

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**MICROCLIMA E CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS EM
DIFERENTES ESPAÇAMENTOS E POPULAÇÕES NA
CULTURA DO MILHO**

**Mariangela Alves Gutierrez
(Bióloga)**

**JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL
2010**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**MICROCLIMA E CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS EM
DIFERENTES ESPAÇAMENTOS E POPULAÇÕES NA
CULTURA DO MILHO**

Mariangela Alves Gutierrez

Orientador: Prof. Dr. Jairo Osvaldo Cazetta

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutora em Agronomia (Ciência do Solo)

**JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL
2010**

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

Mariangela Alves Gutierrez – Em 2001, graduou-se em Ciências Biológicas pelo Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas – IBILCE – Unesp. Em meados de 2002, iniciou seus trabalhos de Treinamento Técnico de nível III com bolsa FAPESP. Concluiu seu mestrado em Agronomia (Produção Vegetal) na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – FCAV, Unesp, Campus de Jaboticabal em julho de 2006. Em agosto do mesmo ano ingressou no curso de Doutorado em Agronomia (Ciência do Solo) na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - FCAV, Unesp, Campus de Jaboticabal – SP.

O que fez uma bióloga em um curso de pós-graduação em Agronomia? Durante todos esses anos ouvi essa pergunta vinda das mais diversas fontes. No início, eu não sabia ao certo como explicar o que havia me motivado a isso.

Assim, estou decidida a tentar responder mais uma vez...

Após me formar em Ciências Biológicas, sentia a necessidade de ter contato com algo mais aplicado, ou seja, que fosse voltado mais para o lado “prático”, o que eu sabia que encontraria na área de Agronomia e encontrei!

O que eu aprendi?

Com os agrônomos descobri que o idealismo pode ser bom, mas não resolve “os problemas do mundo” e que pensar em produção é sim fundamental. Mas com os biólogos eu aprendi que sem certa dose de idealismo e até de radicalismo podemos “acabar” com o ambiente.

Com os biólogos aprendi que não há sequer uma espécie que seja mais importante que qualquer outra, mas com os agrônomos aprendi que as espécies de interesse comercial são realmente importantes para a humanidade.

Apesar de ter tornado meu caminho muito mais difícil, posso dizer finalmente que encontrei o que eu tanto buscava: O conhecimento do caminho do meio!

Mariangela Alves Gutierrez

À minha filha Ana Luisa Alves Gutierrez

Dedico

*Aos meus pais José Carlos Alves e Maria
Aparecida Debortoli Alves e aos meus irmãos
José Carlos Alves Junior e Carlos Roberto
Alves*

Ofereço

AGRADECIMENTOS

Ao prof. Dr. Jairo Osvaldo Cazetta pela orientação e incentivo.

Aos funcionários e docentes do Departamento de Tecnologia pela disponibilização da infraestrutura e pelo apoio dispensados à realização dos trabalhos.

À Maria Andréia Nunes, amiga de todas as horas, pelas dicas e “puxões de orelha”.

Ao Sr. José Carlos Alves pelo fornecimento da área para instalação do experimento e pelo esforço incansável para que tudo desse certo.

Aos meus pais, por me ajudarem nas avaliações experimentais e por estarem comigo na madrugada coletando os dados de temperatura e umidade.

Aos funcionários da Seção de Pós-graduação por serem tão pacientes e solícitas, apesar de toda a sobrecarga.

À Profa. Dra. Elenice de Cássia Conforto, do Ibilce, pelo apoio e fornecimento de equipamento.

Ao Flávio Henrique Gutierrez Nogueira por me ajudar no desbaste das plantas e principalmente, por me ensinar a ser mais forte.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

Às pessoas especiais que torceram por mim, mesmo à distância.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	iii
LISTA DE FIGURAS	iv
RESUMO	x
SUMMARY	xii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. Aspectos gerais da cultura do milho.....	
2.2. Implicações do espaçamento entre linhas na cultura do milho.....	5
2.3. Efeitos da redução do espaçamento entre linhas sobre rendimento de grãos.....	6
2.4. Limitações e perspectivas da utilização de espaçamentos entre linhas reduzidos.....	8
2.5. Exigências climáticas da cultura do milho.....	9
2.6. Radiação fotossinteticamente ativa (RFA), índice de área foliar e produção vegetal.....	10
3. MATERIAL E MÉTODOS	12
3.1. Local do experimento.....	12
3.2. Instalação e condução do experimento.....	12
3.3. Avaliações dos componentes microclimáticos.....	14
3.4. Determinação das atividades enzimáticas no solo.....	15
3.5. Avaliações agronômicas.....	17
3.6. Análises estatísticas.....	19
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
4.1. Comportamento nictemeral das temperaturas do ar e do solo e variações na umidade do ar.....	20
4.2. Variações dos componentes microclimáticos em função do espaçamento entre linhas.....	24
4.3. Atividades enzimáticas no solo sob plantas submetidas a diferentes espaçamentos entre linhas.....	29
4.4. Efeitos das modificações nos espaçamentos entre linhas	31

na área foliar e relações entre RFA, IAF e altura das plantas.....	
4.5. Componentes agronômicos.....	37
5. CONCLUSÕES.....	54
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55
7. APÊNDICE.....	64

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Resultados da análise química do solo (0-20 cm) utilizado no experimento de milho submetido a diferentes espaçamentos entre linhas/densidades populacionais. Os espaçamentos entre linhas de 40, 60, 80, 100, 120, 140 e 160 cm correspondem às densidades populacionais de 125.000, 83.300, 62.500, 50.000, 41.666, 35.714 e 31.250 plantas, respectivamente. Safra 2007/2008. Monte Aprazível, SP.....	12
Tabela 2. Distribuição espacial de plantas de milho correspondente à população de cada tratamento no experimento de milho submetido a diferentes espaçamentos entre linhas. Os espaçamentos entre linhas de 40, 60, 80, 100, 120, 140 e 160 cm correspondem às densidades populacionais de 125.000, 83.300, 62.500, 50.000, 41.666, 35.714 e 31.250 plantas, respectivamente. Safra 2007/2008. Monte Aprazível, SP.....	13

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Variação nictemeral da temperatura do ar a 1 m da superfície do solo em diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais na cultura do milho. Os espaçamentos entre linhas de 40, 60, 80, 100, 120, 140 e 160 cm correspondem às densidades populacionais de 125.000, 83.300, 62.500, 50.000, 41.666, 35.714 e 31.250 plantas, respectivamente. Monte Aprazível. Safra 2007/2008.....	20
Figura 2. Variação nictemeral da temperatura do solo a 5 cm de profundidade em diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais na cultura do milho. Os espaçamentos de 40, 60, 80, 100, 120, 140 e 160 cm correspondem às densidades populacionais de 125.000, 83.300, 62.500, 50.000, 41.666, 35.714 e 31.250 plantas, respectivamente. Monte Aprazível. Safra 2007/2008.....	21
Figura 3. Variação da umidade relativa do ar entre 9 e 18 horas a 1m da superfície do solo em diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais na cultura do milho. Os espaçamentos de 40, 60, 80, 100, 120, 140 e 160 cm correspondem às densidades populacionais de 125.000, 83.300, 62.500, 50.000, 41.666, 35.714 e 31.250 plantas, respectivamente. Monte Aprazível. Safra 2007/2008.....	23
Figura 4. Variação das temperaturas máximas do ar e do solo em função do espaçamento entre linhas e da densidade populacional da cultura do milho. Os espaçamentos de 40, 60, 80, 100, 120, 140 e 160 cm correspondem às densidades populacionais de 125.000, 83.300, 62.500, 50.000, 41.666, 35.714 e 31.250 plantas, respectivamente. Monte Aprazível. Safra 2007/2008.....	24
Figura 5. Variação das temperaturas mínimas do ar e do solo em função do espaçamento entre linhas e da densidade populacional da cultura do milho. Os espaçamentos de 40, 60, 80, 100, 120, 140 e 160 cm correspondem às densidades populacionais de 125.000, 83.300, 62.500, 50.000, 41.666, 35.714 e 31.250 plantas, respectivamente. Monte Aprazível. Safra 2007/2008.....	26
Figura 6. Variação das umidades máximas e mínimas do ar em função do espaçamento entre linhas e da densidade populacional da cultura do milho. Os espaçamentos de 40, 60, 80, 100, 120, 140 e 160 cm correspondem às densidades populacionais de 125.000, 83.300, 62.500, 50.000, 41.666, 35.714 e 31.250 plantas, respectivamente. Monte Aprazível. Safra	27

2007/2008.....	
Figura 7. Variação da umidade média do solo em função dos espaçamentos entre linhas e da densidade populacional da cultura do milho. Os espaçamentos de 40, 60, 80, 100, 120, 140 e 160 cm correspondem às densidades populacionais de 125.000, 83.300, 62.500, 50.000, 41.666, 35.714 e 31.250 plantas, respectivamente. Monte Aprazível. Safra 2007/2008.....	27
Figura 8. Variação do percentual de radiação fotossinteticamente ativa absorvido por todo o dossel de milho (RFA-A) em função do espaçamento entre linhas e da densidade populacional. Os espaçamentos de 40, 60, 80, 100, 120, 140 e 160 cm correspondem às densidades populacionais de 125.000, 83.300, 62.500, 50.000, 41.666, 35.714 e 31.250 plantas, respectivamente. Monte Aprazível. Safra 2007/2008.....	28
Figura 9. Atividade da urease em solo sob cultivo de milho em diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais. Os espaçamentos de 40, 60, 80, 100, 120, 140 e 160 cm correspondem às densidades populacionais de 125.000, 83.300, 62.500, 50.000, 41.666, 35.714 e 31.250 plantas, respectivamente. Safra 2007/2008. Monte Aprazível, SP.....	30
Figura 10. Atividade da fosfatase em solo sob cultivo de milho em diferentes espaçamentos entre linhas e densidade de plantas. Os espaçamentos de 40, 60, 80, 100, 120, 140 e 160 cm correspondem às densidades populacionais de 125.000, 83.300, 62.500, 50.000, 41.666, 35.714 e 31.250 plantas, respectivamente. Safra 2007/2008. Monte Aprazível, SP.....	30
Figura 11. Atividade da desidrogenase em solo sob cultivo de milho em diferentes espaçamentos entre linhas e densidades de plantas. Os espaçamentos de 40, 60, 80, 100, 120, 140 e 160 cm correspondem às densidades populacionais de 125.000, 83.300, 62.500, 50.000, 41.666, 35.714 e 31.250 plantas, respectivamente. Safra 2007/2008. Monte Aprazível, SP.....	31
Figura 12. Área foliar das plantas de milhos submetidas a diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais. Os espaçamentos de 40, 60, 80, 100, 120, 140 e 160 cm correspondem às densidades populacionais de 125.000, 83.300, 62.500, 50.000, 41.666, 35.714 e 31.250 plantas, respectivamente. Monte Aprazível, SP. Safra 2007/2008.....	32
Figura 13. Área foliar das plantas de milhos submetidas a diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais. Os espaçamentos entre linhas de 40, 60, 80, 100, 120, 140 e 160 cm correspondem às	32

densidades populacionais de 125.000, 83.300, 62.500, 50.000, 41.666, 35.714 e 31.250 plantas, respectivamente. Monte Aprazível, SP. Safra 2007/2008.....

Figura 14. Variação do IAF das plantas de milho em função dos diferentes espaçamentos entre linhas. Os espaçamentos entre linhas de 40, 60, 80, 100, 120, 140 e 160 cm correspondem às densidades populacionais de 125.000, 83.300, 62.500, 50.000, 41.666, 35.714 e 31.250 plantas, respectivamente. Monte Aprazível. Safra 2007/2008..... 34

Figura 15. Variação da altura das plantas correspondentes aos diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais em função do percentual de radiação fotossinteticamente ativa absorvido por todo o dossel de milho (RFA-A). Os espaçamentos entre linhas de 40, 60, 80, 100, 120, 140 e 160 cm correspondem às densidades populacionais de 125.000, 83.300, 62.500, 50.000, 41.666, 35.714 e 31.250 plantas, respectivamente. Monte Aprazível. Safra 2007/2008..... 35

Figura 16. Variação da altura das plantas de milho submetidas a diferentes espaçamentos entre linhas/densidades populacionais em função do índice de área foliar. Os espaçamentos entre linhas de 40, 60, 80, 100, 120, 140 e 160 cm correspondem às densidades populacionais de 125.000, 83.300, 62.500, 50.000, 41.666, 35.714 e 31.250 plantas, respectivamente. Monte Aprazível. Safra 2007/2008..... 36

Figura 17. Variação do índice de área foliar em função do percentual de radiação fotossinteticamente ativa absorvido por todo o dossel de milho (RFA-A) submetido a diferentes espaçamentos entre linhas. Os espaçamentos entre linhas de 40, 60, 80, 100, 120, 140 e 160 cm correspondem às densidades populacionais de 125.000, 83.300, 62.500, 50.000, 41.666, 35.714 e 31.250 plantas, respectivamente. Monte Aprazível. Safra 2007/2008. 37

Figura 18. Estatura de plantas de milho submetidas a diferentes espaçamentos entre linhas. Os espaçamentos entre linhas de 40, 60, 80, 100, 120, 140 e 160 cm correspondem às densidades populacionais de 125.000, 83.300, 62.500, 50.000, 41.666, 35.714 e 31.250 plantas, respectivamente. Monte Aprazível, SP. Safra 2007/2008..... 39

Figura 19. Altura de inserção da primeira espiga de plantas de milho submetidas a diferentes espaçamentos entre linhas/densidades populacionais. Os espaçamentos entre linhas de 40, 60, 80, 100, 120, 140 e 160 cm correspondem às densidades populacionais de 125.000, 83.300, 62.500, 50.000, 41.666, 35.714 e 31.250 plantas, respectivamente. Monte Aprazível, SP. Safra 2007/2008..... 40

