
2.1.1 As Mudanças Climáticas em Escala Mundial

O homem é o grande responsável pela alteração no equilíbrio natural do planeta. As ações antropogênicas provocam as mudanças climáticas. Em diferentes partes do planeta já pode ser sentido o aumento da intensidade de eventos extremos climáticos, tais como: ondas de calor, seca, furacões, inundações, tempestades tropicais, deslizamento de terra entre outros.

Os cientistas constataram aumento do nível do mar em consequência do derretimento das calotas polares e aumento da temperatura média do planeta em 0,8°C desde a Revolução Industrial (IPCC, 2007). O aumento global no nível dos oceanos foi de, aproximadamente, 17 cm no século passado, mas na última década esta taxa de aumento quase dobrou. (NASA, 2014). O aumento na concentração de CO₂, decorrente principalmente do uso de combustíveis fósseis e da queima da vegetação, tem sido apontado como o maior responsável por essas mudanças. Na Figura 2.1, disponibilizada recentemente pela NASA, é possível ver que os níveis de CO₂ atmosférico, medidos em local longe de qualquer fonte emissora desse gás, ultrapassaram todas as barreiras históricas a partir da década de 1950, atingindo atualmente o patamar inédito de 400 ppm. Quando se compara

esse aumento com as tendências de aumento na temperatura, há uma correlação perfeita, indicando que as atividades antrópicas estão realmente associadas com as mudanças climáticas. Observa-se que as oscilações ocorridas no passado, nunca ultrapassaram o patamar de 300 ppm, o que só veio a acontecer após 1950, com a aceleração das atividades industriais e desmatamentos.

Figura 2.1 – Variações nas concentrações de CO₂ atmosférico obtidos dos testemunhos de gelo desde 400.000 anos atrás e recentemente por meio de medições diretas.



Fonte: Nasa (2014)

Com aumento acima de 2°C na temperatura média, efeitos potencialmente catastróficos podem acontecer, comprometendo seriamente os esforços de desenvolvimento dos países. Em alguns casos, países inteiros poderão submergir pelo aumento do nível do mar e comunidades terão que migrar devido ao aumento das regiões áridas.

Na Austrália, as temperaturas médias aumentaram em torno de 0,9°C desde 1950, apesar de significantes variações regionais. A frequência de noites quentes aumentou, enquanto que o número de dias frios diminuíram (HENNESSY e COLMA, 2007).

A frequência de dias frios tem aumentado no leste da China, porém na região norte do país, diminuiu nos últimos quarenta anos (ZHAI et al.; 1999). ZHAI et al. (2005) observaram um aumento da precipitação na região oeste da

China, em todas as estações do ano, entretanto, no leste o comportamento foi diferente de uma estação para outra.

Nas últimas décadas, várias pesquisas relacionadas com as mudanças climáticas estão sendo realizadas em várias partes do planeta, com o intuito de avaliar seus efeitos para delinear estratégias de mitigação.

2.1.2 As Mudanças Climáticas no Brasil

Diversos estudos vêm mostrando alterações nas séries de dados observados de temperatura.

O Rio Grande do Sul apresentou um aumento de 1,4° C na temperatura mínima anual entre 1913 e 1998, reduzindo o número de dias com geadas severas em consequência do aumento de ondas de calor e noites quentes (BERLATO et al., 2005).

Em geral, tem-se observado que as temperaturas mínimas têm se tornado mais elevadas e as noites mais quentes. Os efeitos sobre as temperaturas máximas são menos evidentes. Com isso, observam-se tendências de aumentos nas temperaturas médias na maioria das séries históricas (CAMPOS et al., 2006; GONÇALVES et al., 2009; RICCE et al., 2009; SOUZA; AZEVEDO, 2009).

Estudo realizado com as séries históricas do IAPAR em Londrina evidenciou que a última década foi sensivelmente mais quente, indicando que os invernos se iniciam mais tarde e terminam mais cedo (RICCE et al., 2009).

Borrozino et al. (2013), analisando séries históricas de 10 estações meteorológicas da rede do IAPAR, localizadas distantes de áreas urbanas verificaram que houve aumentos significativos nas temperaturas mínimas em seis delas e apenas em uma houve aumento significativo nas temperaturas máximas. Concluíram também que o aumento de temperatura pode estar relacionado com a exposição dos solos através de práticas agrícolas, uma vez que, em solo descoberto, as temperaturas são até 20°C mais elevadas a 2 cm de profundidade.

As mudanças climáticas devido ao aumento da emissão de gases pelo homem causam modificações no regime hídrico e na temperatura global, influenciando diretamente a produtividade das culturas. Simulações sugerem que, nas regiões de clima tropical, haverá reduções mais acentuadas na produção agrícola (IPCC, 2001, 2007, 2013).

O uso e o manejo inadequado do solo contribuem para o efeito estufa, trazendo problemas relacionados à sua sustentabilidade devido à degradação da matéria orgânica, atingindo negativamente os seus atributos físicos e químicos, assim como sua biodiversidade. Por outro lado, as práticas adequadas de manejo, que visam à manutenção ou o acúmulo de carbono no sistema solo-planta, podem atenuar os efeitos do aquecimento global. Essas práticas de manejo podem ser: implementação de sistemas de plantio direto, recuperação de pastagens degradadas, implantação de sistemas integrados de cultivo, reflorestamento de áreas marginais, uso de espécies que tenham alta produção de biomassa, eliminação de queimadas, entre outras (CARVALHO et. al., 2010).

As mudanças climáticas, se ocorrerem conforme as projeções poderão causar grandes mudanças no cenário agrícola paranaense e brasileiro. Assad et al. (2004) demonstraram que, se houver aquecimentos conforme preconizado pelo IPCC, haverá grandes prejuízos para a agricultura brasileira, com redução de área de diversas culturas e deslocamento de áreas produtivas. Andrade et al. (2012) demonstraram que o cultivo da espécie *Coffea canephora*, originária de regiões quentes da África, poderá se tornar viável em grande parte do norte do Paraná.

2.2 IMPACTOS DAS MUDANÇAS NO USO DO SOLO

A retirada da vegetação natural, mesmo quando se adota o manejo adequado, traz perturbações ao ambiente local. Isto se dá devido à mudança no balanço radiativo e nos componentes do balanço hídrico.

O balanço de energia das superfícies vegetadas permite dimensionar as trocas de massas e energia do sistema solo-planta-atmosfera, através da participação do saldo de radiação nos diversos processos que ocorrem na cultura. O método permite avaliar as alterações do microclima da vegetação em função dos estádios de desenvolvimento da cultura e em função das condições do solo e da atmosfera.

O método do balanço de energia se baseia no princípio físico de conservação de energia, ou seja, ganho de energia é igual à perda de energia. Pode ser apresentado como:

$$R_n = LE + H + G + F \quad (1)$$

em que:

R_n = saldo de radiação ou radiação líquida

LE = fluxo de calor latente

H = fluxo de calor sensível

G = fluxo de calor no solo

F = energia utilizada nos processos de síntese biológica

A energia disponível ao sistema é distribuída entre os processos de aquecimento do ar e das plantas (H), de aquecimento do solo (S) e de evaporação (LE). O tipo de cobertura pode modificar o regime energético dos solos devido a influência em seus componentes.

A radiação solar global atravessando a atmosfera passa pelo processo de absorção e reflexão. Da radiação incidente no topo da atmosfera, 51% atinge a superfície do solo. Destes 26% chega à superfície na forma de radiação solar difusa e 25% na forma de radiação direta (OMETTO, 1981). A parte da radiação solar que interage com a massa ótica é denominada radiação difusa, resultante da interação da radiação solar com os gases e partículas existentes na atmosfera. Enquanto que a radiação que incide diretamente sobre a superfície do solo é chamada radiação direta. A soma das duas componentes resulta na radiação solar global, sendo primordial para o entendimento da disponibilidade de energia para os diversos processos do sistema (MOTA, 1977).

Comiran et al. (2003) registraram acréscimos de até 5°C nas temperaturas máximas do solo e decréscimos de 2°C nas mínimas em preparo convencional (PC), comparado ao plantio direto (PD) em cultivos de milho. Comarin et al. (2004) verificaram na cultura da soja maior fluxo de calor no solo no PC do que no PD. No PC, o fluxo de calor do solo (S) aumentou após a semeadura seguindo a tendência de R_n . No PD, houve redução de S após a semeadura em relação ao período anterior. As diferenças entre PD e PC podem estar relacionadas às alterações na umidade do solo, já que o sistema de manejo em PD aumenta o armazenamento e modifica a dinâmica da água no solo (DALMAGO et al., 2003; DALMAGO, 2004). Nos dois sistemas, houve tendência de redução de S a medida que as plantas cresceram, o que pode ser atribuído à crescente interceptação de

radiação pelas plantas, reduzindo a incidência de energia sobre o solo (COMIRAN et al., 2007).

Griebeler et al. (2001) verificaram que o escoamento superficial inicia quando a intensidade de precipitação torna-se maior do que a taxa de infiltração da água no solo, ou quando a capacidade de retenção de água pela superfície do terreno tiver sido ultrapassada. Associado ao escoamento, ocorre o transporte de partículas do solo, que sofrem deposição somente quando sua velocidade for reduzida. Além das partículas de solo em suspensão, são também transportados nutrientes, matéria orgânica, sementes e agroquímicos que, além de causarem prejuízos diretos à produção agropecuária, poluem os cursos de água.

2.2.1 Ambiente de Mata Nativa

A vegetação arbórea de uma floresta é o ambiente ideal para preservação e melhoria constante do solo. As copas do dossel superior funcionam como anteparo aos raios solares, que filtram a radiação que penetra nos estratos inferiores, condicionando assim um regime térmico de pouca variação na superfície do solo ao longo do ano. A radiação incidente na superfície e a temperatura do ar e do solo são relativamente baixas e constantes ao longo das estações do ano.

Morais et al. (2003) verificaram baixo nível de radiação incidente sobre os cafeeiros (*Coffea arabica* L.) com sombreamento denso de guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp., causando decréscimos na taxa fotossintética e na transpiração, maior altura de planta, folhas maiores e com menor quantidade de matéria seca. Os resultados indicaram que o excesso de sombra afetou drasticamente a fisiologia e a morfologia dos cafeeiros.

A cobertura florestal de um fragmento de Mata Atlântica no sul do estado de Alagoas, influencia na redistribuição da chuva. As copas das árvores formam um sistema de amortecimento, direcionando e retendo as gotas de água no solo, onde parte é retida pela massa vegetal e logo evaporada para atmosfera. (CARNEIRO et al. 2013).. O restante chega ao solo como gotejamento ou precipitação interna e como fluxo que escoar pelo tronco das árvores afetando a dinâmica do escoamento superficial e o processo de infiltração (OLIVEIRA JÚNIOR, 2005; ARCOVA et al., 2003). A temperatura da solo dentro de uma floresta de Mata Atlântica no período chuvoso ocasiona menor incidência da radiação solar global,

resultando em menor variação da temperatura do solo no tempo e no espaço, com temperatura mais baixas na madrugada e início da manhã, períodos de maiores índices de precipitação. No período sem chuva, há maior amplitude térmica devido a elevada incidência de radiação solar, portanto, maior saldo de radiação diurna, levando a valores elevados da temperatura do solo (CARNEIRO et al. 2013).

Em florestas tropicais, a temperatura do solo interfere nos processos biológicos e químicos do solo, nas taxas de decomposição e de mineração da matéria orgânica do solo e na liberação de CO₂. Portanto, a temperatura do solo tem forte influência no crescimento das plantas afetando as atividades fisiológicas e, por sua vez, a disponibilidade de nutrientes do solo (PAUL et al., 2003).

2.2.2 Ambientes de Cultivo Agrícola

2.2.2.1 Sistema de cultivo convencional

O sistema de cultivo convencional utilizando arados de aiveca, discos e grades pesadas provocam impactos ambientais indesejáveis levando à degradação dos recursos naturais em áreas de produção agrícola. A exposição do solo às chuvas e sua compactação pelo manejo convencional, reduz a capacidade de infiltração, resultando em grandes perdas de solo por erosão e pela formação de enxurradas. Como consequência, surgem alagamentos e a destruição de pontes e demais obras durante chuvas intensas.

O preparo e manejo do solo podem influenciar na erosão hídrica de um solo, expondo-o em maior ou menor intensidade ao impacto das gotas de chuva. A consequente enxurrada leva à ocorrência de erosão, acarretando degradação da estrutura do solo e perdas de solo, água e nutrientes. Mas também ocorre redução da fertilidade química, física e biológica, levando a sérios danos ao setor agropecuário (VOLK et al., 2004; AMARAL et al., 2008). O balanço hídrico é totalmente modificado em relação ao ambiente de floresta. As chuvas, incidindo diretamente, provocam intensa erosão e têm menor infiltração.

Leite et al. (2009), constataram perdas relativamente altas de solo no início do crescimento da cultura do algodão. Este período é considerado crítico devido a menor cobertura do solo, em sistema de plantio convencional, portanto o solo está mais suscetível a maior ocorrência de erosão. Entretanto, nos preparos

com menor revolvimento do solo, plantio direto, apresentaram menores perdas de solo, nutrientes e carbono orgânico. Bertol et al. (2001), constataram que em solos cultivados em preparo convencional, surgem camadas compactadas, reduz o volume de macroporos e aumento de microporos. Logo, diminui o volume de poros ocupado pelo ar, e aumenta a retenção de água no solo. Portanto, reduz a taxa de infiltração de água no solo, conseqüentemente, aumento nas taxas de escoamento superficial e de erosão.

A exposição do solo propicia a incidência direta dos raios solares sobre a superfície, levando à temperaturas que podem superar 50°C nas condições do norte do Paraná (COSTA et al., 2007; RICCE et al., 2007; BORROZZINO et al., 2013).

Os extremos térmicos na superfície e no interior do solo são muito mais pronunciados, podendo atingir valores danosos para as atividades microbianas do solo, bem como acelerar o processo de decomposição da matéria orgânica. (HILLEL, 1998).

2.2.2.2 Sistema de plantio direto

O plantio direto é uma técnica de cultivo conservacionista na qual se mantém o solo coberto por resíduos vegetais, para protegê-lo do aquecimento excessivo, impacto das gotas de chuva, do escorrimento, bem como das erosões hídricas e eólica. A infiltração da água é mais lenta em comparação com o sistema convencional, reduzindo as perdas por erosão.

A técnica possibilita a semeadura sem revolvimento do solo, sendo uma alternativa de produção agrícola sustentável, devido à conservação da biodiversidade do solo. A prática pode contribuir na produtividade das culturas, assim como na redução do aquecimento global, mediante o sequestro de carbono (GAJRI et al., 2002).

Alves Sobrinho et al. (2003) observaram que no sistema plantio direto a taxa de infiltração estável de água no solo foi maior do que no plantio convencional. Comparando diferentes alternativas de sucessões de culturas, concluíram que a sucessão soja-aveia teve a maior taxa de infiltração final.

Leite et al. (2004) avaliaram perdas de água e solo em diferentes sistemas de manejo e concluíram que a semeadura direta foi mais eficaz do que os

demais sistemas no retardamento dos tempos necessários para a enxurrada se iniciar e atingir a taxa máxima de escoamento. Esta prática conservacionista foi benéfica na redução de perda de água e de solo devido os resíduos culturais e pelas copas do dossel. O aumento da cobertura do solo pelos resíduos culturais ocasionou diminuição exponencial da concentração de sedimentos na enxurrada e da taxa de perda de solo durante o período de enxurrada constante.

REFERÊNCIAS

- ALVES SOBRINHO, T.; VITORINO, A. C. T.; SOUZA, A. C. F. de; GONÇALVES, M. C.; CARVALHO, D.F. de. Infiltração de água no solo em sistema de plantio direto e convencional. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.7, n.2, p.191-196, 2003.
- AMARAL, A. J. do; BERTOL, I.; COGO, N. P.; BARBOSA, F. T. Redução da erosão hídrica em três sistemas de manejo do solo em um Cambissolo Húmico da região do Planalto Sul-Catarinense. **Revista Brasileira Ciência Solo** [online]. 2008, vol.32, n.5, pp. 2145-2155.
- ANDRADE, G. A.; RICCE, W. S.; CARAMORI, P. H.; ZARO, G. C.; MEDINA, C.C. Zoneamento agroclimático de café robusta no Estado do Paraná e impactos das mudanças climáticas. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 4, p. 1381-1390, 2012.
- ARCOVA, F. C. S.; CICCIO, V. de; ROCHA, P. A. B. Precipitação efetiva e interceptação das chuvas por floresta de Mata Atlântica em uma microbacia experimental em Cunha. **Revista Árvore**, São Paulo, v.27, n.2, p.257-262, 2003.
- ASSAD, E. D.; PINTO, H. S.; ZULLO JÚNIOR, J.; ÁVILA, A. M. H. Impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.1057-1064, 2004.
- ASSIS, R. L.; LANÇAS, K. P. Avaliação da compressibilidade de um Nitossolo Vermelho distroférico sob sistema plantio direto, preparo convencional e mata nativa. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.29, n.4, p. 507-514, 2005.
- BERLATO, M. A.; FARENZENA, H.; FONTANA, D. C. Associação entre El Niño Oscilação Sul e a produtividade do milho no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, p. 423-432, 2005.
- BERTOL, I.; BEUTLER, J.F.; LEITE, D.; BATISTELA, O. Propriedades físicas de um cambissolo húmico afetadas pelo tipo de manejo do solo. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.58, n.3, p.555-560, 2001.
- BORROZZINO, E.; SANQUETTA, C. R.; CARAMORI, P. H.; CORTE, A. P. D.; MAAS, G. C. B. Mudanças no uso do solo e impactos sobre a temperatura do ar e do

solo no estado do Paraná, Brasil. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.9, N.16; p. 1544, 2013.

BLANKEN, P.D.; BLACK, T.A.; YANG, P.C.; NEUMANN, H.H.; NESIC, Z.; STAEBLER, R.; DEN HARTOG, G.; NOVAK, M.D.; LEE, X. Energy balance and canopy conductance of a boreal aspen forest: partitioning overstory and understory components. **Journal of Geophysical Research**, v.02, n.24, p.28915-28927, 1997.

BRASIL. **Ministério da Ciência e Tecnologia**. Comunicação Nacional Inicial do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. Coordenação-Geral de Mudanças Globais de Clima –. Ministério da Ciência e Tecnologia, Brasília, 274p, 2004.

CAMPOS, C. G. C.; BRAGA, H. J.; ALVES, R. Mudanças climáticas atuais e seus impactos no Estado de Santa Catarina. **Agropecuária Catarinense**. Florianópolis, v.19, n.3, p. 31-35, 2006.

CARNEIRO, R. G.; MOURA, M. A. L.; ANDRADE, A. M. D. de Variação da temperatura do solo em um fragmento de mata atlântica em Coruripe-AL – um estudo de caso. **Caminhos de Geografia**, v.14, n.46, Uberlândia, p.139-149, 2013.

CARVALHO, J.L.N.; AVANZI, J.C.; SILVA, M.L.N.; MELLO, C.R.; CERRI, C.E.P. Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, n.34, 277-289, 2010.

CERRI, C.C.; BERNOUX, M.; CARVALHO, M.C.S.; VOLKOFF, B. Emissões e Remoções de Dióxido de Carbono pelos Solos e por Mudanças de Uso da Terra e Calagem. **Relatório de Referência**, Ministério da Ciência e Tecnologia. Brasília, 2002, 41p.

COMIRAN, F.; DALMAGO, G. A.; BIANCHI, C. A. M.; BERGONCI, J. I.; HECKLER, B. M. M. **Temperatura e o solo em culturas de milho sob semeadura direta e convencional**. In: Salão de Iniciação Científica (15.: 2003 : Porto Alegre, RS). Livro de resumos. Porto Alegre: UFRGS, 2003. P. 156-157, resumo 011.

COMIRAN, F.; MARTORANO, L. G.; DALMAGO, G. A.; HECKLER, B. M. M.; GIROTTO JÚNIOR, A. C. **Temperatura e fluxo de calor no solo cultivado com soja em semeadura direta e convencional** In: Salão de Iniciação Científica (16.: 2004 : Porto Alegre, RS). Livro de resumos. Porto Alegre: UFRGS, 2004. P.174, resumo 094.

COMIRAN, F., BERGAMASCHI, H., HECKLER, B. M. M.; DALMAGO, G. A.; BERGONCI, J. I.; MARTORANO, L. G.; KUNZ, J.; DALSIN, F. Trocas de energia na superfície do solo em plantio direto e preparo convencional: II Balanço de energia.. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 15.: 2007, Aracaju, SE. **Anais...** Aracaju: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2007.1 CD-ROM.

COSTA, A.B.F.; RICCE, W.S.; CARAMORI, P.H.; BORROZZINO, E. Variação da temperatura máxima do solo em função da cobertura em Londrina-PR. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 15.: 2007, Aracaju, SE. **Anais...** Aracaju: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2007.1 CD-ROM.

DALMAGO, G.A.; BERGAMASCHI, H.; BIANCHI, C. A. M.; BERGONCI, J. I.; COMIRAN, F. Diferenças na disponibilidade de água no solo entre os sistemas de semeadura direta e convencional de milho. In: XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA. **Anais...** Santa Maria, SBA/UFMS/UNIFRA. v.1, p.293-294, 2003.

DALMAGO, G. A. **Dinâmica da água no solo em cultivos de milho sob plantio direto e preparo convencional**. 2004. (Tese de doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004. 244p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA/ Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção da Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.

FARIA, J.A. **Levantamento de dados para avaliação das emissões de gases de efeito estufa devido às mudanças nos estoques de florestas**. Belo Horizonte: ABRACAVE. 1997.

GAJRI, P. R.; ARORA, V. K.; PRIHAR, S. S. **Tillage for sustainable cropping**. New York: The Haworth Press, 2002. 195 p.

GONÇALVES, R.R.V; ASSAD, E.D. Análise de tendências de temperatura mínima do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 16, 2009, Belo Horizonte, M.G. **Anais...** Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2009.1 CD-ROM.

HENNESSY, K.; COLMA, R. Global climate change projections. cap. 4, p.36-48. In: HOLPER, P. (coord.) **Climate Change in Australia – Technical Report 2007**. Ed. CSIRO, 2007. Disponível em: <http://www.climatechangeinaustralia.gov.au/documents/resources/TR_Web_FrontmatterExecSumm.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2014.

HILLEL, D. **Environmental Soil Physics**. New York: Academic Press, 1998. 770p.

HOUGHTON, R.A.; SKOLE, D.L.; NOBRE, C.A.; HACKLER, J.L.; LAWRENCE, K.T.; CHOMENTOWSKI, W.H. Annual fluxes of carbon from deforestation and regrowth in the Brazilian Amazon. **Nature**, n.403, p.301-304, 2000.

IAPAR – Instituto Agrônomo do Paraná. **Médias Históricas das Estações do IAPAR**. Disponível em: <http://www.iapar.br/arquivos/Image/monitoramento/Medias_Historicas/Londrina.htm>. Acesso em 25 fev. 2012.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2001: The Scientific Basis**. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Houghton, J.T., et al. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 881p.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2007, the Fourth Assessment Report**. 2007. Disponível em:

<http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_synthesis_report.htm>. Acesso em: 09 dez. 2013.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **Greenhouse Gas Concentrations Continue Climbing**. 2011. Disponível em: <http://www.wmo.int/pages/mediacentre/press_releases/pr_965_en.html>. Acesso em: 15 jan. 2014.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2013, the Physical Science Basis**. 2013. Disponível em: <http://www.climatechange2013.org/images/uploads/WGI_AR5_SPM_brochure.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2014.

JANSEN, R. Artigo Jornal **o Globo** - Planeta Terra. Edição Ana Lúcia Azevedo, 2009. Citado por <http://www.avm.edu.br/docpdf/monografias_publicadas/c205871.pdf>

LEITE, M. H. S.; COUTO, E. G.; AMORIM, R. S. S.; COSTA, E. L. da; MARASCHIN, L. Perdas de solo e nutrientes num latossolo vermelho-amarelo ácrico típico, com diferentes sistemas de preparo e sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** [online]. v.33, n.3, 2009.

LEITE, D.; BERTOL, I.; GUADAGNIN, J. C.; SANTOS, E. J.; RITTER, S.R. Erosão hídrica em um Nitossolo Háplico submetido a diferentes sistemas de manejo sob chuva simulada. I - Perdas de solo e água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa**, v.28, n.5, p.1033-1044, 2004.

LOMBORG, B. Muita Calma nessa hora! **O Guia de um Ambientalista Cético sobre o Aquecimento Global**. Ed. Campus/Elsevier, 2008. 240p.

MORAIS, H.; MARUR, C.J.; CARAMORI, P.H.; RIBEIRO, A.M.de A.; GOMES, J.C. Características fisiológicas e de crescimento de cafeeiro sombreado com guandu e cultivado a pleno sol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, p.1131-1137, Brasília, 2003.

MOTA, F.S. **Meteorologia agrícola**. São Paulo: Nobel, 1977. 376p.

NASA – National Aeronautics and Space Administration, USA. Disponível em: <<http://climate.nasa.gov/evidence>>. Acesso em: 30 jan. 2014.

OLIVEIRA JÚNIOR, J.C.; DIAS, H. C. T. Precipitação efetiva em fragmento secundário da mata atlântica. **Revista Árvore**, v.29, n.1, p.9-15. 2005.

OMETTO, J.C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo, Editora Agronômica Ceres, 1981. 425p.

PAUL, K. I.; POLGLASE, P. J.; SMETHURST, P.J.; O'CONNELL, A.M.; CARLYLE, C.J.; KHANNA, P. K. Soil temperature under forest: a simple model for predicting soil temperature under a range of forest types. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 121 p.167-182, 2003.

RICCE, W. da S., CARAMORI, P. H., MORAIS, H., SILVA, D. A. B., ATAÍDE, L. T. Análise de tendências de mudanças na temperatura e precipitação em Londrina, Estado do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 16, 2009, Belo Horizonte, MG. **Anais...** Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2009.

SCHAFFRATH, V.R.; TORMENA, C.A.; FIDALSKI, J.; GONÇALVES, A.C.A. Variabilidade e correlação espacial de propriedades físicas de solo sob plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v.32, n.4, p.1369-1377, 2008.

SOUZA, W. M.; AZEVEDO, P. V. Avaliação de tendências das temperaturas em Recife-PE: mudanças climáticas ou variabilidade? **Engenharia Ambiental**, v.6, n.3, p. 462-472, 2009.

VOLK, L. B. S.; COGO, N. P.; STRECK, E. V. Erosão hídrica influenciada por condições físicas de superfície e subsuperfície do solo resultantes do seu manejo, a ausência de cobertura vegetal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.4, p. 585-596, 2004.

ZHAI, P.; SUN, A.; REN, F.; LIU, X.; GAO, B. ZHANG, Q. Changes of climate extremes in China. **Climatic Change**, v. 42, n. 1, p. 203 - 218, 1999.

ZHAI, P.; ZHANG, X.; WAN, H.; PAN, X. Trends in total precipitation and frequency of daily precipitation extremes over China. **Journal of Climate**, v.18, n.7, p. 1096-1108, 2005.

3 ARTIGO A: PROPRIEDADES FÍSICO-HÍDRICAS DE UM LATOSSOLO INFLUENCIADAS PELA MUDANÇA DO SEU USO

3.1 RESUMO

As mudanças no uso do solo provocam alterações importantes nas propriedades físico-hídricas e químicas dos solos. No estado do Paraná, o processo de desmatamento intensivo para exploração agrícola, teve reflexos no teor de matéria orgânica e fertilidade dos solos. O objetivo do trabalho foi caracterizar as propriedades físico-hídricas de um Latossolo Vermelho Distroférico no município de Londrina, PR, em dois sistemas de cultivo, comparados com ambiente natural sob mata nativa. Foram realizados estudos em três condições de uso do solo em Londrina, PR: sistema de plantio direto, cultivo agrícola convencional e mata nativa, na estação experimental do IAPAR em Londrina, latitude (23°23'S, longitude 50°11'W e altitude 610 m). Houve diferença nas propriedades químicas dos solos em função do manejo e do teor de matéria orgânica no perfil. As análises físico-hídricas dos solos mostraram que o seu uso agrícola provocou mudanças em relação ao perfil original dentro da mata. O solo sob a mata apresentou elevado teor de matéria orgânica nas camadas superficiais, elevado percentual de macroporos e menor densidade do solo, o que fez com que houvesse menor retenção de água em relação aos demais. No plantio direto, verificou-se maior retenção sob os valores mais elevados de potencial, resultante do manejo da superfície. Os testes de infiltração com uma precipitação de 70 mm.h⁻¹ mostraram que somente no sistema de cultivo convencional houve escoamento superficial, indicando que o plantio direto é excelente prática de controle da erosão e aumento da capacidade de infiltração do solo. O solo sob floresta é importante no processo de captação e recarga do lençol freático, porém não retém mais água do que os demais nas camadas superficiais.

Palavras-chave: Matéria orgânica. Porosidade. Curva de retenção. Água disponível. Nutrientes.

3.2 ABSTRACT

Changes in land use cause significant changes in physical and chemical properties of soils. The state of Paraná went through a process of intensive deforestation for farming that caused negative impacts in the content of organic matter and soil fertility. The aim of this work was to characterize hydro-physical properties of a Dystrophic Red Latosol in the municipality of Londrina, Parana state, Brazil, in two cropping systems, compared to a natural environment of native forest. The studies on soil chemistry and hydro-physical were conducted in three environments: no-tillage, conventional agricultural cropping, and a native forest fragment, at the experimental station of IAPAR in Londrina (latitude 23°23 'S, longitude 50°11'W and altitude 610 m.). There were differences in the chemical properties of soils and content of organic matter in the profile due to management. The hydro-physical soil analyzes showed that their agricultural use caused changes compared to the original profile in the

forest. The soil under the forest showed high levels of organic matter in the surface layers, a high percentage of macropores and lower overall density, which meant that there was less water retention in relation to others. At the till there was greater retention in the higher potential values, because of the surface management. The infiltration tests with a rainfall of 70 mm per hour showed that runoff only occurred in conventional farming, indicating that tillage is an excellent practice to control erosion and increase the infiltration capacity of the soil. The forest soil is important in the process of uptake and recharge groundwater, but does not retain more water than the others in the superficial layers.

Key words: Organic matter. Porosity. Retention curve. Available water. Nutrients.

3.3 INTRODUÇÃO

O estado do Paraná passou por um período de grandes mudanças na cobertura do solo a partir do início do século XX, com substituição de florestas nativas por agricultura (GULBERT FILHO, 2008). Com a retirada da cobertura vegetal e a adoção de práticas inadequadas de manejo e conservação dos solos, acentuou-se o processo de erosão e degradação dos solos agrícolas, com assoreamento de nascentes e riachos e poluição de cursos d'água. A mudança na cobertura também provocou mudanças no balanço hídrico, reduzindo as taxas de infiltração da água e aumentando o escoamento superficial, além do aumentar da componente de evaporação e da diminuição da transpiração.

A mudança na cobertura do solo e nas formas de manejo podem afetar de maneira significativa as suas propriedades físicas e hídricas (DALMAGO et al., 2009; BEUTLER et al., 2002; TORMENA et al., 1998; ARAUJO-JUNIOR, 2013). De uma maneira geral, espera-se que no cultivo convencional a densidade do solo aumente em decorrência da redução da matéria orgânica e a macroporosidade diminua, em comparação com solos de mata e plantio direto (DALMAGO et al., 2009).

A água disponível para as culturas agrícolas determina, em grande parte, o nível de risco climático. Solos com elevados teores de matéria orgânica propiciam melhores condições de enraizamento e exploração do perfil, resultando em maiores rendimentos em condições de sequeiro. A água armazenada no solo tende a ser maior nos maiores potenciais (mais positivos) sob plantio direto em solos de mata, e menor nos menores potenciais (DALMAGO et al., 2009).

O objetivo deste trabalho foi caracterizar as propriedades físico-hídricas de um Latossolo Vermelho Distroférico no município de Londrina, PR, em dois sistemas de cultivo, comparados com ambiente natural sob mata nativa.

3.4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido na Fazenda Experimental do Instituto Agrônomo do Paraná - IAPAR, no município de Londrina, PR, cujas coordenadas geográficas são: altitude 610 m, latitude 23°23'S e longitude 50°11'W. O clima da região é do tipo Cfa, descrito como subtropical úmido com verão quente, segundo a classificação de Köppen. A temperatura média anual é de 21,1°C, a média do mês mais quente é 23,9°C (janeiro) e a média do mês mais frio é 16,9°C (julho). A precipitação média anual é de 1.610 mm, sendo dezembro, janeiro e fevereiro os meses mais chuvosos, e junho, julho e agosto, os mais secos (IAPAR, 2012). O solo é do tipo Latossolo Vermelho Distroférico (SANTOS et al., 2013).

3.4.1 Caracterizações dos Solos

3.4.1.1 Análises químicas do solo

As amostras deformadas foram coletadas com trado holandês nos três usos do solo: plantio direto (PD), plantio convencional (PC) e na mata nativa (MN), nas camadas de 0,0-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m. Com essas amostras foram determinados teor de carbono, macro nutrientes e pH. As coletas foram feitas com três repetições por profundidade, conforme ilustrado na (Figura 3.1).

Figura 3.1 – Coleta das amostras de solo deformadas no plantio direto (A), sistema de cultivo convencional (B), mata nativa (C) e amostras embaladas e identificadas (D).



As amostras foram encaminhadas ao laboratório de solos do IAPAR e submetidas às determinações analíticas pelos métodos descritos no Manual de Análises de Solo e Controle de Qualidade (PAVAN et al., 1992).

3.4.1.2 Análises físico-hídricas

A densidade de partículas foi obtida pelo Método do Balão Volumétrico conforme metodologia da EMBRAPA (1997). Retirou-se 20 gramas de solo seco e moído, que foram acondicionadas em um balão volumétrico de 50 mL. Foram adicionados 20 mL de álcool etílico (99,7%) e colocados em um agitador horizontal por 30 minutos para retirar o ar. Em seguida, permaneceu em repouso por 2 horas e completou-se o volume do balão com álcool. Obteve-se assim os dados de densidade da partícula através da seguinte expressão:

$$D_p = \frac{ms}{50 - va} \quad (1)$$

em que:

D_p = densidade da partícula (g.cm^{-3})

ms = massa seca (g)

va = volume do álcool gasto (cm^{-3})

Para obtenção dos valores de granulometria utilizou-se o Método da Pipeta (EMBRAPA, 1997). Esse método consistiu em pesar 10 gramas de solo seco, passado na peneira de malha 2 mm, adicionando-se 5 mL de NOH (hidróxido de sódio) a 1N. Em seguida acrescentou-se 100 mL de água e 15 gramas de areia (diâmetro entre 0,5 e 1 mm) e agitou-se a amostra por 2 horas a 200 rpm. Esse volume agitado foi transferido para uma proveta de 500 mL, passado em uma peneira de 0,5 mm para reter a areia adicionada e o volume foi completado para 500 mL.

Para determinação de cada substrato, os seguintes procedimentos foram executados: Silte + Argila: Com o homogeneizador manual agitou-se a amostra por 30 segundos e após 4 minutos transferiu-se 10 mL com ajuda de um pipetador, a uma profundidade de 0,10 m. Em seguida, transferiu-se para um becker de 25 mL previamente tarado. A amostra foi seca em estufa a 105°C. Argila: Após 4 horas de repouso, retirou-se 10 mL a uma profundidade de 0,05 m e transferiu-se para um becker de 25 mL previamente tarado. Em seguida a amostra foi seca em uma estufa a 105°C e foram resfriadas em dessecador e pesadas. Os cálculos de argila, silte e areia foram obtidos pela diferença entre eles.

Nos três sistemas estudados (cultivo convencional, plantio direto e mata nativa) foram abertas trincheiras e coletadas amostras indeformadas nas camadas de 0-0,10, 0,10-0,20, 0,20-0,30 e 0,30-0,40 m. Realizaram-se quatro repetições, utilizando cilindros de Köpecky com bordas cortantes e volume interno de 50 cm³ (Figura 3.2).

Figura 3.2 – Coleta das amostras indeformadas com cilindros de Köpecky em quatro camadas 0-0,10, 0,10-0,20, 0,20-0,30 e 0,30-0,40 m em sistema de cultivo convencional (A), plantio direto (B) e mata nativa (C).



3.4.1.3 Curva de retenção de água pelo solo

As amostras foram encaminhadas para o laboratório e pesadas em balança de precisão para determinação da massa do solo úmido. Posteriormente, foram colocadas em uma bandeja porosa contendo água até 2/3 da altura do cilindro e mantidas por 24 horas para saturar.

Em seguida, as amostras foram pesadas e colocadas em uma mesa de potencial matricial de 0,32 x 0,54 x 0,10 m com areia, protegida com uma tela e com papel vegetal durante 48 horas.

A altura da coluna de água foi ajustada para obter potencial matricial de -6 kPa. O potencial matricial drena a água retida nos poros do solo através de sucção provocada pelo vácuo formado na mesa de potencial matricial (EMBRAPA, 1997).

As amostras foram retiradas da mesa de potencial e pesadas. Em seguida, retornaram para a mesa e foram ajustadas para obter uma potencial matricial de -10 kPa até o peso constante.

A seguir, as amostras foram pesadas e colocadas sobre placas de cerâmica dentro da câmara de pressão de Richards, nos potenciais de 33; 100; 300; 500 e 1500 kPa para drenagem e obtenção da curva de retenção de umidade do solo.

Ao final, as amostras foram colocadas em uma estufa à temperatura de 65°C até peso constante. Em seguida, foram pesadas para obtenção do peso seco bruto e da umidade volumétrica do solo (θ) por meio da expressão:

$$\theta = \frac{m_u - m_s}{m_s} \cdot d_s \cdot 100 \quad (2)$$

em que:

θ = umidade do solo (%)

m_u = massa de solo úmido (g)

m_s = massa de solo seco (g)

d_s = densidade do solo ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)

As curvas foram ajustadas segundo o modelo de Mualen Genuchten (van Genuchten, 1980), conforme equação 2, considerando-se a restrição de $(m = 1 - 1/n)$, por meio do software Soil Water Retention Curve – SWRC (DOURADO-NETO et al., 2001).

$$\theta = \theta_s + \frac{\theta_s - \theta_r}{[1 + (\alpha \Psi_m)^n]^m} \quad (3)$$

em que:

θ = umidade volumétrica ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$);

θ_s = conteúdo de água na saturação;

θ_r = conteúdo de água residual ou no ponto de murcha permanente;

Ψ_m = potencial matricial da água no solo (kPa);

α , n e m são parâmetros de ajuste da equação com suas limitações, sendo $\alpha > 1$, $n > 1$ e $0 < m < 1$

Em seguida, foram determinados os parâmetros densidade do solo, porosidade total, macroporosidade e microporosidade. Os métodos utilizados foram de acordo com os critérios estabelecidos pela EMBRAPA (1997).

As amostras foram secas até peso constante, retiradas dos cilindros e estes foram lavados e pesados para obter a tara (peso do cilindro). As amostras foram acondicionadas em caixas pequenas e moídas. Obteve-se assim os dados de densidade do solo através da seguinte expressão:

$$D_s = \frac{M_s}{V_s} \quad (4)$$

em que:

D_s = densidade do solo (g.cm^{-3})

M_s = massa do solo seca (g)

V_s = volume do solo (cm^3)

Para o cálculo da porosidade total, macroporosidade e microporosidade do solo foram adotados os procedimentos de Camargo et al. (1986). A porosidade total do solo foi calculada pela seguinte fórmula:

$$\alpha = \frac{1-D_s}{D_p} \times 100 \quad (5)$$

em que:

α = porosidade total (%)

D_p = densidade da partícula (g.cm^{-3})

D_s = densidade do solo (g.cm^{-3})

A microporosidade do solo foi determinada pelo método da mesa de potencial matricial conforme a descrição de Camargo (1986) com a seguinte expressão:

$$m_i = \frac{p_a - p_s}{v_c} \times 100 \quad (6)$$

em que:

m_i = microporosidade do solo (%)

p_a = peso da amostra após ter submetida a uma potencial matricial de 0,06 atm (g)

p_s = peso seco da amostra (g)

v_c = volume do cilindro ($\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$)

O volume de microporos corresponde a umidade volumétrica no potencial matricial -6 kPa.

A macroporosidade foi calculada pela seguinte expressão:

$$m_a = \alpha - m_i \quad (7)$$

em que:

m_a = macroporosidade (%)

α = porosidade total

m_i = microporosidade (%)

3.4.1.4 Infiltração de água no solo

A infiltração e perda de água e solo foi avaliada em Março de 2011, nos três sistemas de cobertura, por meio de um simulador de chuva portátil (Roth et al., 1985), instalado a 3,0 m de altura (Figura 3.3). O simulador foi calibrado para uma chuva de 60 minutos com intensidade de 70 mm.h^{-1} , de acordo com a Equação 8 e o índice de infiltração calculado pela diferença entre a intensidade da precipitação e o escoamento superficial (Equação 9).

Figura 3.3 – Simulador de chuva portátil instalado no plantio direto (A), sistema de cultivo convencional (B), mata nativa (C) e chapa de aço galvanizado (D)



Para realizar o procedimento foi introduzida no solo uma chapa de aço galvanizado a 0,25 m de profundidade, com bordadura de 0,12 m. A chapa continha uma calha e um bico para coletar o escoamento superficial, colhido de 2 em 2 minutos utilizando uma proveta (Figura 3.3D). Foram realizadas três repetições em cada sistema, em parcelas de 0,50 x 0,50 x 0,15 m próximas entre si.

Equação 8

Cálculo da chuva:

Intensidade = proveta x tempo (segundos) / área do simulador

Intensidade = $540 \times 60 / 462 = 70.7792 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$

Equação 9

Infiltração = mL / 1000 x tempo (segundos) / área - intensidade

Infiltração = $56 / 1000 \times 60 / 0,25 - 70 \text{ mm}$

No momento da operação do simulador, a pressão da água era constantemente conferida variando entre 5 – 7 kPa e medida a intensidade de precipitação real aplicada pelo simulador. Com os dados de pressão, intensidade da precipitação e altura dos tubos capilares, foi calculada a energia cinética da chuva simulada, por meio do programa computacional Enerchuva (ALVES SOBRINHO et al., 2001).

No sistema de cultivo convencional, procedeu-se a coleta de amostras de água por escoamento superficial nas três repetições. As mesmas foram encaminhadas ao laboratório para análise de perda de solo, de água e de nutrientes. Na mata nativa e plantio direto não foi possível realizar a coleta, pois ocorreu infiltração total.

As amostras foram encaminhadas ao laboratório de solos do IAPAR e submetidas às determinações analíticas pelos métodos descritos no Manual de Análises de Solo e Controle de Qualidade (PAVAN et al., 1992).

3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.5.1 Análises Químicas do Solo

A Tabela 3.1 apresenta os resultados das análises químicas do solo nos três ambientes no início da coleta dos dados, em março de 2011.

Tabela 3.1 – Propriedades químicas de um Latossolo Vermelho Distroférico em três profundidades no sistema de cultivo convencional (PC), plantio direto (PD) e mata nativa (MN), em março de 2011.

MATA NATIVA												
profund.	P	C	pH	Al	H+Al	Ca	Mg	K	SB	T	V	SAI
	mg / dm ³	g / dm ³		cmol _c / dm ³ de solo								
0,0 - 0,10	3,30	27,62	4,43	0,51	9,25	4,44	1,35	0,55	6,35	15,60	40,63	7,69
0,10 - 0,20	1,63	19,23	4,13	1,10	10,45	2,05	0,83	0,34	3,22	13,67	23,53	25,66
0,20 - 0,40	0,93	14,15	4,13	1,26	9,97	1,52	0,67	0,17	2,36	12,33	19,21	35,46
PLANTIO CONVENCIONAL												
0,0 - 0,10	13,83	15,54	5,13	0,08	5,96	3,94	2,09	0,65	6,68	12,64	52,94	1,29
0,10 - 0,20	11,90	15,28	5,03	0,15	6,73	3,66	1,95	0,57	6,18	12,91	47,78	2,76
0,20 - 0,40	10,07	14,72	4,90	0,15	6,63	3,82	2,13	0,57	6,52	13,15	49,50	2,85
PLANTIO DIRETO												
0,0 - 0,10	12,9	14,53	4,47	0,46	7,58	2,57	1,73	0,39	4,70	12,28	38,05	9,62
0,10 - 0,20	4,73	12,95	4,30	0,90	8,57	2,06	1,42	0,21	3,69	12,25	29,92	20,32
0,20 - 0,40	1,87	10,01	4,33	0,73	7,77	1,91	1,27	0,11	3,29	11,05	29,43	18,87

SB = Soma de Bases, T = Capacidade de Troca de Cátions, V = Saturação por Bases, SAI= Saturação por alumínio.

As áreas agrícolas tiveram histórico de correção de acidez e aplicações de fertilizantes químicos, o que explica as diferenças nos conteúdos desses elementos. Observa-se que o carbono nas camadas 0,0–0,10 m e 0,10–0,20 m é superior no ambiente de mata, também é possível observar o acúmulo de nutrientes na camada superficial com a ciclagem dos elementos promovidos pela mata. O aumento do carbono na camada superficial traz vantagens para a fertilidade com o aumento da Capacidade de Troca de Cátions. O sistema de cultivo convencional apresentou maiores valores de P, soma e saturação de bases e menores de Al, H+Al e saturação por alumínio que os outros locais. Maiores valores de Al, saturação por alumínio e menores valores de V% podem indicar a necessidade de calagem no plantio direto.

Deve-se ressaltar que o método de amostragem pode não representar totalmente o ambiente do perfil do solo sob floresta, devido à grande quantidade de raízes, podendo não ter sido adequadamente amostradas.

3.5.2 Propriedades Físicas do Solo

A Tabela 3.2 mostra os valores de densidade do solo e porosidade nos três ambientes e nas quatro camadas analisadas. Verifica-se menores valores de densidade do solo sob mata em todas as camadas, os quais refletiram no maior

volume de macroporos e na porosidade total. Isto se deve à espessa camada de serrapilheira que vem sendo depositada ao longo dos anos, tornando as camadas superficiais do ambiente de solos de mata altamente orgânicas e porosas.

Tabela 3.2 – Porosidade (total, macro e micro) e densidade do solo (Ds), nas quatro profundidades do solo sob o sistema de cultivo convencional (PC), plantio direto (PD) e mata nativa (MN).

	Profundidade 0,0-0,10 m				Profundidade 0,10-0,20 m				Profundidade 0,20-0,30 m				Profundidade 0,30-0,40 m			
	Porosidade do solo (cm ³ cm ⁻³)				Porosidade do solo (cm ³ cm ⁻³)				Porosidade do solo (cm ³ cm ⁻³)				Porosidade do solo (cm ³ cm ⁻³)			
	Ds (gcm ⁻³)	Total	Micro	Macro	Ds (gcm ⁻³)	Total	Micro	Macro	Ds (gcm ⁻³)	Total	Micro	Macro	Ds (gcm ⁻³)	Total	Micro	Macro
PC	1.13	61.42	0.43	60.99	1.27	56.22	0.47	55.74	1.28	54.74	0.46	54.28	1.30	55.10	0.44	54.66
PD	1.01	65.47	0.39	65.08	1.28	56.02	0.46	55.55	1.29	54.33	0.46	53.87	1.22	57.86	0.45	57.41
MN	0.71	74.87	0.31	74.55	0.95	66.90	0.36	66.53	0.99	65.80	0.38	65.42	0.91	69.53	0.36	69.18

A composição granulométrica dos solos nos três ambientes mostra que são solos argilosos, com teores de argila superiores a 70% em todo o perfil (Tabela 3.3).

Tabela 3.3 – Composição granulométrica nas quatro profundidades do solo sob o sistema de cultivo convencional (PC), plantio direto (PD) e mata nativa (MN).

	Composição Granulométrica											
	Profund. 0,0-0,10 m			Profund. 0,10-0,20 m			Profund. 0,10-0,20 m			Profund. 0,30-0,40 m		
	ARGILA (%)	SILTE (%)	AREIA (%)	ARGILA (%)	SILTE (%)	AREIA (%)	ARGILA (%)	SILTE (%)	AREIA (%)	ARGILA (%)	SILTE (%)	AREIA (%)
PC	78	17	5	76	17	7	77	16	7	79	14	7
PD	79	15	6	82	11	7	81	12	7	81	12	7
MN	76	14	10	76	14	10	77	13	10	79	13	8

3.5.3 Curvas de Retenção de Água no Solo

A Tabela 3.4 mostra os parâmetros de ajuste dos dados de potencial matricial e umidade volumétrica do solo à equação de van Genuchten. Observa-se que os valores de F foram altamente significativos e os valores de R² elevados, indicando que os dados se ajustaram ao modelo.

Tabela 3.4 – Parâmetros da curva de retenção de água no solo obtidos da equação de van Genuchten para o Latossolo sob mata nativa, plantio convencional e plantio direto em quatro profundidades.

Parâmetros	Mata Nativa (MN)				Plantio convencional (PC)				Plantio direto (PD)			
	Profundidade (m)				Profundidade (m)				Profundidade (m)			
	0,0-0,10	0,10-0,20	0,20-0,30	0,30-0,40	0,0-0,10	0,10-0,20	0,20-0,30	0,30-0,40	0,0-0,10	0,10-0,20	0,20-0,30	0,30-0,40
Θ_{sat} (cm ³ cm ⁻³)	0.67	0.63	0.59	0.65	0.56	0.55	0.53	0.54	0.62	0.52	0.52	0.54
Θ_{res} (cm ³ cm ⁻³)	0.19	0.26	0.28	0.25	0.28	0.36	0.35	0.35	0.26	0.33	0.34	0.34
α (Kpa ⁻¹)	9.89	3.32	1.73	3.07	1.19	0.41	0.45	0.48	3.52	0.30	0.38	0.63
n	1.33	1.41	1.47	1.43	1.31	1.46	1.40	1.62	1.32	1.36	1.34	1.39
m	0.25	0.29	0.32	0.30	0.24	0.31	0.29	0.38	0.24	0.26	0.25	0.28
R ²	0.98	0.99	0.98	0.99	0.92	0.87	0.88	0.94	0.97	0.97	0.97	0.97
Valor de F	1126.45	3858.83	1032.65	2795.00	214.03	156.03	169.42	355.80	686.85	559.36	642.81	840.61
Nível de sig (%)	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001

Θ_{sat} = conteúdo da água na saturação;

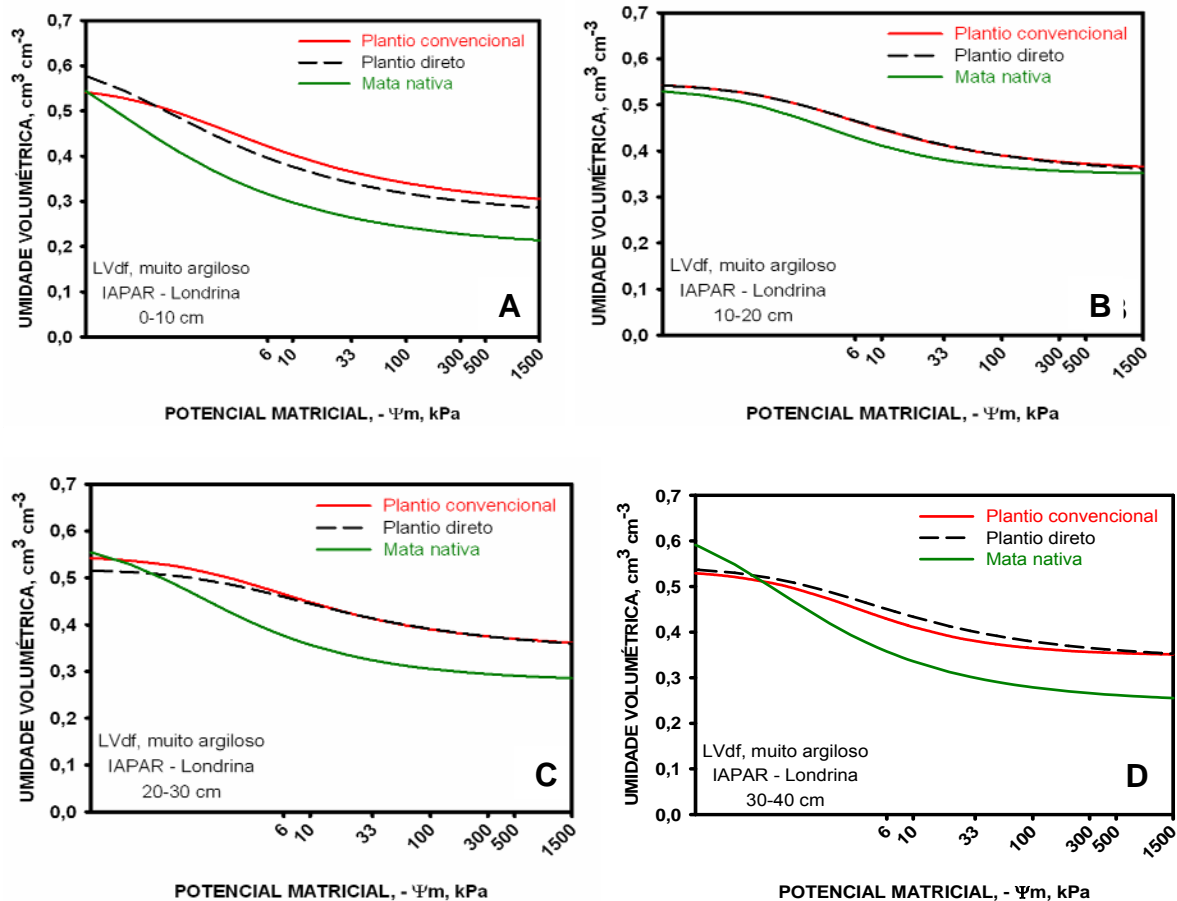
Θ_{res} = conteúdo de água residual ou ponto de murcha permanente;

α = α , n e m são parâmetros de ajuste da equação com suas limitações, sendo $\alpha > 1$, $n > 1$ e $0 < m < 1$ (Kutilek et al., 2007);

R² = coeficiente de determinação.

A Figura 3.4 mostra as curvas de retenção de água dos solos nos três ambientes e nas quatro profundidades avaliadas.

Figura 3.4 – Curvas de retenção de água para Latossolo Vermelho Distroférico sob sistema de cultivo convencional (PC), plantio direto (PD) e mata nativa (MN), nas camadas 0,0-0,10 m (A), 0,10-0,20 m (B), 0,20-0,30 m (C) e 0,30-0,40 m (D).



Na camada de 0,0-0,10 m, observa-se que o plantio direto apresentou maior retenção nos maiores valores de potencial, resultante do manejo da superfície. No solo sob mata, tanto nessa camada quanto em 0,10-0,20 m há menor retenção em todo o perfil do solo, devido ao elevado volume de macroporos e baixa densidade global, que não contribuem para armazenar água. Nas camadas 0,20-0,30 m houve o efeito da matéria orgânica no solo sob mata, tornando-se mais evidente de 0,30–0,40 m, onde houve maior retenção de água nos maiores potenciais do que nos demais ambientes. No entanto, o total de água retida sob mata foi menor em todas as profundidades, indicando que o papel da floresta é manutenção da qualidade do solo, propiciar a absorção, recarga dos lençóis freáticos e reciclagem da água através da transpiração. Não se deve descartar a

possibilidade de que nas maiores profundidades o solo sob mata possa armazenar mais água, no entanto essas medições não foram realizadas no presente trabalho.

3.5.4 Água Disponível e Armazenamento no Perfil do Solo

A Tabela 3.5 mostra os valores de umidade na capacidade de campo e o armazenamento acumulado no perfil até 0,40 m. Assumiu-se como correspondente à capacidade de campo o potencial matricial de -6 kPa e o ponto de murcha permanente o potencial de 1500 kPa. A diferença das umidades expressa a água disponível nos solos. Observa-se que a água disponível no solo variou entre 9 e 12% em todas as profundidades. Faria e Caramori (1986) determinaram valores de água disponível entre 9 e 10% neste mesmo solo submetido a preparo convencional. A água armazenada no perfil até 0,40 m foi maior no plantio direto, com 42 mm e menor sob mata, com 38 mm.

Andrade e Stone (2011) em para solos muito-argilosos, argilosos, médios e arenosos encontram valores de capacidade de campo correspondentes a potencial matricial entre -5,5 e -7,5 kPa. Mello et al. (2002) em um Latossolo Vermelho Distrófico obtiveram tensões correspondentes a -6 kPa, que foi estatisticamente semelhante ao ponto de inflexão da curva característica de retenção.

Tabela 3.5 – Umidade na capacidade de campo (CC), no ponto de murcha permanente (PMP) e água disponível (AD) sob a mata nativa, plantio convencional e plantio direto, nas quatro profundidades.

MATA NATIVA				
profundidade (m)	θ CC (m^3m^{-3})	θ PMP (m^3m^{-3})	AD (m^3m^{-3})	Armazenamento acumulado (mm)
0,00 - 0,10	0,32	0,21	0,10	10,00
0,10 - 0,20	0,37	0,27	0,09	19,00
0,20 - 0,30	0,38	0,29	0,09	28,00
0,30 - 0,40	0,36	0,26	0,10	38,00
PLANTIO CONVENCIONAL				
0,00 - 0,10	0,42	0,31	0,12	12,00
0,10 - 0,20	0,46	0,37	0,10	22,00
0,20 - 0,30	0,47	0,36	0,10	32,00
0,30 - 0,40	0,43	0,35	0,08	40,00
PLANTIO DIRETO				
0,00 - 0,10	0,40	0,29	0,11	11,00
0,10 - 0,20	0,46	0,35	0,11	22,00
0,20 - 0,30	0,46	0,36	0,10	32,00
0,30 - 0,40	0,45	0,35	0,10	42,00

3.5.5 Infiltração de Água no Solo

Nos ambientes de mata nativa e plantio direto não foi verificado escoamento superficial, no período de 60 minutos de precipitação com a intensidade de 70 mm.h^{-1} em cada repetição. Por outro lado, no sistema de cultivo convencional verificou-se escoamento nas três repetições. Na primeira repetição, escoaram 24,06 mm; na segunda escoaram 11,55 mm e na terceira escoaram 24,05 mm. No período da simulação da chuva a cobertura do solo no sistema convencional era de, aproximadamente, de 2 a 3%, enquanto que no plantio direto era de aproximadamente 80 a 90%. Portanto, fica evidente a eficiência do plantio direto em propiciar melhores condições de infiltração da água no solo, evitando a erosão, contribuindo para aumentar o armazenamento e a recarga do lençol freático.

A presença da matéria orgânica no perfil superficial do solo sob mata condicionou a diminuição da densidade do solo e aumento do volume de macroporos, reduzindo a capacidade de retenção de água até 0,40 m de profundidade. Por outro lado, tanto no solo sob mata nativa, quanto no plantio direto, houve infiltração total de uma precipitação com intensidade de 70 mm.h^{-1} ; enquanto que no solo de sistema de convencional verificou-se escoamento superficial. Os resultados indicam que o papel da floresta é extremamente importante na recarga dos mananciais e na reciclagem da precipitação, permitindo também a infiltração total da água precipitada e a saída da água via transpiração. O sistema de plantio direto evidenciou ser eficiente no combate à erosão do solo.

3.6 CONCLUSÕES

Para as condições do ensaio, conclui-se que:

- Em área de mata nativa, a matéria orgânica exerce importante papel no condicionamento físico do solo, agindo na diminuição da densidade do solo e no aumento de macroporos, com reflexos na retenção de água no perfil.
- O sistema de plantio direto é eficiente no controle da erosão, melhorando a infiltração de água no solo.

Referências

- ALVES SOBRINHO, T.; CARVALHO, D.F.; AQUINO, R.M.; MONTEBELLER, C.A. Programa computacional para a definição de parâmetros hidráulicos utilizados na determinação da energia cinética da chuva simulada em infiltrômetros de aspersão. **Engenharia Rural**, Piracicaba, v.12, n.1, p.28-35, 2001.
- ANDRADE, R. da S.; STONE, L. F. Estimativa da umidade na capacidade de campo em solos sob Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n.2, p.111-116, 2011.
- ARAUJO-JUNIOR, C. F. ; RODRIGUES, B. N. ; CHAVES, J. C. D. ; YADA JUNIOR, G. M. Soil physical quality and carbon stocks related to weed control and cover crops in a brazilian Oxisol. Weed and Pest Control - **Conventional and New Challenges**. 1ed.Rijeka: InTech, p.181-205, 2013.
- BHERING, S.B.; SANTOS, H.G. **Mapa de Solos do Estado do Paraná**. Legenda atualizada. Rio de Janeiro: Embrapa Florestas: Embrapa Solos: Instituto Agrônomo do Paraná, 74p., 2008.
- BEUTLER, A.N.; CENTURION, J.F.; SOUZA, Z.M.; SILVA, L.M. Utilização dos penetrômetros de impacto e de anel dinamométrico em Latossolos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.22, n.2, p.191-199, 2002.
- CAMARGO, O.A.; MONIZ, A.C.; JORGE, J.A.;VALADARES, J.M.S. Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agrônomo de Campinas. **Boletim Técnico**, n.6, p.94, Campinas, 1986.
- DALMAGO, G.A.; BERGAMASCHI, H.; BERGONCI, J.I.; KRÜGER, C.A.M.B.; COMIRAN, F.; HECKLER, B.M.M. Retenção e disponibilidade de água às plantas, em solo sob plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, p.855-864, 2009.
- DOURADO NETO, D.; NIELSEN, D. R.; HOPMANS, J. W.; REICHARDT, K.; BACCHI, O. O. S.; LOPES, P. P. **Programa para confecção da curva de retenção de água no solo**, modelo Van Genuchten. Soil Water Retention Curve, SWRC (version 3,00 beta). Piracicaba: Universidade de São Paulo, 2001.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/ Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análises de solo**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 2.ed., 212p., 1997.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção da Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 412p.,1999.
- FARIA, R. T.; CARAMORI, P. H. Caracterização físico-hídrica de um latossolo roxo distrófico do município de Londrina, PR. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 21, 1303-1311, 1986.

GRIEBELER, N. P.; PRUSKI, F.F.; MARTINS JÚNIOR, D.; SILVA, D. D. Avaliação de um modelo para a estimativa da lâmina máxima de escoamento superficial. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, p.411-417, 2001.

GUBERT FILHO, F.A. História do desmatamento no Estado do Paraná e sua relação com a reforma agrária. In: GUBERT FILHO, F.A. **Reforma agrária em meio ambiente**. Disponível em: <http://www.itcg.pr.gov.br/arquivos/File/LIVRO_REFORMA_AGRARIA_E_MEIO_AMBIENTE/PARTE_1_1_FRANCISCO_GUBERT.pdf>, p.15-25. 1998. Acesso em: 20 jan. 2014.

IAPAR. **Agrometeorologia**. Cartas Climáticas. Instituto Agrônomo do Paraná. Disponível em: <<http://www.iapar.br/>>. Acesso em: 20 dez. 2012.

KUTILEK, M.; NIELSEN, D.; REICHARDT, K. **Soil water retention curve, interpretation**. Trieste: Lecture Notes College on Soil Physics, International Centre for Theoretical Physics, 2007.

MELLO, C. R.; OLIVEIRA, G. C.; RESCK, D. V. S.; LIMA, J. M.; DIAS JÚNIOR, M. S. Estimativa da capacidade de campo baseada no ponto de inflexão da curva característica. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.26, p.835-841, 2002.

PAVAN, M.A.; BLOCH, M.F.; ZEMPULSKI, H.C.; MIYAZAWA, M.; ZOCOLER, D.C. **Manual de análise química do solo e controle de qualidade**. Londrina: Instituto Agrônomo do Paraná, 1992. 40p. (Circular Técnica, 76).

ROTH, C. H.; MEYER, B.; FREDE, H. G. A portable rainfall simulator to study factors affecting runoff, infiltration and soil loss. **Catena**, Braunschweig, v.12, p.79-85, 1985.

SANTOS, R. D. dos; LEMOS, R. C. de; SANTOS, H. G. dos; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. dos; SHIMIZU, S. H. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 6. ed. rev. e ampl. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo / Ed. Suprema Gráfica e Editora Ltda, 2013. 100p.

TORMENA, C.A.; SILVA, A.P.; LIBARDI, P.L. Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Roxo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, n.22, p.573-581, 1998.

VAN GENUCHTEN, M.T. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, v.44, p.892-898, 1980.

4 ARTIGO B: CARACTERIZAÇÕES MICROCLIMÁTICAS EM SISTEMAS AGRÍCOLAS COMPARADOS COM MATA NATIVA

4.1 RESUMO

As mudanças climáticas globais estão associadas, principalmente, com a emissão de gases causadores do efeito estufa e à mudança do solo para explorações agropecuárias. A retirada da floresta para cultivo causa mudança no balanço energético da superfície terrestre, alterando os regimes térmicos do solo e do ar na camada limite superficial. O objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos do desmatamento e do manejo do solo no microclima em ambientes de mata nativa (MN), sistema de cultivo convencional (PC) e plantio direto (PD). A pesquisa foi desenvolvida na Fazenda Experimental do Instituto Agrônomo do Paraná - IAPAR, no município de Londrina, PR, cujas coordenadas geográficas são: altitude 610 m, latitude 23°23'S e longitude 50°11'W, em um solo classificado como Latossolo Vermelho Distroférico. Foram realizadas medições de radiação solar global, radiação líquida, fluxo de calor no solo, temperatura do solo e temperatura do ar. Houve diferenças nas variáveis microclimáticas em função da presença da cobertura vegetal e da superfície do solo. A temperatura do ar a 0,02 m destaca com mais intensidade as modificações locais. As temperaturas médias e máximas foram mais elevadas no sistema de cultivo convencional, enquanto que as temperaturas mínimas em noites de céu aberto foram menores nos dois sistemas agrícolas, devido à exposição e ao isolamento térmico da superfície no caso do plantio direto. A presença da cobertura florestal amenizou os extremos, determinando menores valores de temperatura.

Palavras-chave: Radiação solar. Radiação líquida. Fluxo de calor no solo. Temperatura. Manejo do solo.

4.2 ABSTRACT

Global climate changes are mainly associated with the emission of gases causing the greenhouse effect and forest cutting for agriculture exploration. The removal of forest for cultivation causes change in the energy balance of the Earth's surface, changing the thermal regimes of the soil and air in the surface boundary layer. The aim of this work was to evaluate the effects of deforestation and soil management in environments of native forest (MN), conventional cropping system (PC) and no-tillage (PD). The study was conducted at the Experimental Farm of the Agronomic Institute of Paraná - IAPAR, in Londrina, PR, Brazil, whose geographic coordinates are: 610 m altitude, latitude and longitude 23°23 'S 50°11'W in a Dystrophic Red Latosol. Measurements of solar radiation, net radiation, soil heat flux, soil temperature and air temperature. There were differences in microclimate variables due to the presence of vegetation cover and the soil surface. The air temperature at 0.02 m emphasizes more strongly the local modifications. The mean and maximum temperatures were higher in the conventional farming system, while the minimum temperatures at nights open canopy were lower in agricultural systems due to exposure and the thermal

insulation of the surface in the case of tillage. The presence of forest cover reduced extremes, determining lower temperatures.

Key words: Solar radiation. Net radiation. Heat flow in the soil. Temperature. No-tillage.

4.3 INTRODUÇÃO

A superfície terrestre é a principal fonte de troca de energia térmica dos ecossistemas. O aquecimento ou resfriamento da superfície do solo depende da intensidade da radiação solar que incide no transcorrer do dia e do ano (GASPARIM et al., 2005).

A radiação solar é utilizada nos processos de aquecimento e resfriamento do ar e do solo, na transferência de vapor d'água da superfície para a atmosfera e no metabolismo das plantas e dos animais (ANDRADE et al., 2009). É um dos elementos meteorológicos mais importantes na produção agrícola, sendo fonte básica de energia no processo fotossintético das plantas. É uma variável usada em estudos de zoneamentos agroclimáticos, épocas de semeadura, produtividade potencial, necessidade de irrigação e no desenvolvimento e uso de modelos de crescimento e de rendimento das culturas (STEINMETZ, 1999).

A exploração das florestas tropicais de forma irracional ocasiona desmatamentos, alterando a cobertura natural, tendo como resultado a modificação do albedo superficial e a alteração do balanço de energia e, conseqüentemente, o clima. O albedo ou coeficiente de reflexão é a razão entre a energia solar refletida pela superfície e a energia incidente, depende dentre outros fatores, principalmente, do tipo de vegetal, coloração da superfície e inclinação dos raios solares. A alteração nestes fatores implica em mudanças no saldo de radiação, e por consequência, no balanço de energia na superfície (ANDRADE et al., 2009).

O saldo de radiação (R_n) representa a energia disponível aos processos físicos e biológicos que ocorrem na superfície terrestre. Essa energia é o processo de ganhos e perdas radiativas. Essa energia é a diferença entre os fluxos de radiação que chegam (ganho) e que saem (perda) da superfície terrestre, incluindo a radiação de ondas curtas e ondas longas (GEIGER, 1961; MONTEITH; UNSWORTH, 1990; PEZZOPANE et al., 1995).

Ao longo do dia, nas horas de brilho solar, o saldo de radiação em uma superfície qualquer tende a ser positivo, pois os fluxos incidentes (global e atmosférico) são superiores às frações refletidas e emitidas. Por outro lado, durante a noite, é comum que esses valores sejam negativos, pois o fluxo incidente passa a ser apenas atmosférico e a energia emitida pela superfície, superior a este, resulta em um saldo de radiação negativo (GALVANI et al., 2001).

Pezzopane et al. (2000) verificaram que, no interior da floresta, o total de energia acumulada é menor durante o dia em resposta ao efeito de proteção do dossel. Porém, em compensação, no período noturno, a perda é menor devido às trocas radiativas que são quase nulas. Este ambiente criado nestas condições é importante para a formação de um microclima ideal para o estabelecimento inicial das plantas em regeneração natural no fragmento.

A radiação solar medida a 2,0 m na Reserva da Biosfera da Mata Atlântica (RBMA) em Alagoas apresentou ciclos bem definidos com valores elevados durante o dia e menores à noite. Nos dias chuvosos os valores da radiação foram mais baixos devido à presença da nebulosidade sobre a floresta, interferindo na incidência da radiação solar (SANTOS et al., 2012; MOURA et al., 2000). A radiação solar durante o dia é caracterizada pelas ondas curtas, enquanto à noite as trocas energéticas são compostas exclusivamente dos fluxos de ondas longas (terrestre e atmosférica), cujas perdas na superfície são controladas pela temperatura e emissividade (VISWANADHAM et al., 1990).

Hernandes et al. (2004) mostraram que na mata semidecídua do Planalto Paulista a quantidade de radiação solar que a floresta intercepta é maior do que em plantios de eucaliptos (SCHUMACHER, 1992). Esta variação depende da estação do ano, devido ao estágio fenológico da vegetação, principalmente das plantas decíduas. A pesquisa mostrou que no inverno e início da primavera ocorreu maior emissão da radiação solar, devido à vegetação arbórea semidecídua, que perde parte das folhas no período mais seco e mais frio do ano. Nestes períodos a cobertura do dossel diminui acentuadamente, permitindo que uma quantidade acentuada de radiação solar penetre no interior da floresta.

O objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos do desmatamento e do manejo do solo no microclima em ambientes de mata nativa (MN), sistema de cultivo convencional (PC) e plantio direto (PD), em Londrina, PR.

4.4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido na Fazenda Experimental do Instituto Agrônômico do Paraná - IAPAR, no município de Londrina, PR, cujas coordenadas geográficas são: altitude 610 m, latitude 23°23'S e longitude 50°11'W. O solo é classificado como Latossolo Vermelho Distroférico (Santos et al., 2013). O clima da região é do tipo Cfa, descrito como clima subtropical úmido com verão quente, segundo a classificação de Köppen. A temperatura média anual é 21,1°C, a média do mês mais quente é 23,9°C (janeiro) e a média do mês mais frio é 16,9°C (julho). A precipitação média anual é 1.610 mm, sendo dezembro, janeiro e fevereiro os meses mais chuvosos e junho, julho e agosto os mais secos (IAPAR, 2012).

As avaliações foram realizadas em três sistemas de cobertura do solo: plantio direto, plantio convencional e mata nativa. As áreas agrícolas possuem um histórico de cultivo: a área de preparo convencional vinha sendo cultivada com algodão no verão e pousio no inverno nos últimos 20 anos. A área de plantio direto vem sendo cultivada com soja no verão e aveia durante o inverno nos últimos oito anos. A mata é um fragmento remanescente intocável de dois hectares, com alta diversidade florística, mantida pelo Instituto Agrônômico do Paraná como reserva legal. As medições microclimáticas foram realizadas no centro do fragmento florestal, sob as copas das árvores.

Neste ensaio, foram semeadas soja (*Glycine max* (L.) e aveia preta (*Avena strigosa*), nos dois sistemas de cultivo, sendo que, no convencional, o preparo do solo foi feito escarificação e gradagem, e no direto, dessecação com herbicida. Na Tabela 4.1, são apresentadas as datas de avaliação de semeadura das duas culturas, nos dois sistemas de cultivo.

As ocorrências de precipitação antes e durante os dias de medições são apresentados na Tabela 4.2. As condições de umidade do solo podem alterar os valores de temperatura, pois o solo mais úmido tende a se resfriar pelo processo de evaporação.

Tabela 4.1 – Datas de avaliação e de semeadura da soja e aveia em sistemas de cultivo convencional e plantio direto.

Data da avaliação	Data da semeadura
Soja	
31/10/2011	03/11/2011
30/09/2012	24/10/2012
Aveia	
01/04/2012	04/04/2012
21/03/2013	09/04/2013

Tabela 4.2 – Dados de precipitação antes e durante os dias de avaliação do experimento.

Data da avaliação	Precipitação (mm)
30/10/2011	6.4
31/10/2011	0.0
01/11/2011	0.0
31/03/2012	0.0
01/04/2012	0.0
02/04/2012	0.0
29/09/2012	0.0
30/09/2012	0.0
01/10/2012	1.2
20/03/2013	13.2
21/03/2013	0.0
22/03/2013	0.0

Fonte: Simepar (2013)

4.4.1 Avaliações Microclimáticas

Uma estação meteorológica automática foi instalada em cada sistema avaliado, medindo as seguintes variáveis: radiação solar global, radiação líquida, fluxo de calor no solo, temperatura do ar e temperatura do solo. As estações foram programadas para coletar dados a cada dez segundos e obter médias a cada quinze minutos e médias diárias. A descrição de cada sensor e modo de instalação é apresentada a seguir:

Sensor	Descrição do sensor	Posição do sensor
Radiação global	Piranômetros, modelo LI200X (ref. com LI-COR)	2,5 m de altura
Radiação líquida	Modelo Q7 (ref. com. Campbell Sci.)	1,0 m de altura
Temperatura do ar	Modelo HMP45C (ref. com. Campbell Sci.)	0,50 m de altura
Temperatura do ar	Termopar tipo cobre-constantan (ref. com. Omega)	0,02 m de altura
Fluxo de calor no solo	Modelo HFT-3 (ref. com. Campbell Sci.)	0,05 m de profundidade
Temperatura do solo	Termistor, modelo 107B (ref. com. Campbell Sci.)	0,02 e 0,10 m de profundidade

Os dados foram coletados a cada quinze segundos e obtidas médias a cada hora, da temperatura média, radiação global e fluxo de calor do solo. Os valores máximos e mínimos diários de temperatura também foram armazenados.

4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 4.3 mostra as temperaturas médias do ar e as médias das máximas e das mínimas nas quatro estações do ano. A altura de 0,02 m os efeitos das coberturas e manejos são muito mais pronunciados do que a 0,50 m, conforme esperado, pois o aquecimento e o resfriamento se dão na superfície e depois é transmitido para o ar por condução, convecção ou advecção. Os efeitos são mais acentuados sobre a temperatura máxima do que sobre a temperatura mínima, e também maiores no sistema de cultivo convencional, que sofre maior aquecimento devido à exposição da superfície, armazenamento no solo e o retorno do calor durante a noite.

Tabela 4.3 – Temperatura média (Tmed), temperatura média das máximas (Tmax), temperatura média das mínimas (Tmin) do ar a 0,02 e 0,50 m, nas quatro estações do ano de 2011, para os sistema de cultivo convencional (PC), plantio direto (PD) e mata nativa (MN).

	Tmed					Tmax					Tmin				
	PD	PC	MN	PD- MN	PC- MN	PD	PC	MN	PD- MN	PC- MN	PD	PC	MN	PD- MN	PC- MN
Profundidade 0,02 m															
VERÃO	24,0	25,7	22,1	1,9	3,6	27,6	30,8	24,2	3,4	6,6	19,9	20,8	19,9	0,0	0,9
OUTONO	20,3	20,1	18,1	2,2	2,0	24,8	31,9	21,5	3,3	10,4	15,0	14,7	13,5	1,5	1,3
INVERNO	17,2	18,1	16,5	0,6	1,5	20,4	20,9	18,5	1,9	2,4	11,9	12,4	11,5	0,3	0,9
PRIMAVERA	23,1	24,0	20,4	2,7	3,6	25,7	27,6	23,5	2,2	4,1	20,6	20,8	18,4	2,2	2,3
Média	21,2	22,0	19,3	1,9	2,7	24,6	27,8	21,9	2,7	5,9	16,8	17,2	15,8	1,0	1,3
Profundidade 0,50 m															
VERÃO	23,5	23,8	22,9	0,6	0,9	26,3	26,4	24,7	1,6	1,7	20,4	20,3	20,6	-0,2	-0,3
OUTONO	19,4	19,1	18,5	0,8	0,5	23,2	27,4	22,1	1,2	5,3	14,2	13,4	13,4	0,9	0,0
INVERNO	17,3	17,8	17,3	0,0	0,5	20,7	20,7	19,8	1,0	0,9	12,0	12,3	11,7	0,3	0,6
PRIMAVERA	21,7	21,8	21,1	0,6	0,7	27,2	26,7	25,7	1,5	1,0	19,5	19,9	19,3	0,2	0,6
Média	20,5	20,6	20,0	0,5	0,6	24,4	25,3	23,1	1,3	2,2	16,5	16,5	16,2	0,3	0,3

A Tabela 4.4 mostra as temperaturas médias do ar e as médias das máximas e das mínimas nas quatro estações do ano. Novamente se observa que as diferenças são maiores à altura de 0,02 m mostrando maiores temperaturas no PC,

seguido de PD e MN. Também se ressalva que os efeitos são mais pronunciados sobre a temperatura máxima do que sobre a temperatura mínima, que atinge valores mais baixos nas áreas agrícolas, principalmente nas noites de inverno sem nebulosidade. No ano de 2012 o efeito foi mais forte em relação a 2011, devido às geadas que ocorreram durante o inverno. Isto demonstra mais uma vez que a cobertura com árvores é uma excelente prática para combater as geadas, conforme demonstrado por Caramori et al. (2004) e Morais et al. (2003). Observa-se também maiores valores no plantio convencional, que sofre maior aquecimento diurno devido à exposição da superfície, armazenamento no solo e o retorno do calor durante a noite.

A temperatura do ar está correlacionada com a temperatura superficial, sendo que a variabilidade do uso do solo influencia diretamente nos valores térmicos do ar (PRADO e FERREIRA, 2005; COUTTS et al. 2007; ALVES e SPECIAN, 2010).

Tabela 4.4 – Temperatura média (Tmed), temperatura média das máximas (Tmax), temperatura média das mínimas (Tmin) do ar a 0,02 e 0,50 m, nas quatro estações do ano de 2012, para os sistema de cultivo convencional (PC), plantio direto (PD) e mata nativa (MN).

	Tmed					Tmax					Tmin				
	PD	PC	MN	PD- MN	PC- MN	PD	PC	MN	PD- MN	PC- MN	PD	PC	MN	PD- MN	PC- MN
Profundidade 0,02 m															
VERÃO	22,0	23,0	21,5	0,5	1,5	23,4	24,5	22,4	0,9	2,1	19,8	19,9	19,8	0,0	0,1
OUTONO	23,2	23,4	20,1	3,1	3,4	27,2	26,9	21,6	5,6	5,2	19,1	19,9	17,8	1,3	2,1
INVERNO	15,3	16,4	16,2	-1,0	0,1	16,6	18,0	18,1	-1,5	-0,1	11,0	13,1	13,0	-2,0	0,2
PRIMAVERA	22,7	21,5	18,1	4,6	3,4	27,2	25,8	20,9	6,3	4,9	17,4	15,6	14,4	3,0	1,2
Média	20,8	21,1	19,0	1,8	2,1	23,6	23,8	20,8	2,8	3,0	16,8	17,1	16,2	0,6	0,9
Profundidade 0,50 m															
VERÃO	24,8	24,2	21,7	3,1	2,5	25,6	25,4	22,3	3,2	3,1	23,8	22,0	20,6	3,2	1,4
OUTONO	25,6	23,9	20,4	5,2	3,5	28,2	25,6	21,4	6,8	4,1	23,5	21,9	19,3	4,2	2,7
INVERNO	16,4	17,0	16,8	-0,4	0,3	17,0	17,8	17,6	-0,6	0,2	14,4	15,7	15,2	-0,8	0,5
PRIMAVERA	19,9	21,3	18,5	1,5	2,8	22,7	23,5	20,2	2,5	3,3	17,3	18,6	16,4	0,9	2,2
Média	21,7	21,6	19,3	2,3	2,3	23,3	23,0	20,4	3,0	2,7	19,8	19,5	17,9	1,9	1,7

As Figuras 4.1 a 4.3 a seguir apresentam variações diárias de temperatura do ar a 0,50 e 0,02 m, fluxo de calor no solo a 0,05 m de profundidade, radiação líquida a 1,00 m acima da superfície e radiação global a 2,50 m de altura, nos três ambientes avaliados: mata, plantio convencional e plantio direto. Nessas figuras, pode-se observar de maneira geral, o seguinte comportamento:

A e B – Temperatura do ar a 0,5 m e 0,02 m – Próximo à superfície (0,02 m), a temperatura do ar é maior sobre o PC, seguido de PD e MN. Isto ocorre porque o solo exposto recebe e armazena mais calor, transmitindo-o de volta em grande parte como calor sensível, que vai aquecer o ar. No plantio direto, há o isolamento da superfície do solo pela palhada, fazendo com que menor quantidade de calor fique retido para ser emitido na forma de calor sensível. Além disso, a possível presença de maior umidade próximo à superfície pode fazer com que grande parte da energia líquida disponível seja utilizada no processo de evaporação.

C – Fluxo de calor no solo – É mais elevado durante o dia no PC, seguido do PD e MN. Durante a noite é muito mais negativo (saída de calor do solo) no PC do que no PD. Esse calor retornando à superfície irá contribuir para manter as temperaturas noturnas mais elevadas em locais com solo exposto.

D e E – Radiação solar global e radiação líquida – Os valores são equivalentes nos sistemas agrícolas e muito inferiores dentro do dossel da mata, devido à interceptação da entrada pelas copas das árvores, que também impedem as emissões de ondas longas. Em dias com céu descoberto (Figura 4.2 D), a radiação líquida noturna é mais negativa no PD, pelo fato do solo não ter armazenado energia durante o dia, devido ao isolamento pela palhada.

Figura 4.1 – Temperatura do ar a 0,50 m (A) e a 0,02 m (B), fluxo de calor a 0,05 m (C), radiação líquida a 1,00 m (D) e radiação global a 2,50 m (E), em 31/10/2011 nos três sistemas de cultivo em Londrina – PR.

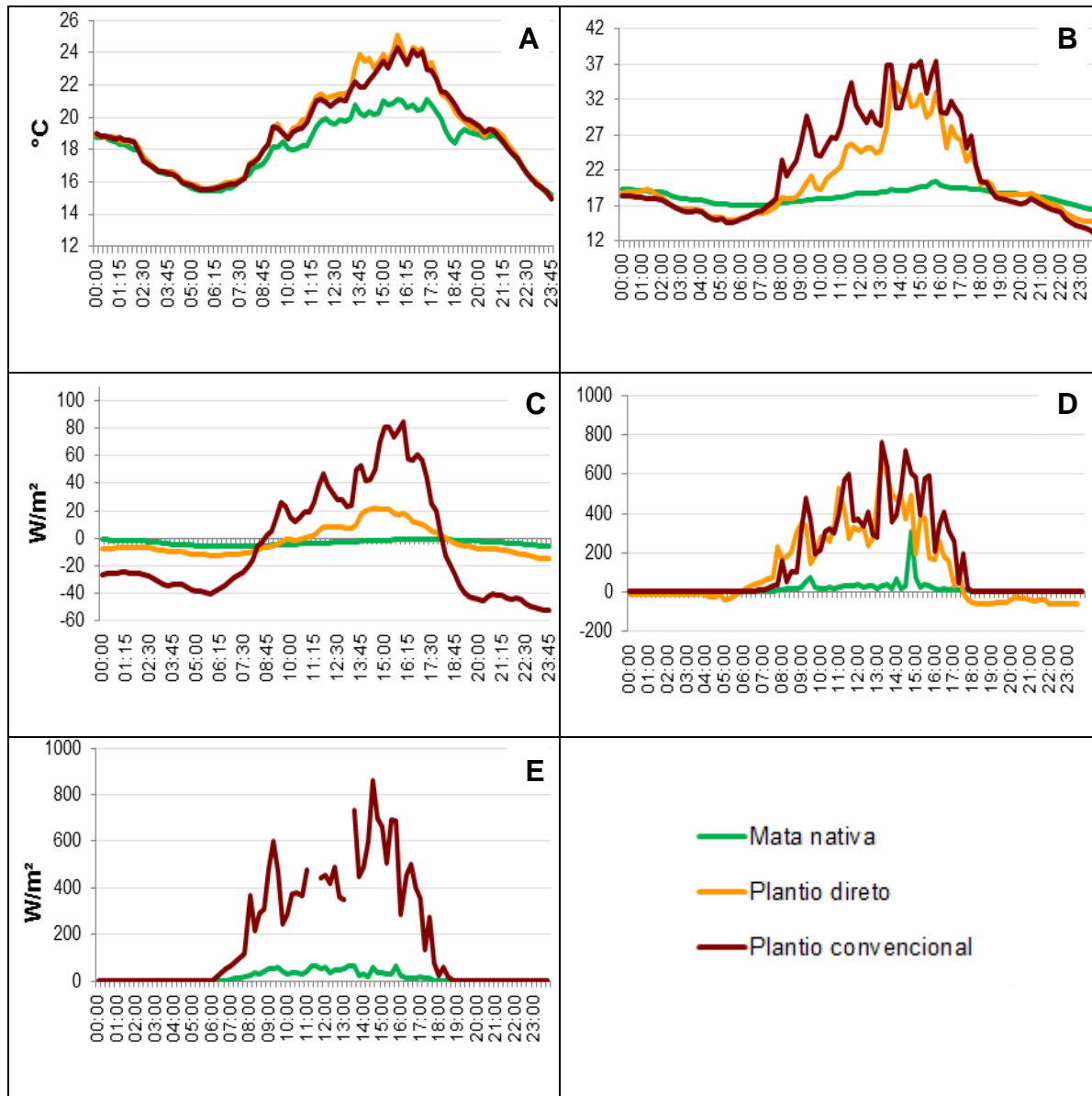


Figura 4.2 – Temperatura do ar a 0,50 m (A) e a 0,02 m (B), fluxo de calor a 0,05 m (C), radiação líquida a 1,00 m (D) e radiação global a 2,50 m (E), em 01/04/2012 nos três sistemas de cultivo em Londrina – PR.

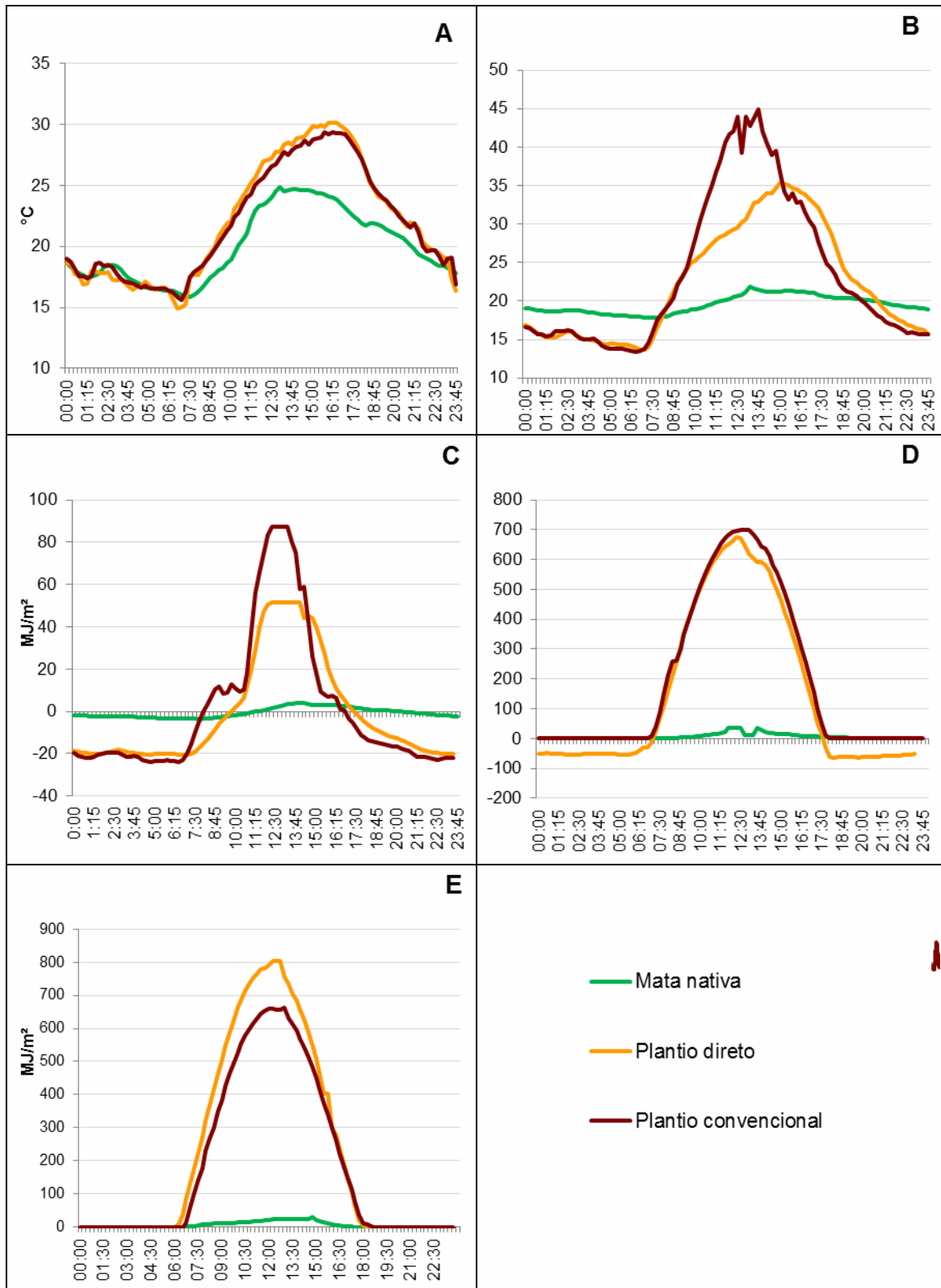


Figura 4.3 – Temperatura do ar a 0,50 m (A) e a 0,02 m (B), fluxo de calor a 0,05 m (C), radiação líquida a 1,00 m (D) e radiação global a 2,50 m (E), em 30/09/2012 nos três sistemas de cultivo em Londrina – PR.

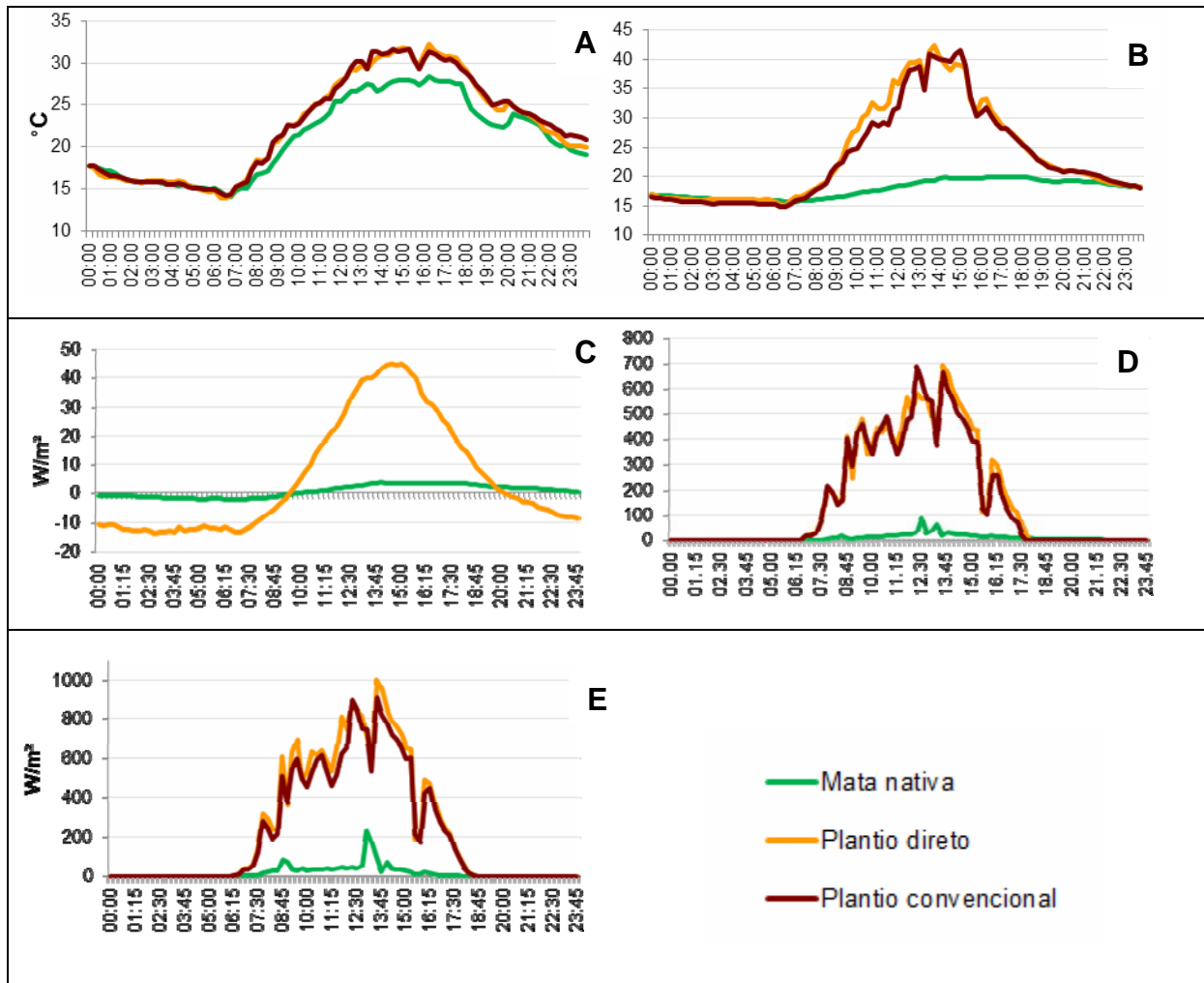
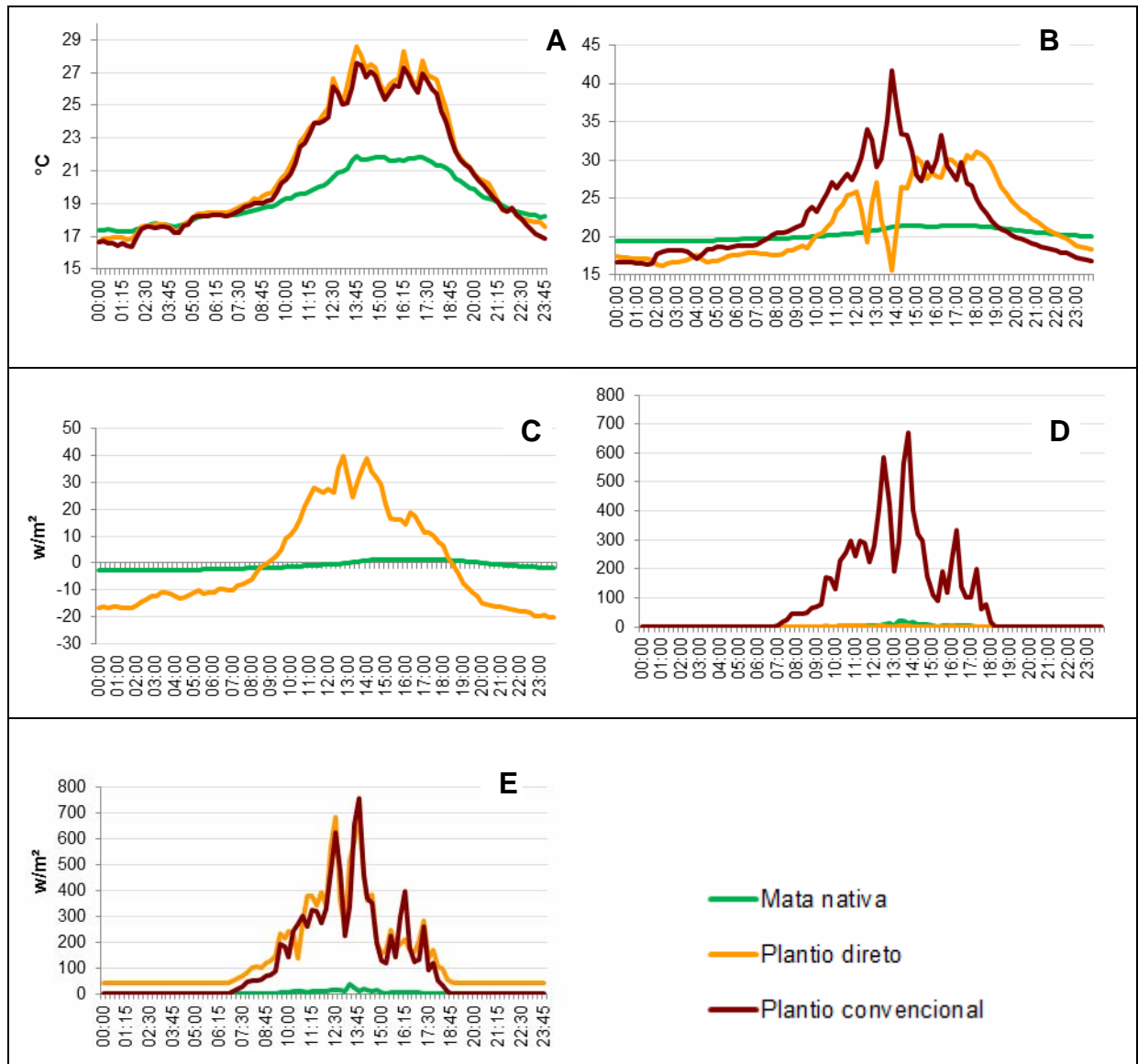


Figura 4.4 – Temperatura do ar a 0,50 m (A) e a 0,02 m (B), fluxo de calor a 0,05 m (C), radiação líquida a 1,00 m (D) e radiação global a 2,50 m (E), em 21/03/2013 nos três sistemas de cultivo em Londrina – PR



Estes casos apresentados nas Figuras 4.1 a 4.4 deixam evidente o fato de que a cobertura da superfície solo, seja por um dossel de copas elevadas, ou pela palhada cobrindo o solo, exerce grande influência sobre os regimes térmico e radiativo. Pode-se afirmar que a cobertura com palhada, funcionando com isolante térmico, regula os excessos de temperatura do solo durante o dia pela diminuição do fluxo de calor que penetra no perfil, mas durante as noites de céu descoberto induz temperaturas mais baixas próximo à superfície do solo. O interior do ambiente de mata apresenta um regime radiativo e térmico bastante homogêneos, devido à interceptação das entradas e saídas radiativas.

4.6 CONCLUSÕES

Para as condições do ensaio conclui-se que:

- Há diferenças nas variáveis microclimáticas em função da presença da cobertura vegetal e da superfície do solo.
- A temperatura do ar a 0,02m destaca com mais intensidade as modificações locais. As temperaturas médias e máximas foram mais elevadas no sistema de cultivo convencional, enquanto que as temperaturas mínimas em noites de céu aberto foram menores no sistema de plantio direto, devido ao isolamento térmico da superfície.
- A presença da cobertura florestal amenizou os extremos, determinando menores valores de temperatura.

Referências

- ALVES, E. D. L.; SPECIAN, V. Estudo do comportamento termohigrométrico em ambiente urbano Estudo de caso em Iporá-GO. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 3, n.2, p. 87-95, 2010.
- ANDRADE, N. L. R.; AGUIAR, R. G.; SANCHES, L.; ALVES, EDINA C.R.F.; NOGUEIRA, J. S. Partição do saldo de radiação em áreas de floresta amazônica e floresta de transição Amazônia-Cerrado. **Revista Brasileira de Meteorologia**. v. 24, p.346-355, 2009.
- CARAMORI, P.H.; LEAL, A.C.; MORAIS, H.; HUGO, R.G.; KATHOUNIAN, C.A.; DRODZKI, L.; SILVA, V.P. de. Indicadores biofísicos de sistemas agroflorestais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 5., 2004, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Embrapa Florestas, 2004. 1 CD-ROM
- COUTTS, A. M.; BERINGER, J.; TAPPER, N. J. Impact of increasing urban density on local climate: Spatial and temporal variations in the surface energy balance in Melbourne, Australia. **Journal of Applied Meteorology and Climatology**, v. 46, n. 4, p. 477-493, 2007.
- GALVANI, E.; ESCOBEDO, J. F.; PEREIRA, A. B. **Balço de radiação e fluxo de calor no solo em ambiente natural e protegido cultivado com pepineiro**. *Bragantia*, Campinas, 60(2), p.139-147, 2001.
- GASPARIM, E.; RICIERI, R.P.; SILVA, S.L.; DALLACORT; R., GNOATTO, E. Temperatura no perfil do solo utilizando duas densidades de cobertura e solo nu. **Acta Sci-Agron**. V.27, p.107-115, 2005.
- GEIGER, R. **Manual de microclimatologia**: o clima da camada de ar junto ao solo. 3.ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, p. 556, 1961.

HERNANDES, J.L.; PEDRO-JUNIOR, M.J.; BARDIN, L. Variação estacional da radiação solar em ambiente externo e no interior de floresta semidecídua. **Revista Árvore**, Viçosa, v.28, p.167-172, 2004.

IAPAR. **Agrometeorologia**. Cartas Climáticas. Instituto Agrônômico do Paraná. Disponível em: <<http://www.iapar.br/>>. Acesso em: 20 dez. 2012.

MONTEITH, J.L.; UNSWORTH, M.H. **Principles of environmental physics**. 2.ed. London: Edward Arnold, p.291,1990.

MORAIS, H.; MARUR, C.J.; CARAMORI, P.H.; RIBEIRO, A.M.de A.; GOMES, J.C. Características fisiológicas e de crescimento de cafeeiro sombreado com guandu e cultivado a pleno sol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, p.1131-1137, Brasília, 2003.

MOURA, R.G.; MANZI, A.O.; NOGUEIRA, V.S.; MENDES, D. Comparação entre os perfis de radiação solar dentro de ambiente de Floresta para dias com diferentes coberturas de nebulosidade. In: XI CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA. **Anais...** Rio de Janeiro. v.1, p. 2447-2452, 2000.

PEZZOPANE, J. E. M.; REIS, G. G.; REIS, M. D. G. F.; COSTA, J.; HIGUCHI, P. Balanço de radiação no interior de uma floresta estacional semidecidual secundária no domínio da Mata Atlântica. In: XI CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 2000, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBMp. 200-206, 2000.

PEZZOPANE, J.E.M.; PEDRO JUNIOR, M.J.; ORTOLANI, A.A.; MEYER, N. Radiação líquida e temperatura de folha no interior de estufa com cobertura plástica, durante o período noturno. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.3, p.1-4, 1995.

PRADO, R. T. A.; FERREIRA, F. L. Measurement of albedo and analysis of its influence the surface temperature of building roof materials, **Energy and Buildings**, v. 37, n.4, p. 295-300, 2005.

SANTOS, R. D. dos; LEMOS, R. C. de; SANTOS, H. G. dos; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. dos; SHIMIZU, S. H. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 6. ed. rev. e ampl. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo / Ed. Suprema Gráfica e Editora Ltda, 2013. 100p.

SANTOS, R. A. G.; MOURA, M. A. L.; AMORIM, R. F. C.; CAVALCANTE, L. P. Avaliação e Caracterização da Temperatura do Solo em Relação ao Saldo de

Radiação Dentro de uma Floresta de Mata Atlântica em Coruripe – Alagoas. **Revista Brasileira de Geografia Física**. n.4, p.923-936, 2012.

SCHUMACHER, M. V. **Aspectos da ciclagem de nutrientes e do microclima em talhões de *Eucalytus camaldulensis* Dehnh, *E. grandis* Hill ex Maiden e *E. torelliana* F. Muell**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, p.87 1992.

STEINMETZ, S.; ASSIS, F. N.; SOARES, W. R. Estimativa da radiação solar global a partir da insolação na região de Pelotas, Rio Grande do Sul. **Agropecuária. Clima Temperado**. Pelotas, v.2, n.1, p 77-851, 1999.

VISWANADHAM, Y.; MOLION, L. C. B.; MANZI, A. O.; SÁ, L. D. A.; SILVA FILHO, V. P.; ANDRÉ, R. G. B.; NOGUEIRA, J. L. M.; SANTOS, R. C. Micrometeorological measurements in Amazon forest during GTE/ABLE 2A Mission. **Journal of Geophysical Research**, v. D9, n. 95, p. 13669-13682, 1990.

5 ARTIGO C: TEMPERATURA E UMIDADE DO SOLO SOB MATA NATIVA E EM DOIS SISTEMAS DE CULTIVO AGRÍCOLA

5.1 RESUMO

A presença de vegetação ou cobertura da superfície afetam os regimes térmico e hídrico do solo. A reciclagem da matéria orgânica eleva o teor de carbono no perfil, com consequências sobre a dinâmica da água.. O objetivo desse trabalho foi utilizar a mata nativa como referência para quantificar o impacto na temperatura e umidade do solo, em sistemas de PD (plantio direto) e PC (plantio convencional). O trabalho foi desenvolvido na Fazenda Experimental do Instituto Agrônomo do Paraná - IAPAR, no município de Londrina, PR, cujas coordenadas geográficas são: altitude 610 m, latitude 23°23'S e longitude 50°11'W. O solo é do tipo Latossolo Vermelho Distroférico. As informações foram comparadas com os dados medidos com geotermômetro sob solo descoberto na estação meteorológica convencional próxima. A temperatura média diária do solo foi medida a 0,02 e 0,10 m de profundidade, nos três ambientes de cobertura do solo: plantio direto sem revolvimento do solo, plantio convencional com revolvimento do solo e na mata nativa. A quantidade de água presente no solo foi monitorada quinzenalmente de dezembro/2011 a novembro de 2012, nas camadas de 0,0-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,30 e 0,30-0,40 m. Foram observadas diferenças expressivas na temperatura do solo em função do uso. As diferenças foram mais pronunciadas no cultivo convencional a 0,02 m e foram mais elevadas no verão, atingindo 20°C para a média, 24°C para a máxima e 16°C para a mínima. A 0,10 m de profundidade as diferenças foram maiores no outono e variaram de 5 a 7°C. No inverno o cultivo convencional atinge temperaturas mínimas inferiores ao ambiente de mata, devido à perda noturna de calor mais intensa.

Palavras-chave: Temperatura do solo. Cobertura do solo. Plantio direto. Plantio convencional. Água no solo.

5.2 ABSTRACT

The presence of vegetation or surface cover affect the thermal and soil water regimes. Recycling organic matter raises the carbon content in the profile, with consequences on the water dynamics in the profile. The aim of this work was to use a native forest as a reference to quantify the impact on soil temperature and humidity, in systems of no-tillage (PD) and conventional cropping (PC). The study was conducted at the Experimental Farm of the Agronomic Institute of Paraná - IAPAR, in Londrina, PR, Brazil, whose geographic coordinates are: 610 m altitude, latitude 23°23 'S and longitude 50°11'W. The soil type is Dystrophic Red Latosol. The daily average soil temperature was measured at 0.02 and 0.10 m depth in all three environments of land cover: No-tillage, conventional tillage with soil disturbance and native forest. The amount of water present in the soil was monitored each fifteen days from December/2011 to November 2012, in the depths of 0.0-0.10, 0.10-0.20, 0.20-0.30 and 0.30 - 0.40 m. Significant differences were observed in soil

temperature due to use. The differences were most pronounced in the conventional cultivation of 0.02 m were higher in the summer, reaching 20 °C for the mean, 24°C for the maximum and to 16°C for the minimum. The 0.10 m depth differences were larger in autumn and ranged from 5 to 7 °C. In winter, the conventional cultivation reaches minimum temperatures below the forest environment due to the nocturnal more intense loss of heat.

Key words: Soil temperature. Ground cover. No-tillage. Conventional tillage. Soil water.

5.3 INTRODUÇÃO

A temperatura do solo está relacionada à radiação que atinge a superfície terrestre e depende da latitude, da época do ano, da hora do dia e da exposição. A temperatura do solo é muito variável à superfície e sua amplitude diminui com a profundidade.

O regime térmico do solo é determinado pelo aquecimento da superfície através da radiação solar e transporte de calor sensível no seu interior, pelo processo de condução (PEREIRA, 2002; REICHARDT, 2012). É um dos principais fatores no crescimento e desenvolvimento das plantas, cujas raízes se desenvolvem em ambientes muito variáveis, no tempo (horas) e no espaço (profundidade) (PINHEIRO et al., 2002).

A temperatura do solo tem efeitos diretos no desenvolvimento da planta, pois a semente não germina até que o solo alcance uma temperatura crítica. Da mesma forma, o desenvolvimento da planta também necessita de temperaturas adequadas. As reações químicas e liberação de nutrientes para a planta dependem de faixas adequadas de temperatura do solo, podendo o seu efeito ser percebido na atividade funcional das raízes, velocidade e crescimento das plantas e ocorrência e severidade de doenças (GASPARIN et al., 2005).

A floresta ombrófila que predominava em todo o norte do Paraná até a década de 30, do século XX, atuava como um constante protetor do solo, evitando excesso de aquecimento, impacto direto das chuvas e reciclando o vapor d'água e os nutrientes (GUBERT FILHO, 1998).

Na década de 70 teve início a busca de novos sistemas de manejo, pois percebeu-se que não era mais possível continuar com o sistema convencional de preparo do solo. Surgiu então o sistema de o plantio direto, como alternativa para melhoria das condições de manejo agrícola (CASÃO JUNIOR et al., 2012). Os

principais fundamentos do plantio direto foram consolidados neste período, como o revolvimento mínimo do solo, cobertura com palha ou plantas e a prática de rotação de culturas com uso de plantas de cobertura.

O plantio direto reduz a mobilização do solo e mantém a cobertura morta da cultura anterior sobre a superfície. A semeadura revolve o solo apenas na linha de plantio, onde são depositadas as sementes e fertilizantes. As plantas infestantes são controladas com uso de herbicidas que não exigem incorporação. Esse sistema de manejo é eficiente no controle da erosão. A cobertura morta protege a superfície do solo contra o impacto das gotas de chuva, reduzindo a desagregação e a impermeabilização da superfície, favorecendo a infiltração da água no solo e diminuindo, com isso, o arraste de partículas (MELO e SILVA, 1993).

O plantio direto é um sistema de manejo sustentável do solo e da água que visa otimizar o potencial genético das plantas cultivadas. Compreende um complexo integrado de processos fundamentados em três requisitos básicos: o revolvimento mínimo do solo, restrito à cova ou sulco de plantio, a diversificação de espécies pela rotação de culturas e a manutenção de resíduos vegetais com o uso de culturas específica para a formação da palhada na superfície do solo (MALUF et al., 2004).

O plantio direto não é uma técnica isolada, porém é um conjunto de ações que permite evitar o preparo mecânico do solo, tratando-se de um sistema constituído dos seguintes componentes: planta de cobertura, rotação de culturas e não mobilização do solo (RIBEIRO et al., 2001).

A cobertura morta é uma prática cultural de aplicação de material orgânico para proteger a superfície do solo, beneficiando as qualidades físicas, químicas e biológicas do solo, criando condições ótimas para o crescimento radicular. A prática é recomendada em sistemas orgânicos, e apresenta múltiplas funções, tais como: evitar perdas excessivas de água retendo a umidade do solo, diminuir o impacto da chuva e impedir a erosão. A cobertura também é benéfica para evitar alterações bruscas de temperatura do solo e reduzir gastos de mão-de-obra nas capinas, enriquecendo o solo com nutrientes após a decomposição do material, permitindo melhorar o desempenho das culturas (SOUZA; RESENDE, 2006).

O estado do Paraná, até o início do século XX apresentava uma composição florística natural bastante rica, com cerca de 85% de sua superfície coberta por florestas. Com a introdução de atividades agropastoris, esta houve

redução para menos de 10% do tamanho original. Em ambientes com floresta nativa, tem-se um perfeito equilíbrio no balanço energético e hídrico, visto que há absorção da energia solar incidente pelo dossel e grande parte da energia líquida (70 a 90%) é utilizada, preponderantemente, no processo de transpiração, com alguma perda por evaporação (HOUGHTON et al., 2000). A cobertura florestal impede a exposição solar direta do solo e evita o aumento da amplitude térmica, da umidade do ar e impede o aumento da velocidade dos ventos, além de ser fundamental para a sobrevivência e conservação da fauna (SOARES; MEDRI, 2002).

A mudança na cobertura do solo com a retirada da vegetação nativa causa significativa alteração nos balanços energético e hídrico do ambiente, além do impacto inicial da queima do estoque de carbono. A queima da vegetação é apontada como um dos principais causadores do aquecimento global, através da liberação de CO₂ para a atmosfera (FARIA, 1997; CERRI et al., 2002).

O objetivo desse trabalho foi usar a mata nativa como referência para quantificar o impacto na temperatura e umidade do solo em sistemas de PD (plantio direto) e PC (plantio convencional). As informações foram comparadas com os dados medidos com geotermômetro sob solo descoberto na estação meteorológica convencional próxima.

5.4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido na Fazenda Experimental do Instituto Agrônomo do Paraná - IAPAR, no município de Londrina, PR, cujas coordenadas geográficas são: altitude 610 m, latitude 23°23'S e longitude 50°11'W. O solo é do tipo Latossolo Vermelho Distroférico com 82% de argila (Santos et al., 2013). O clima da região é do tipo Cfa, descrito como clima subtropical úmido com verão quente, segundo a classificação de Köppen. A temperatura média anual é 21°C, a média do mês mais quente é 23,9°C (janeiro) e a média do mês mais frio 16,9°C (julho). A precipitação média anual é 1.610 mm, sendo dezembro, janeiro e fevereiro os meses mais chuvosos e junho, julho e agosto os mais secos (IAPAR, 2012).

As avaliações foram realizadas em três tratamentos, sendo estes: plantio convencional, plantio direto e mata nativa (referência).

A área de plantio convencional (PC) foi cultivada com algodão no verão e permaneceu em pousio no restante do ano, durante os últimos 20 anos. A

área de plantio direto (PD) vem sendo cultivada com soja no verão e aveia preta durante o inverno, nos últimos oito anos. Para as medições microclimáticas nestas áreas agrícolas, foram mantidos lotes de 900 m² sem implantação da cultura com solo descoberto e em plantio direto. A mata nativa (MN) é um fragmento de Mata Atlântica, que outrora cobria quase todo o estado do Paraná, mantido pelo Instituto Agrônomo do Paraná como reserva legal. A área é de, aproximadamente dois hectares e as medições climáticas foram realizadas no centro do fragmento florestal, sob as copas das árvores.

No período de março de 2011 a setembro de 2012, a temperatura média diária do solo a 0,02 e 0,10 m de profundidade foi coletada através de termistores modelo 107B, instalados nos três ambientes de cobertura do solo: plantio direto sem revolvimento do solo, plantio convencional com revolvimento do solo e na mata nativa, utilizada como referência. Os sensores foram conectados a sistemas automáticos de aquisição de dados (ref. com. Campbell Sci., Modelo CR 10X), instalados em cada ambiente estudado.

Com os valores diários para cada profundidade foram calculadas as médias abrangendo as quatro estações do ano.

As informações dos três ambientes também foram comparadas com dados de solo nu obtidos de geotermômetros, instalados a 0,02 e 0,10 m de profundidade na estação meteorológica convencional do IAPAR próximo aos locais avaliados. As leituras foram realizadas às 9, 15 e 21 horas e a temperatura média diária foi calculada através da equação 1.

$$t_m = (t_9 + t_{15} + 2t_{21})/4 \quad (1)$$

em que:

t_m = temperatura média;

$t_{9,15,21}$ = temperatura às 9, 15 e 21 horas, respectivamente.

A quantidade de água presente no solo foi monitorada quinzenalmente de dezembro/2011 a novembro de 2012. Os dados foram obtidos por meio do método gravimétrico, o qual consistiu na coleta e determinação dos pesos de amostras de solos nas camadas de 0,0-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,30 e 0,30-0,40 m, com quatro repetições por tratamento. As amostras foram secas em estufa

com temperatura em torno de 65°C até se obter o peso constante. A umidade em massa foi transformada para umidade volumétrica (θ) por meio da expressão:

$$\theta = \frac{\text{Peso úmido} - \text{Peso seco}}{\text{Peso seco}} \cdot DS \cdot 100 \quad (\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}) \quad (2)$$

5.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.5.1 Temperatura do Solo

A Tabela 5.1 apresenta as temperaturas médias do solo e as médias das máximas e das mínimas nas quatro estações do ano. Nas quatro estações a temperatura na MN foi inferior às dos demais ambientes, devido à menor quantidade de radiação que atinge a superfície do solo. De uma maneira geral, o PC apresenta as maiores temperaturas, por ter a superfície diretamente exposta ao aquecimento.

Tabela 5.1 – Temperatura média (Tmed), temperatura média das máximas (Tmax), temperatura média das mínimas (Tmin) do solo a 0,02 e 0,10 m, nas quatro estações do ano de 2011, para os sistemas de cultivo convencional (PC), plantio direto (PD) e mata nativa (MN).

	Tmed					Tmax					Tmin				
	PD	PC	MN	PD- MN	PC- MN	PD	PC	MN	PD- MN	PC- MN	PD	PC	MN	PD- MN	PC- MN
Profundidade 0,02 m															
VERÃO	24,9	27,0	20,0	5,0	7,1	27,8	32,4	21,4	6,4	11,0	21,8	23,2	18,3	3,5	4,8
OUTONO	21,2	20,4	16,6	4,6	3,8	25,7	26,1	19,3	6,4	6,8	18,3	16,5	13,8	4,4	2,7
INVERNO	16,8	17,7	14,3	2,5	3,4	19,1	19,3	16,0	3,1	3,3	12,7	13,4	10,9	1,7	2,5
PRIMAVERA	21,4	24,9	18,7	2,7	6,1	23,4	31,3	22,2	1,2	9,1	19,9	21,0	16,8	3,2	4,2
Média	21,1	22,5	17,4	3,7	5,1	24,0	27,3	19,7	4,3	7,5	18,2	18,5	15,0	3,2	3,5
Profundidade 0,10 m															
VERÃO	25,2	26,3	22,1	3,1	4,2	28,7	29,4	23,0	5,7	6,4	22,5	23,9	21,0	1,5	2,9
OUTONO	21,2	21,0	19,0	2,2	2,0	24,4	23,4	21,4	3,0	2,0	17,9	18,3	13,6	4,3	4,7
INVERNO	18,4	17,8	16,2	2,2	1,7	20,5	19,6	17,8	2,7	1,8	15,0	13,8	18,8	-3,8	-5,1
PRIMAVERA	23,9	24,9	19,9	3,9	5,0	26,8	31,5	21,0	5,8	10,5	23,1	22,4	20,6	2,5	1,7
Média	22,2	22,5	19,3	2,9	3,2	25,1	25,9	20,8	4,3	5,2	19,6	19,6	18,5	1,1	1,1

Na profundidade de 0,10 m a diferença entre (PD e PC) e a MN foi superior nas estações do outono e inverno PD, onde a cobertura morta mantém o solo aquecido. Com relação à temperatura mínima, embora negativa, o PD superou o PC nesta estação.

Em 2012 no PC a temperatura do solo a 0,02 m foi superior nas quatro estações do ano (Tabela 5.2). A MN manteve os valores mais baixos da temperatura do solo nas estações do verão e outono. Porém no inverno a temperatura do solo do PD foram as mais baixas, e na MN e PC mais aquecidos.

Tabela 5.2 – Temperatura média (Tmed), temperatura média das máximas (Tmax), temperatura média das mínimas (Tmin) do solo a 0,02 e 0,10 m, nas quatro estações do ano de 2012, para os sistemas de cultivo convencional (PC), plantio direto (PD) e mata nativa (MN).

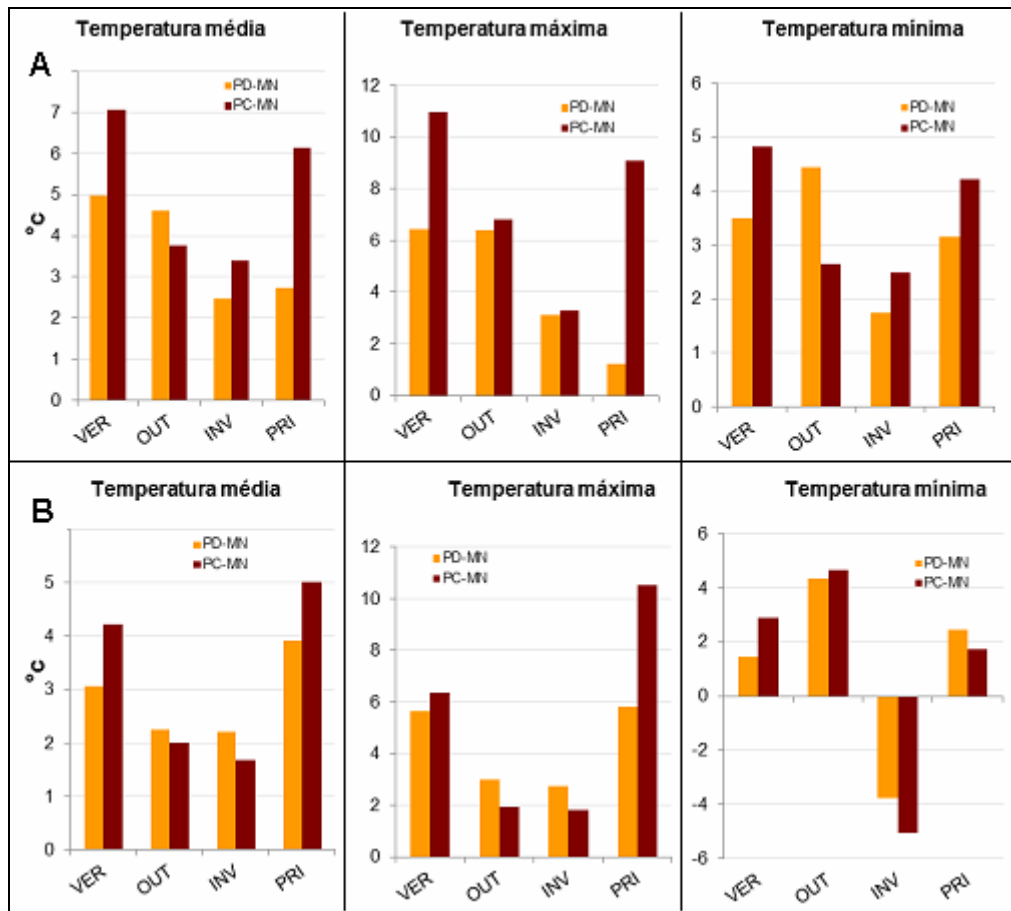
	Tmed					Tmax					Tmin				
	PD	PC	MN	PD- MN	PC- MN	PD	PC	MN	PD- MN	PC- MN	PD	PC	MN	PD- MN	PC- MN
Profundidade 0,02 m															
VERÃO	23,0	39,8	19,9	3,1	19,8	23,4	45,3	21,0	2,4	24,3	22,6	33,9	18,0	4,6	15,9
OUTONO	22,9	23,4	18,2	4,7	5,2	25,7	25,8	19,8	5,9	6,0	20,4	20,6	15,8	4,6	4,8
INVERNO	13,1	16,7	15,5	-2,4	1,1	14,0	17,6	17,7	-3,7	-0,1	11,2	14,8	12,4	-1,2	2,5
PRIMAVERA	17,8	21,0	17,7	0,1	3,3	20,4	23,8	20,4	0,0	3,4	14,7	17,3	13,7	1,1	3,6
Média	19,2	25,2	17,8	1,4	7,4	20,9	28,1	19,7	1,2	8,4	17,2	21,7	15,0	2,3	6,7
Profundidade 0,10 m															
VERÃO	24,8	24,2	21,7	3,1	2,5	25,6	25,4	22,3	3,2	3,1	23,8	22,0	20,6	3,2	1,4
OUTONO	25,6	23,9	20,4	5,2	3,5	28,2	25,6	21,4	6,8	4,1	23,5	21,9	19,3	4,2	2,7
INVERNO	16,4	17,0	16,8	-0,4	0,3	17,0	17,8	17,6	-0,6	0,2	14,4	15,7	15,2	-0,8	0,5
PRIMAVERA	19,9	21,3	18,5	1,5	2,8	22,7	23,5	20,2	2,5	3,3	17,3	18,6	16,4	0,9	2,2
Média	21,7	21,6	19,3	2,3	2,3	23,3	23,0	20,4	3,0	2,7	19,8	19,5	17,9	1,9	1,7

Na profundidade de 0,10 m, observa-se que no sistema de PD, as temperaturas foram superiores ao PC e a MN nas estações de verão e outono, tendo queda acentuada no inverno e elevação na primavera. Na MN, a temperatura foi mais baixa nas estações do verão, outono e primavera. Na estação do inverno, o PD manteve o valor da temperatura mais baixo.

As Figuras 5.5 e 5.6 apresentam as diferenças de temperatura observadas nos anos de 2011 e 2012, respectivamente, entre os ambientes agrícolas (PD e PC) e a MN. Na primavera e no verão, as diferenças são maiores e mais acentuadas para a temperatura máxima. Na camada superficial (0,02 m), a temperatura média no ano de 2011 apresentou diferenças entre o plantio convencional e o ambiente de mata de 7°C no verão e 6°C na primavera, enquanto as diferenças para a máxima foram de 11 e 9°C, respectivamente. A 0,10 m de profundidade, essas estações do ano mantiveram as maiores diferenças, que foram mais pronunciadas na primavera, quando o solo do plantio convencional ainda se encontra em período significativo de pousio. É interessante observar que a 0,10 m,

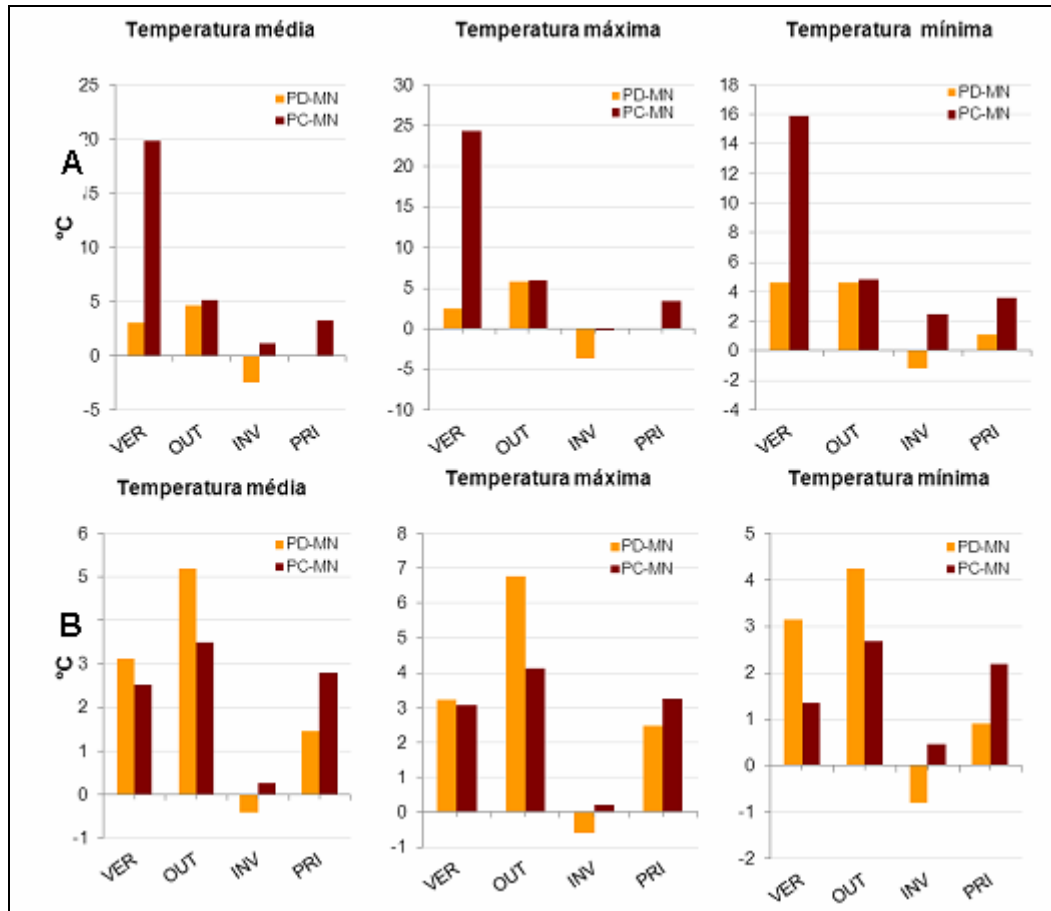
durante o inverno, as temperaturas mínimas foram inferiores ao ambiente de mata, devido à intensa perda de calor noturno.

Figura 5.1 – Diferença entre as temperaturas do solo (A= 0,02 m e B= 0,10 m) para solos agrícolas e mata nativa, em 2011.



O ano de 2012 teve um inverno muito mais frio do que em 2011, com ocorrência de geadas fortes. Neste ano, foram observadas diferenças marcantes à profundidade de 0,02 m no período de verão, atingindo 20°C na temperatura média, 24 °C na máxima e 16 °C na mínima. Na primavera e no inverno, as diferenças foram menores, devido às condições climáticas do ano. A 0,10 m, novamente se verificou menores temperaturas sob plantio convencional comparado com o ambiente de mata.

Figura 5.2 – Diferença entre as temperaturas do solo (A= 0,02 m e B= 0,10 m) para solos agrícolas e mata nativa, em 2012.



5.5.1.1 Estudo de caso: efeito da cobertura pela cultura da soja na safra 2011/2012

A Figura 5.3 apresenta as temperaturas diárias do solo às 15 horas, nas profundidades de 0,02 m e 0,10 m sob mata nativa, sistema de cultivo convencional, plantio direto e solo sem cobertura na estação meteorológica. Foram consideradas três etapas: solos agrícolas em pousio, com cobertura parcial pela soja e com cobertura plena. Esse horário é próximo de máxima temperatura no solo. Verifica-se que no período de pousio o PC apresenta valores que são inclusive superiores ao solo nu na estação meteorológica, ultrapassando em alguns dias 50°C a 0,02 m. Mesmo quando a cultura está cobrindo o solo ainda se verificam valores mais elevados no PC, devido à transmissão da radiação.

Figura 5.3 – Temperatura do solo a 0,02 m e 0,10 m às 15 horas, nas seguintes fases: A – A1) pousio, B – B1) cobertura parcial do solo e C - C1) cobertura total do solo.

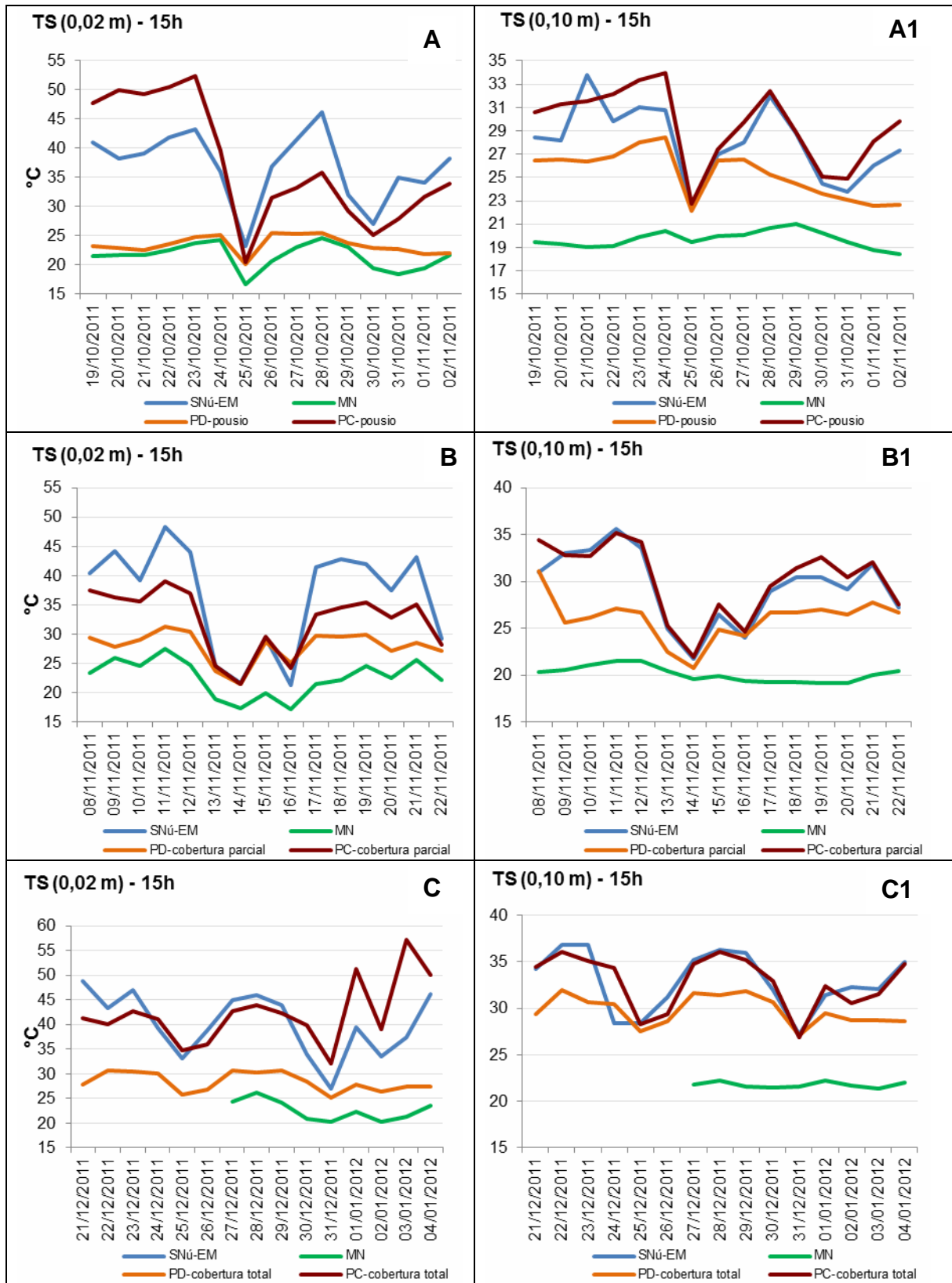
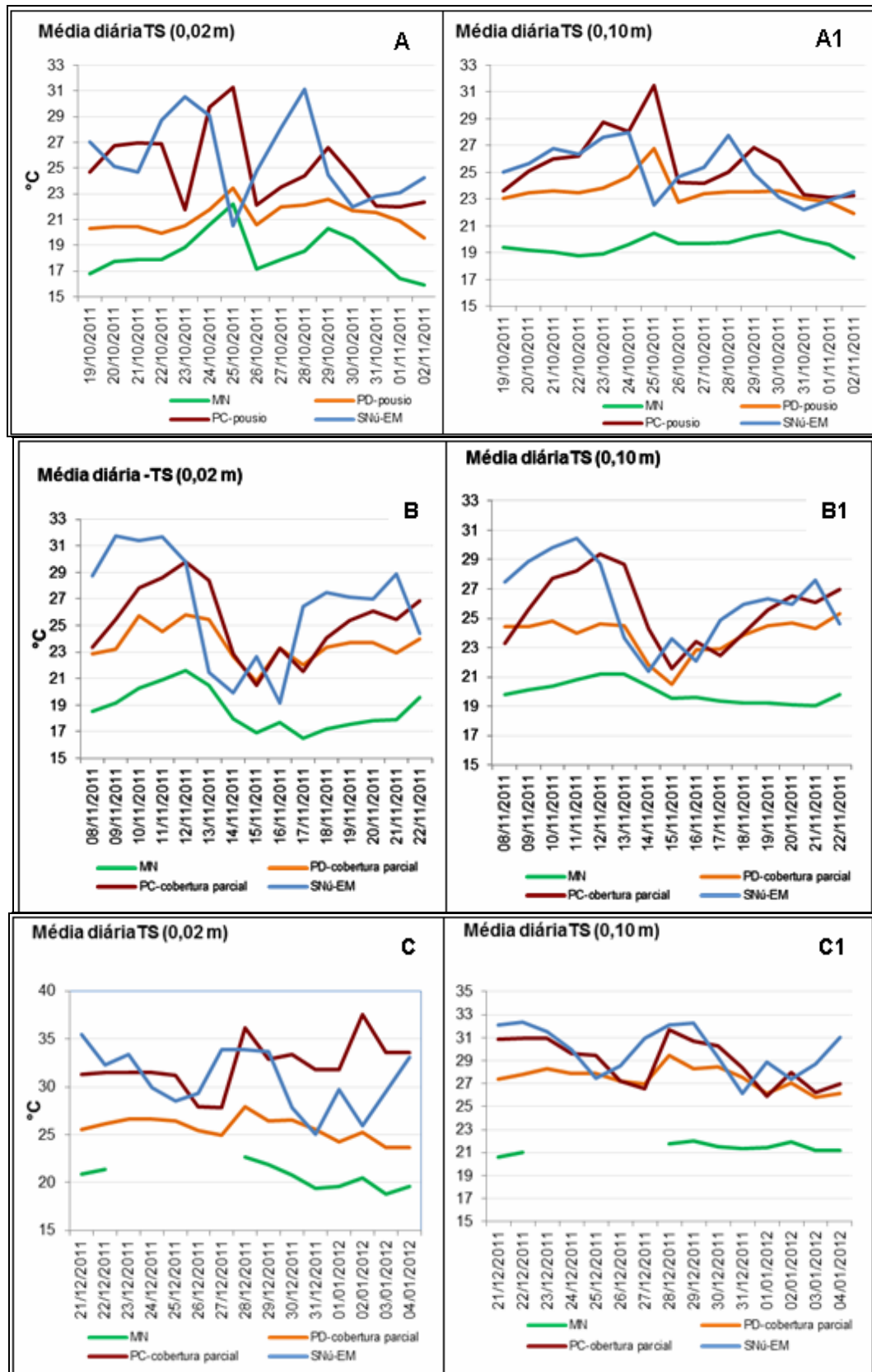


Figura 5.4 – Temperatura média do solo a 0,02 m e 0,10 m, nas seguintes fases: A – A1) pousio, B – B1) cobertura parcial do solo e C - C1) cobertura total do solo.



Observa-se que o PD apresenta valores de temperaturas bem inferiores ao PC, devido à proteção da superfície exercida pela palhada.

A Figura 5.4 apresenta os valores médios diários de temperatura do solo sob mata, PC, PD e solo nu na estação meteorológica, a 0,02 e 0,10 m de profundidade, em três fases: pousio, cobertura parcial da soja e cobertura plena da soja. Novamente verificam-se as maiores temperaturas no PC e solo nu da estação meteorológica, seguidos do PD e mata. As maiores temperaturas atingem entre 30 e 35°C.

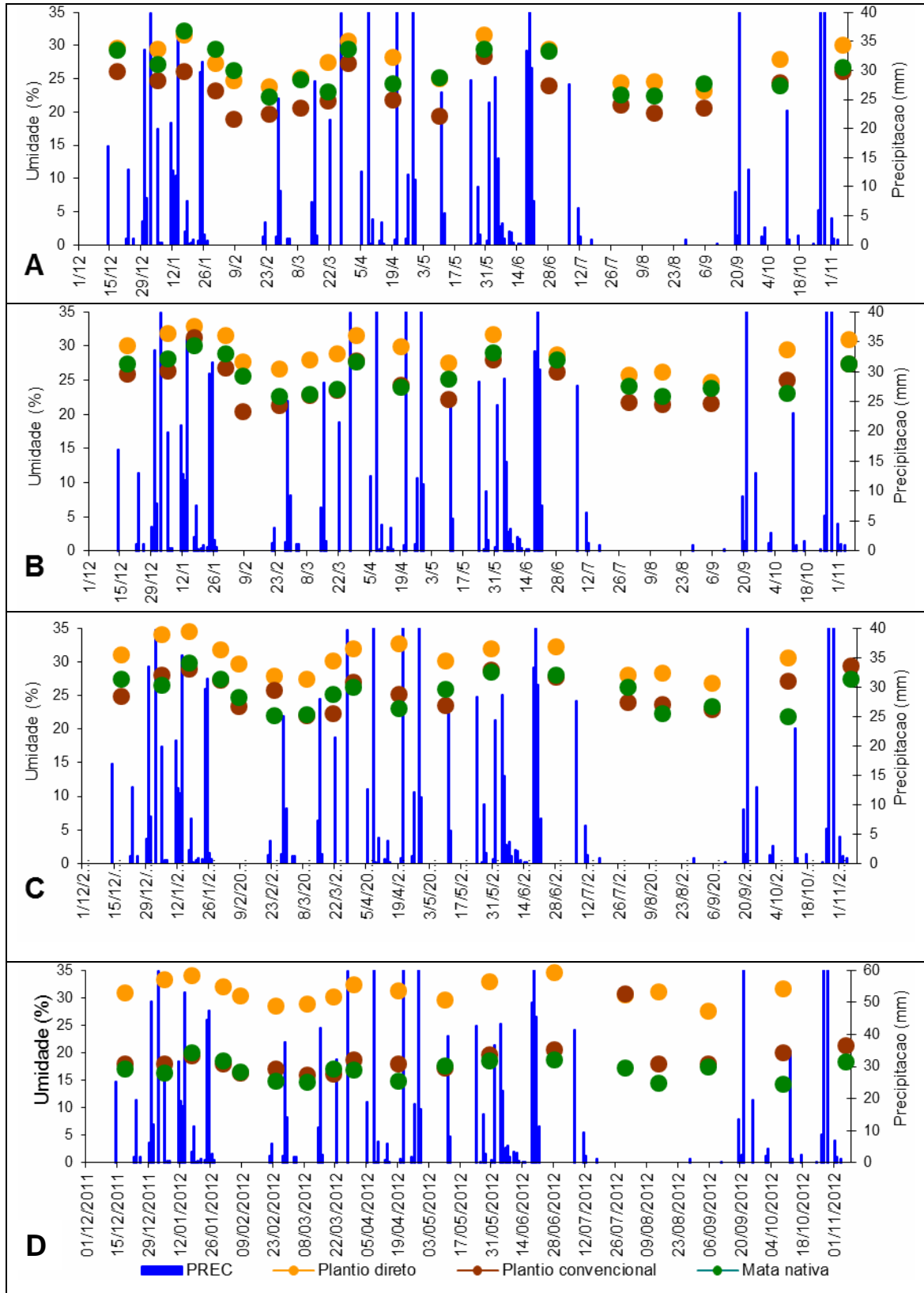
5.5.2 Umidade do Solo

A Figura 5.5 mostra os valores de umidade do solo em quatro camadas do solo e a precipitação no período de 1/12/2011 a 7/11/2012, sob mata nativa, plantio direto e plantio convencional, em Londrina, PR.

Na camada 0,0-0,10 m observa-se tendência de haver secamento mais rápido do solo sob cultivo convencional, que apresentou menor umidade. A vantagem do plantio direto sobre os demais se acentua com a profundidade do solo, ficando mais evidente na camada de 0,30-0,40 m.

No caso da mata nativa, em geral verificou-se um comportamento intermediário nos valores de umidade do solo, devido à elevada porosidade do solo. A porosidade faz com que a água retida no solo seja menor e também a atividade radicular das plantas componentes do ecossistema, que extraem água do solo.

Figura 5.5 – Umidade do solo nas camadas 0,0-0,10 m (A), 0,10-0,20 m (B), 0,20-0,30 m (C), 0,30-0,40 m (D) e precipitação no período de 1/12/2011 a 7/11/2012, sob mata nativa, sistema de cultivo convencional e plantio direto, em Londrina, PR.



Portanto, com base nos dados da (Figura 5.5) é de se esperar que as culturas no solo sob plantio direto resistam mais aos veranicos que ocorrem com elevada frequência na agricultura paranaense. O solo de mata tem papel importante na recarga dos mananciais, permitindo a infiltração da água das chuvas, e na reciclagem da água por meio da transpiração. Porém, não apresenta retenção elevada de umidade nas camadas superficiais, sofrendo secamento rápido, também agravado pela presença das raízes da vegetação componente do ecossistema.

Na temperatura do solo foram observadas diferenças expressivas em função do seu uso. As diferenças foram mais pronunciadas no cultivo convencional a 0,02 m e foram mais elevadas no verão, atingindo 20°C para a média, 24°C para a máxima e 16°C para a mínima. A 0,10 m de profundidade as diferenças foram maiores no outono e variaram de 5 a 7°C.

5.6 CONCLUSÕES

Para as condições do ensaio, conclui-se que:

- No cultivo convencional a temperatura do solo é mais elevada devido á exposição direta da superfície ao aquecimento provocado pela radiação solar incidente.
- No ambiente de mata as temperaturas são mais amenas e mais constantes dentro do perfil do solo.
- No inverno os sistemas agrícolas atingem temperaturas mínimas inferiores ao ambiente de mata, devido à perda noturna de calor mais intensa.

Referências

CASÃO JUNIOR, R.; ARAÚJO, A. G. de; LLANILLO, R. F. **Plantio direto no Sul do Brasil: fatores que facilitaram a evolução do sistema e o desenvolvimento da mecanização conservacionista**. Londrina, PR: IAPAR, 2012. 77 p.

CERRI, C.C.; BERNOUX, M.; CARVALHO, M.C.S.; VOLKOFF, B. **Emissões e Remoções de Dióxido de Carbono pelos Solos e por Mudanças de Uso da Terra e Calagem**. Relatório de Referência, Ministério da Ciência e Tecnologia. 2002

FARIA, J.A. **Levantamento de dados para avaliação das emissões de gases de efeito estufa devido às mudanças nos estoques de florestas**. Belo Horizonte: ABRACAVE. 1997.

GASPARIN, E.; Ricieri, R. P.; Silva, S. L.; Dallacort, R.; Gnoatto, E. Temperatura no perfil do solo utilizando duas densidades de cobertura e solo nu. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 27, p.107-115, 2005.

GUBERT FILHO, F.A. História do desmatamento no Estado do Paraná e sua relação com a reforma agrária. In: GUBERT FILHO, F.A. **Reforma agrária e meio ambiente**. Disponível em: <http://www.itcg.pr.gov.br/arquivos/File/LIVRO_REFORMA_AGRARIA_E_MEIO_AMBIENTE/PARTE_1_1_FRANCISCO_GUBERT.pdf>, p.15-25. 1998. Acesso em: 20 jan. 2014.

HOUGHTON, R.A.; SKOLE, D.L.; NOBRE, C.A.; HACKLER, J.L.; LAWRENCE, K.T.; CHOMENTOWSKI, W.H. Annual fluxes of carbon from deforestation and regrowth in the Brazilian Amazon. **Nature**, n.403, p.301-304, 2000.

IAPAR. **Agrometeorologia**. Cartas Climáticas. Instituto Agrônomo do Paraná. Disponível em: <<http://www.iapar.br/>>. Acesso em: 20 dez. 2012.

MELO, J.F.; SILVA, J.R.C. Erosão, teor de água no solo e produtividade do milho em plantio direto e preparo convencional de um podzólico vermelho-amarelo no Ceará. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.17, p.291-297, 1993.

MALUF, L.E.J.; MADEIRA, N.R.; BIGUZZI, F.A.; DARIOLLI, L.; SANTOS, F.H.V.; GOMES, L.A.A. 2004. Avaliação de cultivares de alface americana em diferentes tipos de cobertura do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 44. **Anuais...** Campo Grande: SOB (CD-ROM)

PEREIRA, A.R. Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas / Antônio Roberto Pereira, Luiz Roberto Angelocci, Paulo César Sentelhas. - Guaíba: Agropecuária, 2002. 478p. **CLIMANÁLISE, 2003**. Boletim de Monitoramento e Análise Climática. Vol. 18 nº2. INPE, São José dos Campos.

PINHEIRO, F. M. A.; OLIVEIRA, L.A.; GONÇALVES, P.H.L.; CHAVES, J. G.; RIBEIRO, J. B. M. 2002. Influência da cobertura plástica na Geotemperatura de áreas cultivadas na Amazônia Oriental. XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Foz de Iguaçu-PR, p.2537.

REICHARDT, K.; TIMM, L.C. **Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações**. 2ª ed., Barueri: Manole, 2012. XXIV, 500 p.

SANTOS, R. D. dos; LEMOS, R. C. de; SANTOS, H. G. dos; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. dos; SHIMIZU, S. H. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 6. ed. rev. e ampl. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo / Ed. Suprema Gráfica e Editora Ltda, 2013. 100p.

SOARES, F. S.; MEDRI, M. E. Alguns aspectos da colonização da bacia do rio Tibagi, p.69-79. In: MEDRI, M. E.; BIANCHINI, E.; SHIBATTA, O. A.; PIMENTA, J. A. **A Bacia do rio Tibagi**. Londrina, PR, 2002, 595 p.

SOUZA JL; RESENDE P. 2006. **Manual de Horticultura Orgânica**. 2 ed. Viçosa: Aprenda Fácil Editora, 843 p.: il.

RIBEIRO, M. de A. dos S.; SKORA NETO, F.; SANTOS, J. A. B. Plantio direto na pequena propriedade. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 22, n. 208, p. 100-108, 2001.

CONCLUSÕES GERAIS

Nesta tese foram realizados estudos microclimáticos para caracterizar as alterações ocorridas em áreas agrícolas com cultivo convencional e plantio direto, comparando com o ambiente original de floresta nativa. A presença de uma densa camada de húmus superficial na área de floresta reduz a densidade do solo e aumenta a macroporosidade, diminuindo assim a retenção de água em relação aos solos agrícolas. A retirada da vegetação expõe a superfície do solo à incidência da radiação solar e reduz o teor de matéria orgânica no perfil. As temperaturas do ar foram mais elevadas nas áreas agrícolas do que no ambiente de floresta, com exceção das mínimas no inverno que foram menores nos ambientes agrícolas. No cultivo convencional observa-se as maiores temperaturas do solo, enquanto que no plantio direto a palhada sobre a superfície atua como isolante térmico, reduzindo os extremos. A umidade no solo em geral foi mais elevada no sistema de plantio direto, provavelmente pela redução do componente de evaporação. Os resultados obtidos nesse estudo indicam que a retirada da floresta afeta drasticamente o ambiente acima e abaixo da superfície do solo. A presença de um dossel com copas elevadas causa a redução dos extremos térmicos, devido à baixa entrada e perda radiativa do sistema. O plantio direto é uma técnica eficiente no controle da erosão, aumento da infiltração, redução da temperatura do solo e melhoria da umidade no perfil.

Como estudos futuros, sugere-se:

- Realizar caracterizações físico-hídricas até 1,0 m de profundidade, para verificar onde há efeito pronunciado do ambiente de mata sobre as propriedades do solo no perfil.
- Estudo detalhado da infiltração da água nos três sistemas, com maiores intensidades de precipitação, visando identificar o início de escoamento em cada um dos sistemas.