

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

**ADUBAÇÃO NITROGENADA E POTÁSSICA EM SOCAS DE CANA-
DE-AÇÚCAR COM E SEM QUEIMA EM SOLOS DE CERRADO**

ALEXANDRA SANAE MAEDA

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia do
Campus de Ilha Solteira – UNESP, como parte
dos requisitos para obtenção do título de Doutor
em Agronomia – Área de Concentração em
Sistemas de Produção.

ILHA SOLTEIRA
Estado de São Paulo – Brasil
Maio - 2009

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA

**ADUBAÇÃO NITROGENADA E POTÁSSICA EM SOCAS DE CANA-
DE-AÇÚCAR COM E SEM QUEIMA EM SOLOS DE CERRADO**

ALEXANDRA SANAE MAEDA

Engenheira Agrônoma

Prof. Dr. SALATIÉR BUZETTI

Orientador

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia do
Campus de Ilha Solteira – UNESP, como parte
dos requisitos para obtenção do título de Doutor
em Agronomia – Área de Concentração em
Sistemas de Produção.

ILHA SOLTEIRA

Estado de São Paulo – Brasil

Maio - 2009

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação da UNESP - Ilha Solteira.

- | | |
|-------|---|
| M184a | <p>Maeda, Alexandra Sanae.</p> <p>Adubação nitrogenada e potássica em socas de cana-de-açúcar com e sem queima em solos de cerrado / Alexandra Sanae Maeda. -- Ilha Solteira : [s.n.], 2009.</p> <p>110 f.</p> <p>Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Especialidade: Sistemas de Produção, 2009</p> <p>Orientador: Salatiér Buzetti</p> <p>Bibliografia: p. 100-110</p> <p>1. Cana-de-açúcar. 2. Macronutrientes. 3. Produtividade. 4. Solos de cerrado.</p> |
|-------|---|



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: Adubação nitrogenada e potássica em socas de cana-de-açúcar com e sem queima em solos de cerrado

AUTORA: ALEXANDRA SANAE MAEDA
ORIENTADOR: Prof. Dr. SALATIER BUZETTI

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR em AGRONOMIA ,
Área: SISTEMAS DE PRODUÇÃO, pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. SALATIER BUZETTI
Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. ANTONIO CESAR BOLONHEZI
Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. MARCELO ANDREOTTI
Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. TAKASHI MURAOKA
Divisão de Produtividade Agroindustrial e Alimentos - CENA / USP

Prof. Dr. CÁSSIO HAMILTON ABREU JÚNIOR
Divisão de Produtividade Agroindustrial e Alimentos - CENA / USP

Data da realização: 05 de maio de 2009.

*Aos meus pais, Jun-iti Maeda e Íris Clara
Maeda, por todo amor, incentivo e
dedicação para eu atingir os meus ideais,*

DEDICO

*Aos meus irmãos Daniela Luri Maeda
Vitor e Victor Jun-iti Maeda, pelo apoio,
incentivo e amizade,*

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Para que a presente tese pudesse evoluir e ser concluída foi necessário a participação de instituições e de pessoas, às quais desejo expressar os meus sinceros agradecimentos.

À Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual Paulista, Campus de Ilha Solteira, pela concessão da vaga e pelas conduções de trabalho oferecidas ao longo do curso;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro;

Ao Professor Dr. Salatiér Buzetti, pela orientação, ensinamentos, exemplos e amizade e, acima de tudo, pelo brilhante profissionalismo demonstrado ao longo do curso;

À banca examinadora pelo enriquecimento através das sugetões apresentadas;

À Usina Alcoolvale S/A de Aparecida do Taboado–MS, pela concessão da área dos experimentos e pelo apoio técnico e operacional e seus colaboradores: Engenheiro Agrônomo Edivaldo Gomes (Gemada), Técnico Agrícola Edson Belisário Teixeira e a toda sua equipe técnica. A vocês nosso muito obrigado;

A todos docentes do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da FE/UNESP – Campus de Ilha Solteira, em especial ao Professor Dr. Antonio César Bolonhezi pela ajuda na elaboração desta tese e pelos ensinamentos e amizade;

Aos técnicos de laboratório da FE/UNESP – Campus de Ilha Solteira: Selma Bozetti de Moraes e Valdivino dos Santos, pela ajuda ao longo do curso;

Aos meus amigos Fabiana Oikawa, Silvia Tanabe, Walter Mesquita, Marcelo M. C. M. Teixeira Filho, Cleiton G. S. Benett e Katiane Santiago Silva pelo apoio, ajuda, incentivo e principalmente pela amizade;

Ao meu pai Jun-iti Maeda que muito ajudou na realização desta tese, principalmente em campo, podendo contar com ele sempre que foi preciso. Muito obrigada!!

A todos que direto ou indiretamente contribuíram para realização dessa tese, meus sinceros agradecimentos.

ADUBAÇÃO NITROGENADA E POTÁSSICA EM SOCAS DE CANA-DE-AÇÚCAR COM E SEM QUEIMA EM SOLOS DE CERRADO

Autor: ALEXANDRA SANAE MAEDA

Orientador: SALATIÉR BUZETTI

RESUMO

A adubação representa cerca de 20% dos custos de produção da cana-de-açúcar e entre os nutrientes utilizados, o potássio constitui o elemento mais exigido pela cultura, juntamente com o nitrogênio. O trabalho teve como objetivo estudar os efeitos de doses de nitrogênio e de potássio na produtividade e qualidade das socas de cana-de-açúcar no 3º e 4º ciclos e no 4º ciclo em áreas com palhada (CCP) e sem palhada (CSP) sobre o solo. Os experimentos com os 3º e 4º ciclos foram conduzidos nos anos de 2006 a 2008 com a variedade RB 83-5486 na fazenda Vale da Pecuária, município de Selvíria-MS, e os experimentos com 4º ciclo da cana-de-açúcar em áreas com e sem palhada sobre o solo foram conduzidos nos anos de 2007 a 2008 com variedade RB 86-7515 nas fazendas A Raimundo e Retiro II, respectivamente, no município de Aparecida do Taboado-MS. Todos os experimentos foram desenvolvidos em áreas administradas pela Usina Alcoolvale S/A com quatro doses de nitrogênio (40, 80, 120 e 160 kg ha⁻¹ de N), na forma de uréia, e quatro doses de potássio (40, 80, 120 e 160 kg ha⁻¹ de K₂O), na forma de cloreto de potássio, em um esquema fatorial 4x4, totalizando 16 tratamentos dispostos em blocos ao acaso, com quatro repetições. Foram avaliados os teores foliares de macronutrientes nas folhas e nos colmos, açúcares redutores do caldo e da cana, pol do caldo e da cana, pureza do caldo, brix, fibra, produtividade agroindustrial, produção de matéria-seca e produtividade de colmos. Para os experimentos 3º e 4º ciclos da cana-de-açúcar com a variedade RB 83-5486 as doses de N e de K aumentaram os teores de macronutrientes na folha e no colmo. Para os indicadores de qualidade da cana-de-açúcar, houve apenas efeito das doses de N no teor de brix no 3º ciclo, evidenciando que a matéria-prima estava com boa qualidade tecnológica e dentro dos padrões adequados. As doses de K aumentaram a produtividade agroindustrial, a matéria-seca e a produtividade de colmos apenas para o 4º ciclo. A produtividade de colmos foi incrementada de forma linear com as doses de K. Para os experimentos com o 4º ciclo da variedade RB 86-7515 em áreas com e sem palhada sobre o solo, as doses de N e de K aumentaram os teores de macronutrientes na

folha. Por outro lado, os teores no colmo aumentaram conforme com as doses de K, nos dois experimentos. Os valores de açúcar redutores do caldo e da cana e pureza do caldo aumentaram com as doses de K no experimento CSP. No mesmo experimento, a produção de matéria-seca e a produtividade de colmos aumentaram de modo linear em função das doses de K, alcançando uma produtividade acima de 83 t ha⁻¹ de colmos. Embora as doses de N e K não terem sido significativas para a produtividade de colmos no experimento CCP, a manutenção da palhada no solo é uma boa opção para melhorar as condições de fertilidade e umidade do solo, promovendo produtividade relativamente alta para o 4º ciclo da cana-de-açúcar em solos com baixa fertilidade.

Palavras chaves: *Saccharum* spp., macronutrientes, produtividade, qualidade e solo de cerrado.

NITROGEN AND POTASSIUM FERTILIZATION FOR SUGAR CANE RATOON WITH AND WITHOUT TRASH BURNING IN CERRADO SOIL

Author: ALEXANDRA SANAE MAEDA

Adviser: SALATIÉR BUZETTI

ABSTRACT

The fertilization represents around 20% of the production cost of sugar-cane crop and potassium constitutes its most demanded nutrient, together with nitrogen. The study had the objective of evaluating the effects of nitrogen and potassium rates on 3th and subsequent 4th cycle of sugar-cane crop (ratoon), and on 4th cycle of this crop in areas with or without cane trash burning, on its productivity and quality. The experiments of 3th and 4th cycles were conducted from 2006 to 2008 with the RB 83-5486 variety at Vale da Pecuária farm, Selvíria-MS, and the experiments with 4th cycle of the sugar-cane in areas managed with (+TB) or without (-TB) cane trash burning were conducted from 2007 to 2008 with variety RB 86-7515 at A Raimundo and Retiro II, respectively, in Aparecida do Taboado-MS. All experiments were carried out in areas administered by Usina Alcoolvale S/A, in a randomized block design using a 4x4 factorial scheme, with four rates of nitrogen (40, 80, 120 and 160 kg ha⁻¹), as urea and four of potassium (40, 80, 120 and 160 kg ha⁻¹ of K₂O), as potassium chloride, totaling 16 treatments with four replicates. The macro and micronutrients content in leaf and stem, reducing sugars, pol, purity, Brix, fiber content, tillering number in 10 meters, agro industrial productivity, dry matter and cane productivity were evaluated. For the experiments of 3th and 4th cycles N and K rates increased the leaf and stem macro and micronutrients contents. For the quality indicators, there was effect of N rates only on Brix in the 3th cycle, observing that the raw material had good technological quality and within the adequate patterns. The K rates increased the agro industrial productivity, dry matter and cane productivity only for the 4th cycle. The cane yield increased linearly with K rates. For the experiments of 4th cycle with RB 86-7515, the N and K rates increased the leaf macronutrients contents in both areas (+TB and -TB). The macronutrient content in the cane also increased with K rates in both experiments. The reducing sugar content and juice purity values increased with K rates in the +TB experiment. The K rates increased the amount of dry matter and cane productivity in the +TB experiment, obtaining cane yield

higher than 83 t ha⁻¹ . Although the N and K rates did not affect the cane productivity in the –TB treatments, the maintenance of the cane trash has shown to be a good option to improve the fertility and moisture conditions of the soil, promoting the cane productivity relatively high for the 4th cycle ratoon crop in the region.

Key words: *Saccharum* spp., macronutrients, productivity, quality and savanna soil.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Análises químicas iniciais do solo nas camadas de 0-20 e 20-40 cm com amostragem em área total do talhão na Fazenda Vale da Pecuária, Selvíria-MS, 2004.....	38
Tabela 2. Análise química do solo nas camadas de 0-20 e 20-40 cm no ano agrícola de 2007 (24/12/2007) amostradas nas entrelinhas após três meses da aplicação de 2 t calcário ha ⁻¹ e de 1t gesso ha ⁻¹ em área total na Fazenda Vale da Pecuária, Selvíria-MS, 2007.....	39
Tabela 3. Precipitação pluvial mensal de janeiro de 2006 a dezembro de 2008 da Fazenda Vale da Pecuária, Selvíria-MS.....	39
Tabela 4. Análises químicas iniciais do solo nas camadas de 0-20 e 20-40 cm com amostragem em área total do talhão na Fazenda A Raimundo, Aparecida do Taboado-MS, 2004, experimento com palhada.....	40
Tabela 5. Análises químicas iniciais do solo nas camadas de 0-20 e 20-40 cm com amostragem em área total do talhão na Fazenda Retiro II, Aparecida do Taboado-MS, 2004, experimento sem palhada.....	40
Tabela 6. Análise química do solo nas camadas de 0-20 e 20-40 cm no ano agrícola de 2007 (23/12/2007) amostradas nas entrelinhas após quatro meses da aplicação de 1 t ha ⁻¹ de calcário e 1t ha ⁻¹ de gesso em área total na Fazenda A Raimundo, Aparecida do Taboado-MS, 2007, experimento com palhada.....	41
Tabela 7. Análise química do solo nas camadas de 0-20 e 20-40 cm no ano agrícola de 2007 (23/12/2007) amostradas nas entrelinhas após quatro meses da aplicação de 1 t ha ⁻¹ de calcário e 1t ha ⁻¹ de gesso em área total na Fazenda Retiro II, Aparecida do Taboado-MS, 2007, experimento sem palhada.....	41
Tabela 8. Precipitação pluvial mensal de janeiro de 2006 a dezembro de 2008 das Fazendas A Raimundo e Retiro II, Aparecida do Taboado-MS, experimento com palhada e sem palhada, respectivamente.....	42
Tabela 9. Quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação, referentes aos teores de N, P e K na folha do 3º (2ª soca) e 4º (3ª soca) ciclos da cana-de-açúcar, variedade RB 83-5486, Selvíria-MS, 2006/08.....	51

Tabela 10. Médias e equações de regressão referentes aos teores N, P e K na folha do 3º (2ª soca) e 4º (3ª soca) ciclos da cana-de-açúcar, variedade RB 83-5486, Selvíria-MS, 2006/08.....	52
Tabela 11. Quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação, referentes aos teores de Ca, Mg e S na folha do 3º (2ª soca) e 4º (3ª soca) ciclos da cana-de-açúcar, variedade RB 83-5486, Selvíria-MS, 2006/08.....	54
Tabela 12. Médias e equações de regressão referentes aos teores Ca, Mg e S na folha do 3º (2ª soca) e 4º (3ª soca) ciclos da cana-de-açúcar, variedade RB 83-5486, Selvíria-MS, 2006/08.....	55
Tabela 13. Quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação, referentes aos teores de N, P e K no colmo do 3º (2ª soca) e 4º (3ª soca) ciclos da cana-de-açúcar, variedade RB 83-5486, Selvíria-MS, 2006/08.....	57
Tabela 14. Médias e equações de regressão referentes aos teores N, P e K no colmo do 3º (2ª soca) e 4º (3ª soca) ciclos da cana-de-açúcar, variedade RB 83-5486, Selvíria-MS, 2006/08.....	58
Tabela 15. Quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação, referentes aos teores de Ca, Mg e S no colmo do 3º (2ª soca) e 4º (3ª soca) ciclos da cana-de-açúcar, variedade RB 83-5486, Selvíria-MS, 2006/08.....	60
Tabela 16. Médias e equações de regressão referentes aos teores Ca, Mg e S no colmo do 3º (2ª soca) e 4º (3ª soca) ciclos da cana-de-açúcar, variedade RB 83-5486, Selvíria-MS, 2006/08.....	61
Tabela 17. Quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação, referentes à produtividade agroindustrial (t ha ⁻¹ de Pol) (PROD _{AGRO}), matéria-seca (MS) e produtividade de colmos (PROD _{COLMOS}) do 3º (2ª soca) e 4º (3ª soca) ciclos da cana-de-açúcar, variedade RB 83-5486, Selvíria-MS, 2006/08.....	65
Tabela 18. Médias e equações de regressão referentes à produtividade agroindustrial (t ha ⁻¹ de Pol) (PROD _{AGRO}), matéria-seca (MS) e produtividade de colmos (PROD _{COLMOS}) do 3º (2ª soca) e 4º (3ª soca) ciclos da cana-de-açúcar, variedade RB 83-5486, Selvíria-MS, 2006/08.....	66

Tabela 19. Quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação, referentes aos valores de açúcares redutores do caldo (AR_{CALDO}), açúcares redutores da cana (AR_{CANa}), pol do caldo (POL_{CALDO}) e pol da cana (POL_{CANa}) do 3º (2ª soca) e 4º (3ª soca) ciclos da cana-de-açúcar, variedade RB 83-5486, Selvíria-MS, 2006/08.....	70
Tabela 20. Médias referentes aos valores de açúcares redutores do caldo (AR_{CALDO}), açúcares redutores da cana (AR_{CANa}), pol do caldo (POL_{CALDO}) e pol da cana (POL_{CANa}) do 3º (2ª soca) e 4º (3ª soca) ciclos da cana-de-açúcar, variedade RB 83-5486, Selvíria-MS, 2006/08.....	71
Tabela 21. Quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação, referentes aos valores da pureza do caldo (PU_{CALDO}), Brix e % fibra da cana do 3º (2ª soca) e 4º (3ª soca) ciclos da cana-de-açúcar, variedade RB 83-5486, Selvíria-MS, 2006/08.....	72
Tabela 22. Médias referentes aos valores da pureza do caldo (PU_{CALDO}), Brix e % fibra da cana do 3º (2ª soca) e 4º (3ª soca) ciclos da cana-de-açúcar, variedade RB 83-5486, Selvíria-MS, 2006/08.....	73
Tabela 23. Quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação dos teores de N, P e K na folha referentes ao 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar dos experimentos com palhada (CCP) e sem palhada (CSP), variedade RB 86-7515, Aparecida do Taboado-MS, 2007/08.....	77
Tabela 24. Médias e equações de regressão dos teores N, P e K na folha referentes ao 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar dos experimentos com palhada (CCP) e sem palhada (CSP), variedade RB 86-7515, Aparecida do Taboado-MS, 2007/08.....	78
Tabela 25. Quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação dos teores de Ca, Mg e S na folha referentes ao 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar dos experimentos com palhada (CCP) e sem palhada (CSP), variedade RB 86-7515, Aparecida do Taboado-MS, 2007/08.....	79
Tabela 26. Médias e equações de regressão dos teores Ca, Mg e S na folha referentes ao 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar dos experimentos com palhada (CCP) e sem palhada (CSP), variedade RB 86-7515, Aparecida do Taboado-MS, 2007/08.....	80

- Tabela 27.** Quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação dos teores de N, P e K no colmo referentes ao 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar dos experimentos com palhada (CCP) e sem palhada (CSP), variedade RB 86-7515, Aparecida do Taboado-MS, 2007/08.....**83**
- Tabela 28.** Médias e equações de regressão dos teores N, P e K no colmo referentes ao 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar dos experimentos com palhada (CCP) e sem palhada (CSP), variedade RB 86-7515, Aparecida do Taboado-MS, 2007/08.....**84**
- Tabela 29.** Quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação dos teores de Ca, Mg e S no colmo referentes ao 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar dos experimentos com palhada (CCP) e sem palhada (CSP), variedade RB 86-7515, Aparecida do Taboado-MS, 2007/08.....**85**
- Tabela 30.** Médias e equações de regressão dos teores Ca, Mg e S no colmo referentes ao 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar dos experimentos com palhada (CCP) e sem palhada (CSP), variedade RB 86-7515, Aparecida do Taboado-MS, 2007/08.....**86**
- Tabela 31.** Quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação da produtividade agroindustrial ($t\ ha^{-1}$ de Pol) ($PROD_{AGRO}$), matéria-seca (MS) e produtividade de colmos ($PROD_{COLMOS}$) referentes ao 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar dos experimentos com palhada (CCP) e área palhada (CSP), variedade RB 86-7515, Aparecida do Taboado-MS, 2007/08.....**90**
- Tabela 32.** Médias e equações de regressão da produtividade agroindustrial ($t\ ha^{-1}$ de Pol) ($PROD_{AGRO}$), matéria-seca (MS) e produtividade de colmos ($PROD_{COLMOS}$) referentes ao 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar dos experimentos com palhada (CCP) e sem palhada (CSP), variedade RB 86-7515, Aparecida do Taboado-MS, 2007/08.....**91**
- Tabela 33.** Quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação, referentes aos valores de açúcares redutores do caldo (AR_{CALDO}), açúcares redutores da cana (AR_{CANA}), pol do caldo (POL_{CALDO}) e pol da cana (POL_{CANA}) do 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar dos experimentos com

palhada (CCP) e sem palhada (CSP), variedade RB 86-7515, Aparecida do Taboado-MS, 2007/08.....94

Tabela 34. Médias e equações de regressão referentes aos valores de açúcares redutores do caldo (AR_{CALDO}), açúcares redutores da cana (AR_{CANa}), pol do caldo (POL_{CALDO}) e pol da cana (POL_{CANa}) do 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar dos experimentos com palhada (CCP) e sem palhada (CSP), variedade RB 86-7515, Aparecida do Taboado-MS, 2007/08.....95

Tabela 35. Quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação dos valores da pureza do caldo (PU_{CALDO}), Brix e % fibra da cana referentes ao 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar dos experimentos com palhada (CCP) e sem palhada (CSP), variedade RB 86-7515, Aparecida do Taboado-MS, 2007/08.....96

Tabela 36. Médias e equações de regressão referentes aos valores da pureza do caldo (PU_{CALDO}), Brix e % fibra da cana referentes ao 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar dos experimentos com palhada (CCP) e sem palhada (CSP), variedade RB 86-7515, Aparecida do Taboado-MS, 2007/08.....97

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	15
2. REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1 Nitrogênio	18
2.2 Potássio	22
2.3 Avaliação do estado nutricional da cultura da cana-de-açúcar	26
2.4 Adubação nitrogenada na qualidade da cana-de-açúcar	29
2.5 Adubação potássica na qualidade da cana-de-açúcar	31
2.6 Adubação em sistema de cana crua	32
2.6.1 Adubação nitrogenada em sistema de cana crua	32
2.6.2 Adubação potássica em sistema de cana crua	35
3. MATERIAL E MÉTODOS	37
3.1 Histórico das áreas dos experimentos.....	37
3.1.1 Histórico da área de instalação dos experimentos referentes aos 3º e 4º ciclos da cana-de-açúcar nas safras de 2006/07 e 2007/08	37
3.1.2 Histórico da área de instalação dos experimentos referentes aos 4º ciclos da cana-de-açúcar em áreas com e sem palhada na safra de 2007/08	37
3.2 Localização e caracterização das áreas experimentais	37
3.2.1 Experimentos: 3º e 4º ciclos da cana-de-açúcar nas safras de 2006/07 e 2007/08	38
3.2.2 Experimentos: 4º ciclo da cana-de-açúcar em áreas com e sem palhada na safra de 2007/08	39
3.3 Descrição da variedade.....	42
3.3.1 Experimentos: 3º e 4º ciclos da cana-de-açúcar nas safras de 2006/07 e 2007/08	42
3.3.2 Experimentos: 4º ciclos da cana-de-açúcar em áreas com e sem palhada na safra de 2007/08	42
3.4 Delineamento experimental e tratamentos	43
3.4.1 Delineamento experimental e tratamentos para os experimentos: 3º e 4º ciclos da cana-de-açúcar nas safras de 2006/07 e 2007/08	43
3.4.2 Delineamento experimental e tratamentos para os experimentos: 4º ciclos da cana-de-açúcar em áreas com e sem palhada na safra de 2007/08	44
3.5. Instalação e condução dos experimentos	44
3.5.1 Instalação e condução dos experimentos: 3º e 4º ciclos da cana-de-açúcar nas safras de 2006/07 e 2007/08	44
3.5.2 Instalação e condução dos experimentos: 4º ciclos da cana-de-açúcar em áreas com e sem palhada na safra de 2007/08.....	45
3.6 Variáveis avaliadas.....	46

3.6.1. Estado nutricional da planta.....	46
3.6.2 Qualidade da matéria-prima	46
3.6.3 Produtividade de colmos.....	46
3.6.4 Matéria seca de colmos.....	47
3.6.5 Produtividade agroindustrial	48
3.6.6 Análise estatística	48
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
4.1 Experimentos: 3º e 3º ciclos da cana-de-açúcar nas safras de 2006/07 e 2007/08, variedade RB 83-5486.	49
4.1.1 Teores de macronutrientes nas folhas	49
4.1.2 Teores de macronutrientes no colmo.....	56
4.1.3 Produtividade agroindustrial, matéria-seca de colmos e produtividade de colmos	62
4.1.4 Indicadores de qualidade tecnológica da cana-de-açúcar.....	67
4.2 Experimentos: 4º ciclo da cana-de-açúcar em áreas com e sem palhada na safra de 2007/08, variedade RB 86-7515.	74
4.2.1 Teores de macronutrientes na folha	74
4.2.2 Teores de macronutrientes no colmo.....	81
4.2.3 Produtividade agroindustrial, matéria-seca de colmos e produtividade de colmos	87
4.2.4 Indicadores de qualidade tecnológica da cana-de-açúcar.....	92
5. CONCLUSÕES.....	98
5.1 Experimentos: 3º e 4º ciclos da cana-de-açúcar nas safras de 2006/07 e 2007/08.....	98
5.2 Experimentos: 4º ciclo da cana-de-açúcar em áreas com e sem palhada na safra de 2007/08.....	98
6. REFERÊNCIAS.....	100

1. INTRODUÇÃO

A região Centro-Oeste composta pelos Estados de Goiás, Mato Grosso do Sul e Mato Grosso, é o principal pólo do avanço da cana-de-açúcar no cerrado brasileiro. Os Estados de GO e MS lideram a expansão porcentual, com ampliação de respectivamente, 36,19% e 34,76% na área cultivada entre 2007 e 2008. Em Mato Grosso do Sul, a área cultivada aumentou de 191,577 para 267,621 mil hectares, com rendimento médio para safra de 2008 de 85,79 toneladas de colmo ha^{-1} (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE, 2009).

Este incremento na área cultivada com a cultura da cana-de-açúcar é fruto do clima e dos investimentos ocorridos nas indústrias atraídas pelos preços de mercado. Contudo, para a obtenção de altas produtividades na cultura da cana-de-açúcar, todas as tecnologias disponíveis e relativas à condução da cultura têm de ser empregadas (ORLANDO FILHO et al., 1996). Dentre estas tecnologias, a adubação assume papel de alta importância para o aumento de produtividade da cana-de-açúcar. Assim, a análise do solo e análise foliar passaram a ser usadas com bastante intensidade pelos produtores, a fim de definir as recomendações econômicas e eficientes de fertilizantes e corretivos.

A cultura de cana-de-açúcar é grande extratora de nutrientes do solo. Considerando-se colmo + folhas + palmito, a quantidade de nutrientes extraída por 1 t de cana é de: 1,20 kg de N; 0,16 kg de P; 1,24 kg de K; 0,80 kg de Ca; 0,41 kg de Mg e 0,36 kg de S (MALAVOLTA et al., 1997). Dentre os macronutrientes mais utilizados, o potássio constitui o elemento mais exigido pela cultura, juntamente com o nitrogênio. O potássio destaca por ser o nutriente exportado em maior quantidade por essa cultura, além de influenciar sua qualidade. Atua no metabolismo da planta, ativando várias enzimas, exerce importante função na abertura e fechamento dos estômatos, além de estar relacionado com a assimilação de gás carbônico e fotofosforilação (FIGUEIREDO, 2006). Tanto a cana-planta como as soqueiras apresentam boas respostas a aplicação de potássio. Já o excesso de potássio no solo, e ou, sua falta podem

diminuir a qualidade da matéria-prima, influenciando o teor de sacarose (Pol) e de fibra industrial da cana (KORNDÖRFER, 1994).

A resposta da cana-de-açúcar ao nitrogênio, em geral, é mais freqüente nos ciclos de soqueira que no de cana-planta, isto é devido ao cultivo das socas ser realizado em períodos climáticos seco e frio ou seco e quente, pouco favoráveis à mineralização do N orgânico, e a pouca mobilização do solo por ocasião do cultivo e aplicação dos corretivos. Dentre todos nutrientes exigidos pela cana-de-açúcar o que mais pode contribuir para promover uma melhor brotação e perfilhamento é o nitrogênio, aplicado em cobertura na cana-de-açúcar (CASAGRANDE, 1991).

Uma das questões mais levantadas em relação à cana-de-açúcar sem queima prévia dos canaviais é sobre o manejo da adubação nitrogenada das soqueiras, a qual é afetada diretamente pela palhada. Como a palhada de cana-de-açúcar apresenta uma relação C:N em torno de 100, é de se esperar que no início da decomposição da palhada ocorra uma intensa imobilização do N no solo, ou seja, uma pequena mineralização no período de apenas um ano agrícola (VITTI, 1998). Nessas condições, pode ocorrer deficiência de N nas plantas, uma vez que os resíduos orgânicos constituem-se, primeiramente, em fonte de nutrientes para macro e microrganismos do solo e, posteriormente para a própria cultura. Essa retenção do N do fertilizante torna-se prejudicial ao desenvolvimento da cana-de-açúcar, principalmente no estágio de crescimento e formação de colmos, uma vez que a cultura requer o N em grande quantidade.

Deste modo, são necessários mais estudos sobre a recomendação de aplicação do adubo nitrogenado em áreas de cultivo de cana-de-açúcar com palhada sobre o solo.

Face ao exposto, a hipótese do trabalho se enquadra de que a cana-soca responde a adubação nitrogenada e potássica através do aumento da produtividade de colmos e qualidade da matéria-prima, tanto em áreas com e sem queima prévia do canavial.

O presente trabalho teve como objetivo estudar os efeitos de doses de nitrogênio e potássio no 3º e 4º ciclos da cana-de-açúcar, e no 4º ciclo da cultura em áreas com e sem palhada sobre o solo sobre os componentes da produção, na produtividade e qualidade da cana.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A cana-de-açúcar para produção de álcool e açúcar é cultivada, em média, por quatro a cinco cortes. Assim os ciclos da cana-soca podem representar até 90% da área cultivada. Apesar dessa representatividade, recomendações de adubação para soqueiras têm sido pouco estudadas, sobretudo tendo em vista que atualmente se pretende aumentar a eficiência e diminuir custos do sistema de produção dessa cultura (WEBER et al., 2001).

A cultura é bastante exigente quanto à nutrição, sendo que na ordem de extração de nutrientes pela cultura, verifica-se que o potássio é extraído em maior quantidade que o nitrogênio ($K > N > Ca > Mg > P$). O mesmo é constatado na exigência de macronutrientes para produzir 100 toneladas de cana, onde são necessários 143 kg de N, 174 kg de K, 87 kg de Ca, 49 kg de Mg, 44 kg de S e 19 kg de P (ORLANDO FILHO et al., 1980).

A grande importância do nitrogênio para a cana-de-açúcar está no fato dela ser uma planta de metabolismo de carbono do tipo C₄, caracterizado por altas taxas de fotossíntese líquida e eficiência na utilização do nitrogênio e da energia solar, sendo altamente eficiente na produção de fotoassimilados. Como o nitrogênio é parte constituinte de todos os aminoácidos, proteínas e ácidos nucleicos, participando direta ou indiretamente de vários processos bioquímicos, a sua carência promoverá a diminuição na síntese de clorofila e aminoácidos essenciais e também na energia necessária à produção de carboidratos e esqueletos carbônicos, refletindo diretamente no desenvolvimento e produtividade da cultura (MALAVOLTA et al., 1997).

O potássio também é um elemento essencial ao desenvolvimento das plantas e muito exigido durante as fases de crescimento reprodutivo e vegetativo, pois atua na regulação osmótica, mecanismos estomáticos, fotossíntese, ativação enzimática e crescimento meristemático. Sua importância foi acentuada após a verificação da relação positiva com a formação de sacarose, pois o mesmo é requerido como ativador de muitas enzimas e citado como sendo fundamental nas reações que promovem a elaboração de proteínas (FIGUEIREDO, 2006).

2.1 Nitrogênio

O nitrogênio é o quarto elemento mais abundante nas plantas em geral, depois do carbono, hidrogênio e oxigênio. É constituinte obrigatório de proteínas e ácidos nucleicos, participando direta ou indiretamente de diversos processos bioquímicos e enzimáticos, entre outros, faz parte da molécula de clorofila (MALAVOLTA, 1980, CARNAÚBA, 1990).

A cana-de-açúcar é uma planta da família *Poaceae* que apresenta grande resposta na produção de fitomassa com o aumento do teor de nitrogênio na planta (BOLTON e BROWN, 1980). Além desta característica, a cana-de-açúcar é uma planta do ciclo C_4 , que em comparação às plantas C_3 , produzem duas vezes mais material seco por unidade de nitrogênio presente na folha (BLACK et al., 1978).

O nitrogênio é absorvido pelas plantas nas formas minerais, NO_3^- ou NH_4^+ , sendo que o principal meio de translocação é o fluxo de massa, e a distância linear média percorrida pelo NO_3^- no solo é da ordem de $4,2 \text{ mm dia}^{-1}$ (NOVAIS; SMITH, 1999). Normalmente, a absorção deste elemento aumenta a atividade meristemática da parte aérea, resultando em maior perfilhamento e área foliar da cana-de-açúcar, além de aumentar a longevidade das folhas (SILVEIRA, 1985). No quarto mês do ciclo da cana-de-açúcar, as quantidades de N extraídas do solo por colmos e folhas já são elevadas, sugerindo a necessidade de adição de N no solo logo no início do ciclo de produção (ORLANDO FILHO et al., 1980).

Os trabalhos da Cooperativa de Produtores de Cana-de-açúcar, Açúcar e Alcool do Estado de São Paulo-COPERSUCAR (2000a) sobre recomendação de adubação de plantio têm indicado o seguinte: as doses de N estariam na faixa de 0 a 60 kg ha^{-1} ; na média, tem-se usado 30 a 40 kg ha^{-1} ; com aplicação realizada somente no fundo do sulco, e no caso de uso de leguminosa como cultura antecessora não se aplicaria N.

É fato devidamente conhecido e comprovado nos meios acadêmicos e práticos que as respostas à adubação nitrogenada no plantio (cana-planta) não são conclusivas, enquanto nas socas são mais consistentes. É necessário entender que o N aplicado, quando em contato com o solo, entra no complexo matéria-orgânica, morta ou viva, sofrendo as reações de imobilização e mineralização, cuja dimensão ainda é pouco conhecida nos solos de cerrado, principalmente na cana-de-açúcar (DEMATTE, 2005).

Em relação à cana-planta, revisões realizadas por Azeredo et al. (1986) mostraram que em 135 experimentos de campo, nas mais diversas regiões canavieiras do Brasil, somente 19% apresentaram acréscimos significativos na produtividade devido à adubação nitrogenada. Nesta linha de trabalho, Morelli et al. (1997) obtiveram produtividade de 148 t ha^{-1} no

primeiro corte, em Latossolo de textura média-arenosa, com dose zero de nitrogênio.

O aparente não empobrecimento em N no solo e a manutenção da produção da cana sugerem que a cultura pode obter o N a partir de outros meios (reserva de N do tolete) ou o próprio solo fornecer o N por outros caminhos (matéria-orgânica e fixação assimbiótica). Como fontes alternativas de N para a cana citam-se, N mineralizado dos restos de cultura da própria cana, N mineralizado da matéria orgânica do solo (taxa de mineralização anual é de 2%), N armazenado no tolete de plantio, práticas agrícolas (a calagem, associada à mobilização do solo e ao período quente e úmido por ocasião do preparo dos solos, de setembro a março, acelera o processo de mineralização, liberando N mineral para o sistema, e o uso de gesso favorece o desenvolvimento radicular em profundidade) e a fixação biológica (DEMATTE, 2005).

Carneiro et al. (1995) demonstraram que a reserva de N do tolete foi fundamental no suprimento deste nutriente para a cana-planta, aos seis meses de idade, tendo praticamente 50% desta reserva sido translocada para os tecidos da cana-soca, num total de 12 kg, o que representa em torno de 10% das necessidades da cultura.

Contrariamente à cana-planta, as soqueiras respondem favoravelmente à adubação nitrogenada. Isto ocorre porque nas regiões do Brasil onde a cana-de-açúcar é cultivada ocorrem, durante o ciclo das soqueiras, períodos climáticos secos e frios ou secos e quentes, pouco favoráveis à mineralização do N orgânico. Além disso, durante o ciclo das socas, o solo é pouco ou nada mobilizado por ocasião do cultivo e os corretivos, quando aplicados, não são incorporados (DEMATTE, 2005). De acordo com COPERSUCAR (2000a) verificam-se respostas crescentes até a dose de 160 kg ha^{-1} de N, média de quatro experimentos e três safras.

Weber et al. (2001) avaliaram a influência da adubação NPK sobre a produtividade de soqueiras de cana-de-açúcar que não haviam sido adubadas em colheitas anteriores, conduzindo dois experimentos no campo, em Latossolo Roxo, na Usina Casquel, Cambará-PR, utilizando a variedade RB72454. Os resultados obtidos em canaviais de terceira soqueira mostraram que as maiores produtividades foram alcançadas com a aplicação de 100 kg ha^{-1} de N, 100 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 100 kg ha^{-1} de K_2O , com ganho de 53,9% na produtividade em relação à testemunha (sem aplicação de NPK). Em canaviais de quarta soqueira, um dos experimentos apresentou acréscimos na produtividade de até 76,2%, com as combinações das doses de 100 kg ha^{-1} de N e 150 kg ha^{-1} de K_2O .

Fontanari et al. (1984), estudando a adubação nitrogenada em soqueiras, em solo

classificado como Terra Roxa Estruturada, observaram respostas lineares até 180 kg ha^{-1} de N com utilização da uréia aplicada em profundidade.

Orlando Filho et al. (1999) desenvolveram um trabalho com objetivo de estudar o efeito de doses (0, 60 e 120 kg ha^{-1} de N), fontes (uréia, uran e nitrato de amônio) e formas de aplicação (com e sem incorporação) de nitrogênio na produtividade agrícola e industrial da cana-planta e três soqueiras subseqüentes cultivada em solo de elevada fertilidade. De acordo com os resultados, verificaram que houve resposta linear às doses de nitrogênio até a dose de $120 \text{ kg de N ha}^{-1}$, tanto para cana-planta, como as demais socas, independentemente de fontes e modos de aplicação. A pol da cana e % de fibra da cana não foram afetadas pelos tratamentos.

Espironello et al. (1987) verificaram respostas significativas da adubação nitrogenada e potássica com as doses estimadas para produtividade máxima da cana-planta que foram respectivamente de: 165 e 148 kg ha^{-1} de N e K_2O para solo Latossolo Roxo e 180 kg ha^{-1} de N para solo Latossolo Vermelho Escuro. Houve decréscimo do teor de sacarose com aplicação das doses mais elevadas de nitrogênio e, principalmente, de K. Portanto verificou-se que a necessidade dos fertilizantes para obtenção de produtividade máxima de sacarose foi menor que aquela verificada na produtividade de colmos. Nas socas, os dados de produção total (cana-planta + socas) mostraram que os efeitos do nitrogênio e potássio foram semelhantes aos da cana-planta para as produtividades de colmos e de sacarose.

Alvarez et al. (1991) apresentaram os resultados de dezenove ensaios de adubação de cana-de-açúcar, efetuados em Latossolo Roxo, em diferentes regiões paulistas, utilizando as quantidades de nutrientes em kg ha^{-1} , 0, 90 e 180 de N; 0, 80 e 160 de P_2O_5 , e 0, 100 e 200 de K_2O . Procuraram avaliar a reação da cultura a esses nutrientes em áreas exploradas por alguns anos com cana e em outras em início de exploração, utilizando a variedade CB 41-76. Em áreas que se iniciava o cultivo da cana-de-açúcar verificaram efeitos do nitrogênio e potássio sobre a produtividade, com aumentos de 7,9 e $16,6 \text{ t ha}^{-1}$, para as doses de 90 e 180 kg ha^{-1} de N, respectivamente, e aumento de $7,4 \text{ t ha}^{-1}$ com a dose de 100 kg ha^{-1} de K_2O e de $11,1 \text{ t ha}^{-1}$ com a dose de 200 kg ha^{-1} de K_2O . Em áreas cultivadas observaram efeitos similares para nitrogênio e mais acentuados para potássio, com aumento de produtividade para 13 experimentos, de 17,4 e $25,9 \text{ t ha}^{-1}$ para as doses de 100 e 200 kg ha^{-1} de K_2O , respectivamente.

Teixeira (2005) objetivou avaliar a resposta da cana soca a adubação nitrogenada e potássica com aplicações de 0, 50, 100, 150, 200, 250 kg ha^{-1} de N e K_2O , em dois solos do Estado do Paraná, em um Latossolo Vermelho-Amarelo e Latossolo Vermelho, e em duas

variedades, a RB 83-5486 em segunda soca e a variedade RB 72-454 em terceira soca. Observou para o experimento de doses de nitrogênio, cultivado em solo Latossolo Vermelho-Amarelo com a variedade RB 83-5486, que não houve diferença significativa para o número de colmos. Já em relação à massa de um colmo, os tratamentos com as doses de 50, 150 e 250 kg de N ha⁻¹ não diferiram estatisticamente e foram superiores aos demais tratamentos. Para produtividade de colmos, as doses de 50 e 250 kg ha⁻¹ de N (73,45 e 75,25 t ha⁻¹, respectivamente) foram os únicos que diferiram estatisticamente da testemunha, e que proporcionaram os melhores resultados, com ganhos de produtividade acima da testemunha em 25,04% e 28,11%, respectivamente. As doses de potássio não tiveram nenhuma influência sobre o número de colmos, massa média do colmo e a produtividade de colmos, porém com um melhor resultado com aplicação da dose de 150 kg ha⁻¹ de K₂O com teor inicial de 0,6 mmol_c dm⁻³ de K.

Moura et al. (2005) também estudaram o efeito de diferentes doses de nitrogênio e potássio, aplicados em cobertura, no desenvolvimento, produtividade e na qualidade da primeira soca (SP 79-1011) cultivada com e sem irrigação em um Argissolo Vermelho Amarelo no município de Capim-PB. Verificaram que na ausência de irrigação, as doses de nitrogênio influenciaram significativamente o número e a massa de colmos, os quais apresentaram comportamento linear positivo. A produtividade de colmos apresentou comportamento linear positivo para ambos os regimes, com uma produtividade de 107,69 e 77,05 t ha⁻¹, para regime irrigado e não irrigado, respectivamente. Para rendimento bruto do açúcar houve comportamento linear positivo apenas para o regime irrigado.

Prado e Pancelli (2008) avaliaram a nutrição nitrogenada em soqueiras de cana-de-açúcar em sistema de colheita sem queima prévia do canavial, através de análises químicas do solo, da diagnose foliar, de avaliações biológicas e da produtividade de colmos, em um Latossolo Vermelho distrófico, textura argilosa, com a variedade SP 79-1011. Utilizaram o nitrogênio na forma de uréia em cobertura incorporada a 10 cm de profundidade, verificando os efeitos das doses de 0, 50, 100, 150 e 200 kg de ha⁻¹ de N, e aplicando-se 30 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 130 kg ha⁻¹ de K₂O de maneira uniforme em todos os tratamentos. A adubação nitrogenada não alterou os teores de macro e micronutrientes nas folhas da cana-de-açúcar, tanto no primeiro como no segundo corte da soqueira, exceto do nitrogênio. A aplicação de nitrogênio incrementou de forma quadrática o teor foliar de nitrogênio na primeira (17,1 a 18,2 g kg⁻¹) e linear na segunda soqueira (15,2 a 17,8 g kg⁻¹). A adubação nitrogenada afetou significativamente o desenvolvimento (número de colmos industrializáveis, altura, diâmetro de colmos) e a produtividade de colmos na segunda soca, refletindo no aumento de forma

linear na produtividade de colmos. A ausência de resposta da primeira soca ao nitrogênio deve-se possivelmente, à maior precipitação pluvial que pode ter elevado as perdas de N no sistema solo-planta e à resposta da soqueira ao nitrogênio. Por fim, a produtividade média obtida no experimento, referente à primeira soca, foi de 125 t ha^{-1} , e para segunda de 69 t ha^{-1} .

Marcelo (2008) estudou os efeitos da aplicação de fontes (uréia e nitrato de amônio) e doses de nitrogênio (0, 40, 80, 120 e 160 kg N ha^{-1} de N) em terceira soqueira da variedade SP79-1011, sem queima prévia do canavial cultivado em solo Latossolo vermelho-amarelo distrófico, na região sudoeste de Minas Gerais. Não encontrou efeitos dos tratamentos sobre o número de colmos por metro e a produtividade de colmos. Variando entre as fontes de 10,51 e 10,40 perfilhos por metro para uréia e nitrato de amônio, respectivamente e de 66,15 e 66,72 t de colmos ha^{-1} para uréia e nitrato de amônio, respectivamente. No entanto, Alonso et al. (1984) avaliaram diversas fontes de nitrogênio e modo de aplicação (com e sem incorporação), em Terra Roxa Estruturada, notando que não houve diferença estatística na produtividade de soqueiras entre diferentes modos de aplicação e fontes, no entanto houve tendência com maior efeito para uréia. Corroborando com os dados obtidos Andrade et al. (2000) compararam fontes (uréia e aquamônia) e doses de nitrogênio (0, 40, 80, 120 160 e 200 kg ha^{-1} de N) em primeira soqueira de cana-de-açúcar da variedade SP 79-2233, em um Latossolo Vermelho Escuro. Independente das fontes e doses, não houve aumento na produtividade de colmos e de açúcar teórico recuperável, não afetando também as características tecnológicas da cana-de-açúcar.

Diante do exposto, a fertilização da cultura com nitrogênio constitui uma prática importante para o aumento da produtividade e longevidade das soqueiras de cana-de-açúcar. A melhor recomendação para adubação nitrogenada em soqueiras ainda é a baseada na expectativa de produtividade e no uso da relação 1,0 a 1,2 kg de N por tonelada de colmo. Se a expectativa de produtividade de um segundo corte for de 90 t ha^{-1} de colmos, deve-se usar 100 kg ha^{-1} de N; se a expectativa for de 60 t ha^{-1} de colmo, deve-se usar cerca de 70 kg ha^{-1} de N (DEMATTE, 2005). O Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) recomenda a dose média de $100 \text{ kg de N ha}^{-1}$ em soqueiras de cana-de-açúcar, independente de qualquer fator (RAIJ e CANTARELLA, 1997). Desse modo pode-se presumir que, em diversas condições, essa recomendação de adubação nitrogenada ora é subestimada ora é superestimada.

O potássio é absorvido pelas plantas na forma iônica e, assim como o fósforo, depende da difusão para chegar às raízes. Entretanto, a alta solubilidade dos sais de K confere a ele concentrações elevadas, o que caracteriza maior mobilidade em relação ao P, permitindo movimentação na forma de sais e lixiviação através do solo. Como a maioria dos solos brasileiros cultivados com cana apresenta baixa quantidade de K não-trocável, o equilíbrio entre K-não trocável e K-trocável não é importante. Sendo assim, o K-trocável, o fator quantidade, seria a única reserva disponível que controlaria o K em solução (DEMATTE, 2005).

Quanto às formas de aplicação de potássio, no sulco ou em área total, tem sido mais freqüente sua aplicação localizada no sulco de plantio. A fonte mais empregada é o cloreto de potássio (KCl), pois dentre as fontes de potássio, ele tem um papel dominante na agricultura, respondendo por cerca de 95% de todo o potássio usado principalmente devido ao seu menor custo em comparação às outras fontes potássicas e à sua alta concentração do nutriente (60 – 62% de K_2O). É solúvel em água, portanto, se houver umidade adequada no solo, o fertilizante se dissolverá na solução do solo, permitindo pronta absorção pelas plantas (ORLANDO FILHO et al., 1994).

A deficiência deste elemento intensifica-se quando a cultura apresenta entre sete e nove meses de idade, pois o potássio se acumula mais nos órgãos novos; estes podem inclusive retirar K das folhas velhas e do colmo; quando, entretanto as folhas começam a se tornar fisiologicamente inativas, ocorre ao que parece, migração do elemento que se dirige aos colmos, sendo que as plantas deficientes em potássio se apresentam com o crescimento reduzido e os colmos se tornam finos (MALAVOLTA; HAAG, 1964).

A cana-de-açúcar responde intensamente à aplicação do potássio (RAIJ, 1974), se destacando dentre os nutrientes usados na adubação, pois este é exportado em maior quantidade por essa cultura, além de influenciar sua qualidade. Um princípio normalmente usado para orientar a recomendação de adubação potássica na cultura da cana-de-açúcar é a avaliação da disponibilidade desse nutriente no solo. Normalmente, são determinados os teores considerados trocáveis no solo, e as interpretações dessas análises são baseadas em faixas de fertilidade, admitindo-se valores mínimos críticos, abaixo dos quais o desenvolvimento vegetal é limitado (ORLANDO FILHO e RODELLA, 1996). Existem vários autores na literatura que estudaram o nível crítico de K no solo. Raij (1974) indicou como nível crítico $2,1 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, enquanto que Orlando Filho et al. (1981) o valor de $2,3 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$.

Entretanto, Castro e Meneghelli (1989) constataram que alguns solos com baixos

teores de K^+ trocável não proporcionam resposta à adubação potássica, enquanto outros, com teores de K^+ considerados satisfatórios, proporcionam resposta positiva à aplicação de adubo potássico. Esse critério tradicionalmente usado não é totalmente satisfatório e diversos autores tentaram melhorá-lo com a introdução da relação entre K, Ca e Mg no solo (PREZZOTTI; DEFELIPO, 1987). Assim, deverão ser estudadas técnicas que permitam calibrar a recomendação de adubação potássica na cana-de-açúcar que possibilitem o uso racional de adubos, e conseqüentemente, a redução de custos de produção e perdas de fertilizantes nessa cultura. A interação entre K, Ca e Mg ocorre tanto nas plantas quanto no solo, e é objeto de vários estudos (REIS JÚNIOR, 1995). Íons cujas propriedades químicas são similares competem por sítios de adsorção e transporte na superfície radicular, o que normalmente ocorre entre K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} (FAGERIA et al., 1991). Devido à dinâmica das reações de troca iônica nos solos, é importante considerar as interrelações entre K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} , pois o excesso de um poderá prejudicar os processos de adsorção do outro e, conseqüentemente, influir diretamente nos processos de absorção pelas plantas (ORLANDO FILHO et al., 1996).

A interação entre K, Ca e Mg pode ocorrer freqüentemente em culturas cultivadas em solos pobres em Mg ou em culturas que requerem grandes quantidades de K para uma alta produtividade e boa qualidade dos produtos agrícolas; interações significativas do Ca com K podem ocorrer quando um solo é deficiente em um ou ambos nutrientes (USHERWOOD, 1982). A relação entre K, Ca e Mg afeta os teores de K na solução do solo (RAIJ, 1982), influenciando sua absorção pela planta. Quando o suprimento de K^+ é abundante, ocorre muitas vezes o consumo de luxo, merecendo atenção pelo efeito sobre a composição mineral da planta e pela sua possível interferência na absorção e disponibilidade fisiológica de Ca^{2+} e Mg^{2+} (MARSCHNER, 1995).

Contudo, Rosseto et al. (2004) pesquisaram a resposta da cana-de-açúcar à calagem e à adubação potássica e as possíveis interações, verificando que na maioria dos casos, as respostas da cana ao potássio foram lineares, tanto na cana-planta como em soqueiras, não havendo interação entre calcário e potássio em nenhum dos experimentos.

As respostas ao potássio nas soqueiras são semelhantes às respostas na cana-planta. Maiores ganhos de produtividade, entretanto, estão nos solos argilosos (DEMATTÊ, 2005). Esse nutriente quando aplicado em solos arenosos pode ser lixiviado com relativa facilidade, sendo viável para tanto seu fracionamento, aumentando sua absorção pela planta, e conseqüentemente aumento da produtividade de colmos em cana-planta (LANA et al., 2004).

Orlando Filho et al. (1993) desenvolveram um experimento de longa duração (cana-planta e quatro soqueiras subseqüentes da variedade SP 70-1143, conduzido em Areia

Quartzosa (AQ) na Usina Costa Pinto, Piracicaba-SP, com objetivo de estudar doses e formas de aplicação de potássio em cana-de-açúcar. Os tratamentos variaram de zero até 160 kg ha⁻¹ de K₂O no sulco (cloreto de potássio), e até 480 kg ha⁻¹ de K₂O em área total. Também estudaram o fracionamento do potássio. Os tratamentos aplicados em cana-planta foram repetidos em cada uma das soqueiras estudadas. As colheitas ocorreram no período de 1988 a 1992. Concluíram que houve resposta à adubação potássica a partir da primeira soqueira, onde as doses econômicas variaram de 94 a 146 kg ha⁻¹ de K₂O. A deficiência de potássio não alterou o perfilhamento, porém, provocou diminuição no diâmetro médio e altura dos colmos, verificando maiores efeitos, principalmente, na terceira e quarta soca, as quais indicaram menores teores de Pol % cana e maiores de fibra % cana. Contudo, a adubação potássica induziu a uma maior longevidade à cultura.

Bittencourt et al. (1995) avaliaram os efeitos do adubo potássico e do modo de aplicação aos solos, na produtividade da primeira soca da variedade SP 71-6163. Observaram uma pequena resposta com aumento de produtividade quando da aplicação de dose de 55 kg ha⁻¹ de K₂O em relação à testemunha, que recebeu apenas adubação nitrogenada. Em relação a influência no modo de aplicação do adubo, notaram uma certa tendência de melhor aproveitamento do adubo, quando o mesmo foi aplicado em faixa, principalmente em doses baixas, alcançando uma produtividade de 94 t ha⁻¹.

Espironello et al. (1986) avaliaram oito ensaios de adubação NPK, em cana-soca da variedade CB41-76, conduzidos em diversos solos do Estado de São Paulo. Não houve efeito significativo da adubação nitrogenada, tanto na produção de cana como na de açúcar, nem correlação significativa entre os teores de nitrogênio e as produtividades de cana. Em vários ensaios foram observados efeitos positivos da adubação potássica na produtividade de cana e nos teores de potássio nas folhas e, conseqüentemente, obtidas correlações positivas e significativas entre os teores de potássio das folhas e as produtividades de cana em seis dos oito ensaios.

Portanto, os trabalhos citados evidenciam aumentos significativos de produtividade principalmente em cana-soca devido às adubações mais intensas com potássio. Em relação à recomendação, utiliza-se a expectativa de produção, ou seja, 1,3 a 1,5 kg ha⁻¹ de K₂O por tonelada de colmo. Assim, se a expectativa de produção for de 100 t ha⁻¹ usa-se 140 a 160 kg ha⁻¹ de K₂O (DEMATTE, 2005). De acordo com Raij e Cantarella (1997), adubação potássica é recomendada de acordo com a análise de solo (teor de K⁺ trocável) e produtividade esperada, de tal modo que se a expectativa de produtividade for em torno de 100 t ha⁻¹, e o teor de K⁺ trocável no solo estiver em níveis mais baixos (0 a 1,5 mmol_c dm⁻³ K⁺) recomenda-

se em média 130 a 150 kg ha⁻¹ de K₂O.

2.3 Avaliação do estado nutricional da cultura da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar, semelhante às outras culturas, possui entre 65 a 90% do sua massa representada por água, e de 10 a 35% de material seco, isto dependendo do seu estágio de crescimento. Esse material seco é representado por compostos tais como, proteínas, lipídeos e carboidratos, que por sua vez são constituídos por elementos minerais. Esses minerais que estão na planta constituem-se em seus nutrientes, ou seja, a cana-de-açúcar como as demais plantas, necessita dos nutrientes para seu crescimento e pleno desenvolvimento (DIAS e ROSSETTO, 2006).

Existem várias ferramentas para saber qual elemento e quanto a cana necessita de determinado nutriente. Entre elas, usa-se a diagnose visual, a diagnose foliar, a extração de nutrientes pela cultura e a expectativa de produtividade da cultura em determinados solos.

A cultura de cana-de-açúcar é grande extratora de nutrientes do solo. Considerando-se colmo + folhas + palmito, a quantidade de nutrientes extraída por uma tonelada de cana é de: 1,20 kg de N; 0,36 kg de P₂O₅; 1,48 kg de K₂O; 1,12 kg de CaO; 0,68 kg de MgO e 0,36 kg de S (MALAVOLTA et al., 1997). Desta forma, as exigências minerais da cana-de-açúcar, assim como as quantidades de nutrientes removidas pela cultura são conhecimentos fundamentais para o estudo da adubação, indicando as quantidades de nutrientes a serem fornecidas (COLETI et al., 2006).

Gallo et al. (1962), pesquisando sobre amostragem de folhas para cana-de-açúcar em relação à posição e parte a ser retirada, verificaram que diante dos dados obtidos e considerando a facilidade do trabalho de laboratório e campo, deveria-se selecionar a folha de posição +3, em plantas de 4 a 8-9 meses de idade, tomando os 20 cm centrais da lâmina, com exclusão da nervura central, como material para as determinações dos teores totais de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio.

O método do levantamento de amostragem adequado possibilita conhecer a faixa de variação dos teores de nutrientes nas folhas e prever, através dos resultados das análises, as prováveis áreas deficientes em elementos, na cultura de cana-de-açúcar (GALLO et al., 1968).

Segundo Malavolta et al. (1997), os teores foliares de macronutrientes adequados para cana-planta são de 19 a 21 g kg⁻¹ de N, 2,0 a 2,4 g kg⁻¹ de P, 11 a 13 g kg⁻¹ de K, 8 a 10 g kg⁻¹ de Ca, 2 a 3,0 g kg⁻¹ de Mg e 2,5 a 3,0 g kg⁻¹ de S. E para cana-soca são 20 a 22 g kg⁻¹ de N,

1,8 a 2,0 g kg⁻¹ de P, 13 a 15 g kg⁻¹ de K, 5 a 7 g kg⁻¹ de Ca, 2 a 2,5 g kg⁻¹ de Mg e 2,5 a 3,0 g kg⁻¹ de S.

Marcelo (2008) avaliou os efeitos da aplicação de fontes (uréia e nitrato de amônio) e doses de nitrogênio (0, 40, 80, 120 e 160 kg ha⁻¹ de N) em terceira soqueira da variedade SP79-1011 sem queima prévia do canavial cultivado em Latossolo vermelho-amarelo distrófico na região sudoeste de Minas Gerais. Não encontrou resposta significativa dos tratamentos para teor foliar de nitrogênio coletado a folha (+3), com média 16,1 g kg⁻¹ de N.

Gallo et al. (1968) desenvolveram um trabalho com intuito de realizar amostragens de folhas para avaliar o estado nutricional da cana-de-açúcar incluindo áreas com cana-planta e cana soca, nas condições em que eram cultivadas no Estado de São Paulo, amostradas as folhas +3. De acordo com as análises químicas de todas as amostras para vários nutrientes nas folhas apresentaram os seguintes limites de concentração: nitrogênio 10,8 a 26,8 g kg⁻¹, fósforo 0,7 a 2,75 g kg⁻¹, potássio 3,4 a 21,8 g kg⁻¹, cálcio 2,3 a 11,3 g kg⁻¹, magnésio 0,4 a 6,0 g kg⁻¹, enxofre-sulfato 65 a 2130 mg kg⁻¹, ferro 70 a 1270 mg kg⁻¹, manganês 22 a 820 mg kg⁻¹, cobre 2,7 a 14,0 mg kg⁻¹, zinco 6,5 a 57,6 mg kg⁻¹, boro 3 a 37 mg kg⁻¹ e molibdênio 0,02 a 0,79 mg kg⁻¹. A distribuição dos teores das amostras, por frequência, indicou maior porcentagem de canaviais com baixos teores, nos seguintes elementos, potássio, magnésio, nitrogênio, fósforo, enxofre e ferro.

Gomes (2003) estudou o comportamento de doze variedades de cana-de-açúcar em áreas com aplicação de vinhaça em dois tipos de solo, Latossolo Vermelho Amarelo distrófico e Nitossolo Vermelho eutroférico. Constatou que a variedade RB 83-5486 adaptou-se melhor no Latossolo com uma produtividade de colmos de 112, 50 e 105 t ha⁻¹, para cana-planta, soca e ressoca, respectivamente. Essa baixa produtividade na soca foi relacionada com a distribuição e disponibilidade das chuvas. Com concentração de nitrogênio nos colmos de 0,68, 0,99 e 0,81 kg t⁻¹, de fósforo de 0,16, 0,15 e 0,09 kg t⁻¹, e de potássio de 1,11, 1,63 e 2,15 kg t⁻¹, para cana-planta, soca e ressoca, respectivamente.

Espironello et al. (1986) avaliaram oito ensaios de adubação NPK, em cana-soca da variedade CB 41-76, conduzidos em diversos solos do Estado de São Paulo. Devido às variações acentuadas dos teores de macronutrientes das folhas de cana-soca em relação a diferentes localidades, foram encontradas as seguintes faixas de teores: 15,3 a 22,2 g kg⁻¹ de N; 1,4 a 2,0 g kg⁻¹ de P; 12,4 a 15,9 g kg⁻¹ de K; 3,8 a 7,1 g kg⁻¹ de Ca; 1,1 a 2,0 g kg⁻¹ de Mg e 1,1 a 3,1 g kg⁻¹ de S.

Orlando Filho et al. (1980) verificaram extração de uma tonelada de colmos de cana-planta os seguintes valores: 0,92 kg de N; 0,23 kg de P₂O₅; 0,77 kg de K₂O; 0,83 kg de CaO;

0,56 kg de MgO e 0,84 kg de SO₄. Para cana soca constataram 0,73 kg de N; 0,30 kg de P₂O₅; 0,85 kg de K₂O; 0,49 kg de CaO; 0,51 kg de MgO e 0,69 kg de SO₄.

Coleti et al. (2006) avaliaram a extração de N, P₂O₅, K₂O, CaO, MgO e SO₄ para cana-planta e cana soca para duas variedades na região de São José do Rio Preto-SP. Para cana-planta de variedade RB 83-5486 verificaram uma extração de 120 de N, 25 de P₂O₅, 200 de K₂O, 17 de CaO, 23 de MgO e 44 de SO₄ (kg ha⁻¹) para uma produção de 100 toneladas. Para cana-soca 103 de N, 22 de P₂O₅, 169 de K₂O, 13 de CaO, 19 de MgO e 15 de SO₄ (kg ha⁻¹) para uma produção de 100 toneladas. Enquanto para a variedade SP81-3250 cana-planta houve extração de 142 de N, 22 de P₂O₅, 171 de K₂O, 16 de CaO, 22 de MgO e 18 de SO₄ (kg ha⁻¹) para uma produção de 100 toneladas. Para cana-soca: 120 de N, 28 de P₂O₅, 179 de K₂O, 26 de CaO, 29 de MgO e 21 de SO₄ (kg ha⁻¹) também para uma produção de 100 toneladas. As quantidades médias de nutrientes removidos para produção de 100 toneladas de colmos industrializáveis foram, respectivamente para cana-planta e soca: 83 e 109 kg ha⁻¹ de N, 22 e 24 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 140 e 144 kg ha⁻¹ de K₂O, 12 e 13 kg ha⁻¹ de CaO, 22 e 23 kg ha⁻¹ de MgO e 16 e 26 kg ha⁻¹ de SO₄.

Tasso Junior et al. (2007) também avaliaram a extração de nutrientes como N, P₂O₅, K₂O, CaO, MgO e SO₄, para cana-planta em cinco variedades precoces de cana-de-açúcar no ambiente produção para região centro-norte de Estado de São Paulo. Constataram que as extrações de nutrientes em uma tonelada de colmos para variedade IAC91-2195 foram de 0,90 kg de N; 0,18 kg de P₂O₅; 1,37 kg de K₂O; 0,24 kg de CaO; 0,29 kg de MgO e 0,27 kg de SO₄, para variedade SP89-1115 de 0,81 kg de N; 0,19 kg de P₂O₅; 1,33 kg de K₂O; 0,33 kg de CaO; 0,33 kg de MgO e 0,40 kg de SO₄, para variedade RB85-5453 de 0,91 kg de N; 0,15 kg de P₂O₅; 1,73 kg de K₂O; 0,32 kg de CaO; 0,45 kg de MgO e 0,46 kg de SO₄, para a variedade RB85-5156 de 0,51 kg de N; 0,20 kg de P₂O₅; 2,14 kg de K₂O; 0,20 kg de CaO; 0,40 kg de MgO e 0,18 kg de SO₄ e para variedade RB 83-5486 de 0,45 kg de N; 0,13 kg de P₂O₅; 1,21 kg de K₂O; 0,42 kg de CaO; 0,31 kg de MgO e 0,18 kg de SO₄. Ressaltando que os acúmulos de K₂O e N ocorreram em quantidades superiores aos demais macronutrientes para todas as variedades.

Conforme o exposto, as quantidades de nutrientes extraídas do solo pela cana-de-açúcar variam de acordo com os métodos de cultivo, variedade, tipo de solo e disponibilidade de nutrientes no solo, procurando encontrar faixas de teores de nutrientes adequados para a cultura da cana-de-açúcar. Na maioria das pesquisas as extrações dos nutrientes encontraram-se na ordem decrescente para macronutrientes de K>N>Ca>Mg>S>P.

2.4 Adubação nitrogenada na qualidade da cana-de-açúcar

A adubação nitrogenada está normalmente associada a um maior crescimento vegetativo e, portanto, maior umidade na cana. De acordo com Costa (2001) citando Das (1936), o N aumenta o comprimento dos colmos da cana-de-açúcar, o que provoca redução na espessura da parede celular, podendo levar à redução na porcentagem de fibras na planta. Existem relatos de que ocorre aumento linear na quantidade de açúcar produzido por hectare com as doses de N, apesar de resultar, também, em elevação no teor de umidade de colmos, levando à redução no teor de sacarose (KORNDÖRFER; MARTINS, 1992).

Tanto o excesso, quanto a deficiência de N, tem influência na qualidade tecnológica dos colmos. Na deficiência de N, decresce o teor de umidade da planta, diminuindo a qualidade do caldo, aumenta o teor de fibra, diminui a concentração de sacarose, ocorre acúmulo de sacarose nas folhas e alta relação folha:colmo. Com excesso de N, ocorre seu acúmulo no colmo, piora a qualidade do caldo e atrasa a maturação (CARNAÚBA, 1990).

Innes (1960) citado por Korndörfer (1994) relatou que, para cada unidade de aumento percentual na produtividade agrícola devido ao nitrogênio, ocorre um decréscimo de 0,01% no teor de açúcar dos colmos. Embora o teor de açúcar (pol % cana) diminua ou não se altere, a quantidade total de açúcar produzido por hectare pode ser maior, devido o aumento da produtividade (ESPIRONELLO et al., 1982).

A época de aplicação do adubo nitrogenado também exerce influência marcante na qualidade da matéria-prima. Quanto mais tarde for realizada a adubação nitrogenada, mais tempo será necessário para atingir o ponto ideal de maturação. O atraso na maturação acaba concentrando o corte e a industrialização da cana no final da safra, o que de um modo geral, traz sérias dificuldades operacionais (KORNDÖRFER, 1994).

Prado e Pancelli (2006) avaliaram a nutrição nitrogenada em duas soqueiras subseqüentes de cana-de-açúcar em sistemas de colheita mecanizada sem queima na qualidade tecnológica da variedade SP79-1011. Observaram que a qualidade tecnológica da primeira soca não foi afetada pelas doses de nitrogênio (0, 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹), apresentando as seguintes características: o Brix (18,1 a 18,6%), pol da cana (14,71 a 16,16%), fibra (10,94 a 11,10%), pureza (82,02 a 86,91%) e açúcar teórico recuperável (ATR) (123,74 a 133,82 kg t⁻¹). Para a segunda soca houve efeito significativo apenas para a pol da cana e ATR. Nota-se que o efeito da aplicação do nitrogênio sobre ATR deve-se ao incremento na produção de colmos, uma vez que a adubação nitrogenada afetaria diretamente a produção de colmos, justificando seus efeitos na qualidade da cana, cujas características

tecnológicas foram assim descritas: Brix (18,25 a 18,75%), pol da cana (14,75 a 15,75%), fibra (11,15 a 13,35%), pureza (82,25 a 86,25%) e açúcar teórico recuperável (ATR) (133,82 a 152,61 kg t⁻¹). Resultados semelhantes foram constatados por Resende et al. (2006), onde a aplicação de nitrogênio (80 kg ha⁻¹ de N) afetou de forma positiva as características tecnológicas da cana-de-açúcar; no entanto, o ganho de produtividade de colmos proporcionado por esta prática favoreceu a produção de açúcar e compensou tais efeitos.

Costa (2001) estudando a eficiência agrônômica de diferentes fontes nitrogenadas aplicadas na dose correspondente de 100 kg ha⁻¹ de N em terceira soqueira da variedade SP80-1842 em um solo classificado como Argissolo Vermelho Amarelo distrófico arenoso, colhida sem queima prévia, verificou os seguintes teores para atributos de qualidade da cana variando de 19,3 a 20,1% para brix, 16,7 a 17,9% para pol do caldo, 85,4 a 87,6% para pureza do caldo, 13,4 a 14,1% para pol da cana, 0,6 a 0,7% para açúcares redutores e 14,8 a 16,1% para fibra, não havendo influência dos tratamentos sobre estes.

Marcelo (2008) analisou a aplicação de fontes (uréia e nitrato de amônio) e doses de nitrogênio (0, 40, 80, 120 e 160 kg de N ha⁻¹) em terceira soqueira da variedade SP 79-1011 sem queima prévia do canavial cultivado em solo Latossolo vermelho-amarelo distrófico na região sudoeste de Minas Gerais. Não verificou influência das fontes, doses e interação fontes x doses nas qualidades tecnológicas da cana-de-açúcar, com uma média de 23,2% para brix, 17,57% para pol da cana, 87,03 para pureza da cana e 166,6 kg t⁻¹ de ATR.

Resultados semelhantes foram constatados por Campanhão (2003) que verificou que a influência da presença ou não da palhada, no cultivo da soqueira e aplicação de nitrogênio, não influenciaram a qualidade da matéria-prima analisada no momento da colheita.

A qualidade tecnológica da cana-de-açúcar depende de uma série de fatores, tais como variedade, condições climáticas, ciclo da cultura e nível de adubação. A interação ou o conjunto desses fatores é que define o potencial da matéria-prima para a produção de açúcar ou álcool. A adubação é uma prática que pode interferir diretamente neste processo. Assim como a fertilização N pode ou na interferir no processo de maturação, induzindo vigoroso crescimento vegetativo, resultando em plantas com maior teor de umidade e teores mais baixos de sacarose, devido em parte, ao efeito de diluição (KORNDÖRFER, 1994). A importância da adubação potássica foi mais evidenciada após a verificação de sua correlação positiva com a formação de sacarose (Figueiredo, 2006). Contudo, as adubações nitrogenadas e potássicas não podem ser encaradas de forma isoladas, devido a interação de uma série de fatores que vão contribuir para que altas produtividades sejam alcançadas.

2.5 Adubação potássica na qualidade da cana-de-açúcar

O potássio na cana-de-açúcar é fundamental para assegurar a estrutura para assimilação do carbono, bem como para síntese e translocação de proteínas e carboidratos. Quando ocorre a deficiência do nutriente, as plantas apresentam maiores teores de açúcares redutores que de sacarose (KORNDÖRFER, 1990).

A deficiência de potássio reduz a elaboração e translocação de carboidratos e não permite o acúmulo de nitrogênio protéico nas folhas. Sob carência, a respiração da planta aumenta e reduz a quantidade de açúcares armazenados, o que pode provocar um menor crescimento do vegetal. Nesta situação, o potássio é redistribuído das regiões mais velhas para as mais novas, ocasionando manchas cloróticas no limbo e uma coloração arroxeadada na nervura central das folhas (FIGUEIREDO, 2006).

A adubação potássica, portanto, é uma prática que pode interferir no processo de acumulação de açúcar, modificando significativamente a composição da matéria-prima. Uma vez que esse nutriente é extraído em maior quantidade pela cultura da cana-de-açúcar na ordem de $K > N > Ca > Mg > P$, mesmo é constado na exigência de macronutrientes para produzir 100 toneladas de cana, onde são necessários 143 kg de N, 174 de K, 87 de Ca, 49 de Mg, 44 de S e 19 de P (ORLANDO FILHO et al., 1980).

O potássio aplicado através da adubação mineral possui efeito comprovado sobre o teor de cinzas do caldo, pois é o elemento que aparece em maior proporção nas cinzas (ORLANDO FILHO; ZAMBELLO JÚNIOR, 1980). Este elevado teor de cinzas no caldo provoca efeitos negativos na fabricação do açúcar, pois sua ação melassigênica dificulta a cristalização pela formação de falsos núcleos, reduzindo o rendimento industrial do açúcar. Por outro lado, a maior presença de cinzas favorece a fabricação do álcool, porque estas agem como fornecedoras de nutrientes para as leveduras, aumentando a velocidade e a eficiência do desdobramento dos açúcares em álcool (KORNDÖRFER, 1990).

Entre as várias funções que o potássio exerce nas plantas, cita-se a melhor eficiência de uso da água, em consequência do controle da abertura e fechamento dos estômatos responsável pelas trocas gasosas entre a planta e o meio, maior translocação de carboidratos produzidos nas folhas para os outros órgãos da planta, maior eficiência enzimática e melhoria da qualidade comercial da planta (MALAVOLTA et al., 1997).

Orlando Filho et al. (1993) avaliaram doses e formas de aplicação de potássio em cana-planta e quatro socas subseqüentes da variedade SP 70-1143. Observaram que não houve influencia das doses sobre a pol da cana, apenas para terceira soca que foi colhida com nove

meses de idade. De uma forma geral, os tratamentos com potássio, principalmente com doses mais elevadas, indicaram menores teores de fibras em relação à testemunha.

2.6 Adubação em sistema de cana crua

2.6.1 Adubação nitrogenada em sistema de cana crua

Com as normas e leis contra a queima da cana-de-açúcar, a palha sobre a superfície do solo tem gerado uma série de alterações no solo. Sendo assim, grande parte das atividades agrícolas relacionadas às adubações, cultivo e controle de pragas tem sido novamente estudadas (DEMATTE, 2005).

Uma dessas alterações significativas no manejo da cultura com colheita de cana crua é a adubação nitrogenada, a qual é afetada diretamente pela palha. A presença de grande quantidade de palha na superfície do solo dificulta as operações tradicionais de cultivo e incorporação do adubo. Por outro lado, a cobertura de palha protege o solo, reduz as perdas de água por evaporação, promove a reciclagem de nutrientes e pode contribuir significativamente para o controle do mato (MAGRO, 1998). Além disso, a palha afeta as reações dos adubos nitrogenados aplicados na superfície, geralmente diminuindo sua eficiência devido a imobilização de N pela alta relação C/N (CANTARELLA, 1998).

A palhada depositada sobre o solo após a colheita, normalmente da ordem de 10 a 15 t ha⁻¹, contém cerca de 50 a 100 kg ha⁻¹ de N (DEMATTE, 2005). Nota-se uma grande variação na quantidade destes resíduos, onde Sartori (2001) relatou estas diferenças baseando-se na literatura com variações de 6 a 22,8 t ha⁻¹ de palhada, atribuindo essa variação à variedade plantada, idade da planta, local de plantio e condições de manejo, além das características da máquina colhedora.

Neste sentido, Abramo Filho et al. (1993), avaliando a quantidade de resíduos gerados na colheita de cana crua, encontraram 15 t de biomassa seca ha⁻¹ formando uma camada de palhada de 8 a 10 cm de espessura, que ficou sobre a superfície do solo fazendo com que a temperatura sob a palhada e junto ao solo fosse 5°C menor que a temperatura ambiente, para a variedade SP 71-6163, no terceiro corte. A presença deste colchão de palha sobre o solo pode ser responsável pela redução de 52% da produtividade agrícola em relação à cana queimada, para a mesma variedade.

Manechini (1997) estudou produtividade e massa de palha e ponteiro gerados na colheita em três variedades de cana-de-açúcar no estágio de primeiro corte e idade de 16 meses, colhidas mecanicamente sem queima. Os resultados foram os seguintes, respectivamente para produtividade e massa de palha e ponteiro (massa seca): SP 80-185= 107,9 t ha⁻¹ e 15,6 t ha⁻¹; SP 79-1011= 129,2 t ha⁻¹ e 13,6 t ha⁻¹ e SP 79-2233= 148,5 t ha⁻¹ e 15,0 t ha⁻¹. No mesmo trabalho, quantificou os nutrientes na palha deixada sobre o solo, em kg ha⁻¹: nitrogênio (54,7), fósforo (4,4), potássio (76,1), cálcio (54,9), magnésio (25,5) e enxofre (15,1), sendo o potássio o elemento de maior concentração na palha.

Verifica-se que, além da palhada proteger o solo contra erosão, também é grande fornecedora de nutrientes, promovendo assim grande reciclagem destes para o solo. Através da média de quatro variedades de cana-de-açúcar, constatou-se que 50% do N e 65% do K, poderiam ser deduzidos da adubação mineral da soca do ano seguinte. Entretanto, a mineralização da palha é dependente de fatores ambientais e da relação C/N, assim como da posição do nutriente em relação ao componente desta palha, no caso lignina, celulose, hemicelulose, conteúdo celular e polifenóis (DEMATTE, 2005).

A aplicação dos adubos nitrogenados sobre a palha é a alternativa mais prática em sistema de cana crua em virtude das dificuldades de sua incorporação. No entanto, esta opção não é livre de riscos, pois a presença da palha na superfície do solo pode provocar imobilização temporária do N fertilizante devido à alta relação C/N do resíduo, geralmente da ordem de 100.

A velocidade de decomposição é comumente relacionada à relação C/N, de tal modo que, resíduos com baixa relação C/N decompõem-se mais rapidamente que resíduos com elevada relação C/N e, neste último caso, há necessidade de uma complementação para estimular a decomposição e ou suprir as necessidades da planta (ALEXANDER, 1967).

Se a relação C/N encontrada no material for alta, pode-se esperar que a imobilização do nitrogênio mineral do solo será maior que a mineralização, e consequentemente o processo de decomposição será lento, sendo que a relação C/N base para esses processos está em torno de 30/1 (SIQUEIRA, 1983).

Desta forma, nos primeiros anos sob o sistema de cana crua, não deve haver redução da necessidade de adubação nitrogenada da cultura em relação ao sistema de cana queimada. A redução de perda de solo por erosão e o contínuo aporte de palha na superfície aumentam gradualmente o teor de matéria orgânica e a quantidade de N no solo. Assim, é provável que, após alguns anos, o sistema se torne mais eficiente e as doses de N possam ser reduzidas ou as produtividades obtidas com a mesma quantidade de N sejam aumentadas, de

modo semelhante ao que ocorre em muitos casos após a adoção do sistema de plantio direto com outras culturas (CANTARELLA, 1998).

Um dos adubos nitrogenados mais utilizados na cultura da cana é a uréia, devido a sua economicidade. Porém, há perda por volatilização de amônia. A atividade de urease em resíduos vegetais é muito maior do que no solo desnudo, o que contribui para rápida hidrólise deste adubo e produção de amônia. O fenômeno é agravado pelo fato da palhada ter uma baixa capacidade de retenção do gás produzido. Dados obtidos no Brasil e em vários outros países mostram que as perdas por volatilização de amônia podem atingir 20 a 40% (ou mais) do N-uréia aplicado sobre a palhada da cana. Em campo, as condições climáticas regulam a magnitude das perdas. A água da chuva ou da irrigação ou vinhaça pode arrastar a uréia para dentro do solo e diminuir ou evitar a volatilização. No entanto, estima-se que sejam necessários pelo menos 15 mm de chuva nos primeiros dias após a adubação para provocar algum efeito em virtude da retenção de água pela palhada. Por outro lado, se a superfície do solo-palhada permanecer seca, não há hidrólise da uréia e, por conseguinte, perda de amônia. Portanto, o orvalho noturno ou a umidade do solo podem ser suficientes para provocar a dissolução da uréia. Assim, as condições meteorológicas no período da adubação são importantes para o destino da uréia aplicada na superfície do solo. O enterrio da uréia a 5 ou 10 cm de profundidade é uma forma eficiente de prevenir tais perdas (CANTARELLA, 1998). Uma outra forma para reduzir as perdas por volatilização, sugerida por Gava (1999), foi aplicação de uréia misturada a um doador de H^+ , e que, como a vinhaça é um resíduo de ampla utilização, ela poderia ser o doador de prótons e ser aplicada juntamente com o fertilizante.

Fontes de nitrogênio como nitrato de amônio e sulfato de amônio não estão sujeitas a perdas significativas por volatilização da amônia, no entanto, qualquer uma delas, inclusive a uréia, pode sofrer perdas por desnitrificação como consequência da diminuição da aeração, pela maior umidade, combinada com problemas físicos de compactação e na presença de compostos de carbono solúveis (VITTI; MAZZA, 2002).

Kiehl (1999) concluiu que a aplicação da uréia a 5 cm de profundidade resultou em índices de retenção de amônia até 106% mais elevados que os obtidos com a aplicação superficial. Maiores índices de retenção são desejáveis, porque significam menores perdas de amônia por volatilização. Assim, Costa et al. (2003), em trabalho na mesma linha, porém usando, além da uréia, a mistura uréia (50%) + sulfato de amônio (50%), o uran e o Agifer (subproduto da Ajinomoto), observaram que as perdas com o uso de uréia ou da mistura

foram da ordem de 36% e 35%, respectivamente, enquanto as do uran foram de 15% e as do Agifer 9%.

Cantarella (1998) estudando as perdas de N por volatilização de amônia com aplicação de uréia ou nitrato de amônio em cana colhida crua, verificou que quando houve a incorporação a 5 cm de profundidade dos adubos nitrogenados na forma de nitrato de amônio (100 kg ha^{-1}) e uréia (50 kg ha^{-1}) as perdas foram mínimas, quase zero.

Gava et al. (2003) estudaram a contribuição da palhada como fonte de N e verificaram os efeitos desse resíduo na recuperação do nitrogênio da uréia aplicada na adubação de soqueira em condições de campo. A uréia (100 kg ha^{-1} de N), aplicada em área total, sem incorporação, esteve sempre associada à vinhaça ($100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$). Do N total acumulado na parte aérea da soqueira, 10% a 16% foram absorvidos do fertilizante e, em média, 4% do N mineralizado da palhada. A eficiência de utilização do N da uréia pela soqueira foi, em média, de 17%, e o da palhada, 8%. O N da palhada foi disponibilizado para a planta no final do ciclo da cultura. Em relação à produção final de colmos, não houve diferença significativa entre os tratamentos, porém o tratamento onde a uréia foi incorporada ao solo, ao lado da soqueira, apresentou maior produção assim como a maior quantidade de N proveniente da fonte marcada.

A escolha da fonte de N e do seu modo de aplicação no sistema de cana crua depende do custo do N e da eficiência de seu uso pela cultura, mas ainda existem muitas questões para serem definidas, tais como a contribuição dos vários processos que afetam as reações do N no solo em condições do Brasil. Contudo, em casos, em que há aplicação sem incorporação do adubo, a melhor opção é o uso de forma nitrogenada menos volátil, como nitrato ou sulfato de amônio.

2.6.2 Adubação potássica em sistema de cana crua

Segundo Oliveira et al. (1999), a reciclagem de nutrientes imobilizados na palhada da cultura no sistema de cana crua é mais lento, com exceção do potássio, em que 85% do K da palha são liberados para o solo. Verificaram que apenas 20% da matéria seca e 18% do N são mineralizados, enquanto a totalidade do P e do S permanecem inalterados na matéria seca após 12 meses do corte da cana-de-açúcar da variedade SP 79-1011.

Portanto, em termos de reposição de nutrientes, pode-se fazer cálculos em relação ao K, mas não em relação ao N. Nas áreas com palha, a dedução do K do fertilizante

pode ser feita na proporção de 40 kg de K_2O para cada 10 t de palha, e em 15 t ha^{-1} de palha serão deduzidos 60 kg de K_2O (DEMATTE, 2005).

Observa-se que provavelmente as doses de K_2O em adubação de soqueiras em sistemas de cana crua poderão ser reduzidas, em virtude da alta reciclagem do mesmo na matéria seca da palhada, com conseqüente mobilização para o solo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Histórico das áreas dos experimentos

3.1.1 Histórico da área de instalação dos experimentos referentes aos 3º e 4º ciclos da cana-de-açúcar nas safras de 2006/07 e 2007/08

Anteriormente a área encontrava-se como pastagem que foi substituída pelo plantio de cana-de-açúcar com a variedade RB 83-5486. A adubação de plantio constou da aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N, 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 120 kg ha⁻¹ de K₂O no sulco de plantio. As adubações de cobertura dos 2º e 3º ciclos constaram da aplicação de 85 kg ha⁻¹ de N, 30 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 120 kg ha⁻¹ de K₂O incorporados ao solo através do cultivador.

3.1.2 Histórico da área da instalação dos experimentos referentes aos 4º ciclos da cana-de-açúcar em áreas com e sem palhada na safra de 2007/08

Ambas as áreas estavam em cultivo de pastagens, substituídas pelo plantio da cana-de-açúcar da variedade RB 86-7515. As adubações de plantio utilizadas pela usina constaram da aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N, 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 120 kg ha⁻¹ de K₂O no sulco de plantio. As adubações de cobertura dos 2º e 3º ciclos constaram da aplicação de 85 kg ha⁻¹ de N, 30 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 120 kg ha⁻¹ de K₂O incorporados ao solo de acordo com os equipamentos utilizados pela usina.

3.2 Localização e caracterização das áreas experimentais

3.2.1 Experimentos: 3º e 4º ciclos da cana-de-açúcar nas safras de 2006/07 e 2007/08

Os experimentos foram conduzidos na Fazenda Vale da Pecuária, município de Selvíria-MS, em uma área administrada pela Usina Alcoolvale S/A. O clima é tipo Aw pela classificação de Köppen, altitude de 335 metros, temperatura média anual é de 23,5 °C, a precipitação pluvial média anual é de 1370 mm e a umidade relativa do ar média anual entre 70 e 80%.

O solo do local do experimento foi classificado como Latossolo Vermelho textura média arenosa distrófico (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA, 1999) e ambiente de produção “E”. Cujos resultados das análises químicas iniciais do solo, realizadas de acordo com a metodologia descrita por Raij e Quaggio (1983) amostradas em área total do talhão nas camadas de 0-20 cm e 20-40 cm estão apresentados na Tabela 1. As análises químicas do solo no ano agrícola de 2007 nas camadas de 0-20 e 20-40 cm (22/12/2007) amostradas nas entrelinhas após três meses da aplicação do 2 t ha⁻¹ de calcário e de 1 t ha⁻¹ de gesso em área total encontram-se na Tabela 2. Os dados de precipitação pluvial nos anos agrícolas de 2006 a 2008 constam na Tabela 3.

Tabela 1. Análises químicas iniciais do solo nas camadas de 0-20 e 20-40 cm com amostragem em área total do talhão na Fazenda Vale da Pecuária, Selvíria-MS, 2004.

Profundidade (cm)	pH CaCl ₂	MO g dm ⁻³	P _{resina} mg dm ⁻³	K -----mmol _c dm ⁻³ -----	Ca	Mg	SB	CTC	V
0-20	4,2	14	2	0,4	3	1	4,4	32,4	14
20-40	4,0	12	1	0,3	1	1	2,3	24,3	9

Tabela 2. Análise química do solo nas camadas de 0-20 e 20-40 cm no ano agrícola de 2007 (24/12/2007) amostradas nas entrelinhas após três meses da aplicação de 2 t ha⁻¹ de calcário e de 1 t ha⁻¹ de gesso em área total na Fazenda Vale da Pecuária, Selvíria-MS, 2007.

Profundidade	pH	MO	P _{resina}	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V
(cm)	CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	-----mmol _c dm ⁻³ -----						%
0-20	5,0	11	5	0,3	6	4	17	10,3	27,3	38
20-40	4,2	7	3	0,2	1	1	18	2,2	20,2	11
Micronutrientes e Enxofre										
Profundidade	Cu	Fe	Mn	Zn	B		S-SO ₄ ⁻²			
(cm)	-----DTPA-----					Água Quente		Ca(H ₂ PO ₄) ₂		
	-----mg dm ⁻³ -----									
0-20	0,3	21	6,0	0,2	0,05		1			
20-40	0,3	19	3,5	0,1	0,07		3			

Tabela 3. Precipitação pluvial mensal de janeiro de 2006 a dezembro de 2008 da Fazenda Vale da Pecuária, Selvíria-MS.

Ano	Precipitação pluvial (mm)												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
2006	250,0	441,0	219,0	52,0	3,0	0,0	0,0	45,0	84,0	37,0	112,0	268,0	1551,0
2007	480,0	157,0	10,0	44,0	102,0	0,0	50,0	0,0	0,0	85,0	148,0	105,0	1181,0
2008	487,0	236,0	279,0	148,0	68,0	0,0	0,0	45,0	0,0	109,0	114,0	216,0	1702,0

3.2.2 Experimentos: 4º ciclo da cana-de-açúcar em áreas com e sem palhada na safra de 2007/08

Os experimentos conduzidos com o 4º ciclo da cana-de-açúcar em área com e sem palhada foram realizados nas Fazendas A Raimundo e Retiro II, respectivamente, no município de Aparecida do Taboado-MS, em uma área administrada pela Usina Alcoolvale S/A. O clima é do tipo Aw pela classificação de Köppen, altitude de 335 metros, pluviosidade média anual de 1500 mm.

Os solos dos locais dos experimentos foram classificados como Latossolo Vermelho textura média argilosa álico (EMBRAPA, 1999) e ambientes de produção “D”. Os resultados das análises químicas iniciais do solo, amostradas em área total nas camadas de 0-20 cm e 20-40 cm estão apresentados na Tabela 4 para o experimento com palhada e na Tabela 5 para área sem palhada. E as análises químicas do solo no ano agrícola de 2007 nas camadas de 0-20 e 20-40 cm (23/12/2007) amostradas nas entrelinhas após três meses da aplicação de 1 t ha⁻¹ de calcário e de 1t ha⁻¹ de gesso em área total para os experimentos com e sem palhada, encontram-se na Tabela 6 e Tabela 7, respectivamente. Os dados de precipitação pluvial nos anos agrícolas de 2006 a 2008 para ambos os experimentos estão na Tabela 8.

Tabela 4. Análises químicas iniciais do solo nas camadas de 0-20 e 20-40 cm com amostragem em área total do talhão na Fazenda A Raimundo, Aparecida do Taboado-MS, 2004, experimento com palhada.

Profundidade	pH	MO	P	K	Ca	Mg	SB	CTC	V
(cm)	CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	-----	-----	mmol _c dm ⁻³	-----	-----	%
0-20	4,1	15	1	0,4	2	1	3,8	34,8	11
20-40	4,0	12	1	0,2	2	1	3,2	31,2	10

Tabela 5. Análises químicas iniciais do solo nas camadas de 0-20 e 20-40 cm com amostragem em área total do talhão na Fazenda Retiro II, Aparecida do Taboado-MS, 2004, experimento sem palhada.

Profundidade	pH	MO	P _{resina}	K	Ca	Mg	SB	CTC	V
(cm)	CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	-----	-----	mmol _c dm ⁻³	-----	-----	%
0-20	4,2	17	1	0,5	3	2	4,9	40,9	12
20-40	4,0	14	1	0,3	1	1	2,5	35,5	7

Tabela 6. Análise química do solo nas camadas de 0-20 e 20-40 cm no ano agrícola de 2007 (23/12/2007) amostradas nas entrelinhas após quatro meses da aplicação de 1 t ha^{-1} de calcário e 1 t ha^{-1} de gesso em área total na Fazenda A Raimundo, Aparecida do Taboado-MS, 2007, experimento com palhada.

Profundidade	pH	MO	P _{resina}	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V
(cm)	CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	-----mmol _c dm ⁻³ -----						%
0-20	4,4	15	6	0,8	6	3	28	9,8	37,8	26
20-40	4,1	12	3	0,4	3	2	26	5,4	31,4	17
Micronutrientes e Enxofre										
Profundidade	Cu	Fe	Mn	Zn	B		S-SO ₄ ⁻²			
(cm)	-----DTPA-----					Água Quente		Ca(H ₂ PO ₄) ₂		
	-----mg dm ⁻³ -----									
0-20	0,4	39	2,7	0,2	0,11		23			
20-40	0,4	25	1,9	0,1	0,09		44			

Tabela 7. Análise química do solo nas camadas de 0-20 e 20-40 cm no ano agrícola de 2007 (23/12/2007) amostradas nas entrelinhas após quatro meses da aplicação de 1 t ha^{-1} de calcário e 1 t ha^{-1} de gesso em área total na Fazenda Retiro II, Aparecida do Taboado-MS, 2007, experimento sem palhada.

Profundidade	pH	MO	P _{resina}	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V
(cm)	CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	-----mmol _c dm ⁻³ -----						%
0-20	4,7	13	5	0,6	15	8	25	9,8	48,6	26
20-40	4,0	10	3	0,4	4	3	33	7,4	40,4	18
Micronutrientes e Enxofre										
Profundidade	Cu	Fe	Mn	Zn	B			S-SO ₄ ⁻²		
(cm)	-----DTPA-----				Água Quente			Ca(H ₂ PO ₄) ₂		
	-----mg dm ⁻³ -----									
0-20	0,6	31	7,0	0,2	0,09			32		
20-40	0,5	25	5,3	0,2	0,09			47		

Tabela 8. Precipitação pluvial mensal de janeiro de 2006 a dezembro de 2008 das Fazendas A Raimundo e Retiro II, Aparecida do Taboado-MS, experimento com e sem palhada, respectivamente.

Ano	Precipitação pluvial (mm)												
	Fazenda A Raimundo (área com palhada)												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
2006	240,5	352,0	161,5	5,0	58,0	0,0	22,0	68,0	62,5	46,0	205,5	262,5	1483,5
2007	542,0	208,0	122,5	30,0	117,5	0,0	69,0	0,0	0,0	75,0	114,0	131,5	1409,5
2008	426,0	183,5	270,0	201,0	79,0	0,0	0,0	17,0	8,0	109,0	114,0	216,0	1623,5
Fazenda Retiro II (área sem palhada)													
2006	151,5	279,0	153,5	9,0	30,0	0,0	5,0	36,0	117,0	57,0	105,5	341,0	1284,5
2007	479,0	142,0	125,5	24,5	107,5	0,0	55,5	0,0	0,0	167,5	81,0	132,5	1315,0
2008	411,5	204,5	149,0	111,5	80,0	0,0	0,0	15,0	8,0	54,5	805,0	171,5	2010,5

3.3 Descrição da variedade

3.3.1 Experimentos: 3º e 4º ciclos da cana-de-açúcar nas safras de 2006/07 e 2007/08

A variedade utilizada foi a RB 83-5486, esta é representativa na região de estudo e tendo bom desempenho. Apresenta alta produção em cana-planta e cana-soca, média exigência em solos, ótima brotação de soqueira, perfilhamento médio, florescimento médio e pouco chochamento, altíssimo teor de sacarose, médio teor de fibra e maturação precoce-média. Apresenta resistência ao mosaico, estrias vermelhas, falsas estrias vermelhas e podridão vermelha, escaldadura-das-folhas, reação intermediária do carvão, ferrugem e broca (PROGRAMA, 2009).

3.3.2 Experimentos: 4º ciclos da cana-de-açúcar em áreas com e sem palhada na safra de 2007/08

A variedade utilizada foi a RB 86-7515 que apresenta alta produção em cana-planta e cana-soca, baixa exigência em solos, boa brotação de soqueira (mesmo colhida crua), perfilhamento médio, florescimento eventual e pouco chochamento, alto teor de sacarose, médio teor de fibra e maturação média/tardia. Não deve ser plantada em solos argilosos de boa fertilidade devido à incidência de estrias vermelhas. Apresenta resistência ao mosaico, escaldadura-das-folhas, carvão, ferrugem, podridão vermelha e broca, reação intermediária de estrias vermelhas e falsas estrias vermelhas (PROGRAMA, 2009).

3.4 Delineamento experimental e tratamentos

3.4.1 Delineamento experimental e tratamentos para os experimentos: 3º e 4º ciclos da cana-de-açúcar nas safras de 2006/07 e 2007/08

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, seguindo esquema fatorial 4 x 4 em 4 repetições, totalizando 64 parcelas, ou seja, quatro doses de N na forma de uréia (40, 80, 120 e 160 kg ha⁻¹ de N) e quatro doses de K na forma de cloreto de potássio (40, 80, 120 e 160 kg ha⁻¹ de K₂O). Os tratamentos designados seguem descritos, os quais foram reaplicados em cada safra:

- T1= 40 kg ha⁻¹ de N em cobertura + 40 kg ha⁻¹ de K₂O em cobertura.
- T2= 40 kg ha⁻¹ de N em cobertura + 80 kg ha⁻¹ de K₂O em cobertura.
- T3= 40 kg ha⁻¹ de N em cobertura + 120 kg ha⁻¹ de K₂O em cobertura.
- T4= 40 kg ha⁻¹ de N em cobertura + 160 kg ha⁻¹ de K₂O em cobertura.
- T5= 80 kg ha⁻¹ de N em cobertura + 40 kg ha⁻¹ de K₂O em cobertura.
- T6= 80 kg ha⁻¹ de N em cobertura + 80 kg ha⁻¹ de K₂O em cobertura.
- T7= 80 kg ha⁻¹ de N em cobertura + 120 kg ha⁻¹ de K₂O em cobertura.
- T8= 80 kg ha⁻¹ de N em cobertura + 160 kg ha⁻¹ de K₂O em cobertura.
- T9= 120 kg ha⁻¹ de N em cobertura + 40 kg ha⁻¹ de K₂O em cobertura.
- T10= 120 kg ha⁻¹ de N em cobertura + 80 kg ha⁻¹ de K₂O em cobertura.
- T11= 120 kg ha⁻¹ de N em cobertura + 120 kg ha⁻¹ de K₂O em cobertura.
- T12= 120 kg ha⁻¹ de N em cobertura + 160 kg ha⁻¹ de K₂O em cobertura.
- T13= 160 kg ha⁻¹ de N em cobertura + 40 kg ha⁻¹ de K₂O em cobertura.
- T14= 160 kg ha⁻¹ de N em cobertura + 80 kg ha⁻¹ de K₂O em cobertura.
- T15= 160 kg ha⁻¹ de N em cobertura + 120 kg ha⁻¹ de K₂O em cobertura.

- T16= 160 kg ha⁻¹ de N em cobertura + 160 kg ha⁻¹ de K₂O em cobertura.

Os adubos foram aplicados em cobertura e lateralmente as linhas de cana (20 cm da linha de cana). Todos os tratamentos receberam 30 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (superfosfato simples) na adubação de cobertura.

Cada parcela foi constituída de 5 linhas de cana por 10 metros de comprimento, no espaçamento de 1,4 metros, totalizando uma área de 70 m², sendo considerada como parcela útil para avaliação das variáveis agroindustriais as 3 linhas centrais que resultaram em 42 m².

3.4.2 Delineamento experimental e tratamentos para os experimentos: 4º ciclos da cana-de-açúcar em áreas com e sem palhada na safra de 2007/08

Os delineamentos experimentais e os tratamentos adotados foram os mesmos descritos no item 3.3.1 para o experimento com palhada na Fazenda A Raimundo e para o experimento sem palhada na Fazenda Retiro II, ambas no município de Aparecida do Taboado-MS.

3.5. Instalação e condução dos experimentos

3.5.1 Instalação e condução dos experimentos: 3º e 4º ciclos da cana-de-açúcar nas safras de 2006/07 e 2007/08

Antecedendo-se às instalações dos experimentos, foram aplicados 2 t ha⁻¹ de calcário (PRNT 80%) e 1t ha⁻¹ de gesso na área em questão, em setembro de 2006 e reaplicados em setembro de 2007.

O experimento referente ao 3º ciclo da cultura da cana-de-açúcar foi instalado no campo após 25 dias da realização da colheita com queima prévia do canavial comercial, de segundo ciclo (1ª soca), no mês de outubro de 2006 (16/10/2006), constando de todos os tratamentos descritos no item 3.4.1. Para incorporação dos adubos ao solo foi utilizado o implemento para tríplice cultivo logo após aplicação dos tratamentos nas suas respectivas

parcelas. A colheita foi realizada de forma manual, com queima prévia do canavial em agosto de 2007 (31/08/2007).

No mês de setembro de 2007, após 15 dias da realização da colheita do 3º ciclo foi realizada a aplicação dos tratamentos no dia 15/09/2007 nas suas respectivas parcelas, conforme descritos no item 3.4.1, os quais também foram incorporados ao solo através do implemento para tríplice cultivo. A colheita foi realizada de forma manual, sem queima prévia do canavial em junho de 2008 (16/06/2008).

Não houve necessidade de nenhum tipo de controle de pragas e doenças durante a condução dos experimentos, sendo feito apenas o controle de plantas daninhas com a mistura de (3 kg p.c. (Diuron + Hexazinona) + 0,6L p.c. 2,4D + 1,0L p.c. MSMA + 2L p.c. Ametrina) por hectare.

3.5.2 Instalação e condução dos experimentos: 4º ciclos da cana-de-açúcar em áreas com e sem palhada na safra de 2007/08

Antecedendo-se às instalações dos experimentos, foram aplicados 2 t ha⁻¹ de calcário (PRNT 80%) e 1t ha⁻¹ de gesso em cada área (com e sem palhada) em julho de 2007.

O experimento na área com palhada foi instalado no campo após 21 dias da realização da colheita sem queima prévia do canavial comercial, de terceiro ciclo (2ª soca), no mês de agosto de 2007 (27/08/2007), constando de todos os tratamentos descritos no item 3.3.1. Para incorporação do adubo e da palha ao solo foi utilizado implemento para tríplice cultivo logo após aplicação dos tratamentos nas suas respectivas parcelas. A colheita foi realizada de forma manual, sem queima prévia do canavial em maio de 2008 (28/05/2008).

Para o experimento na área sem palhada foi instalado no campo após 15 dias da realização da colheita com queima prévia do canavial comercial, de terceiro ciclo (2ª soca), no mês de julho de 2007 (15/07/2007), constando de todos os tratamentos descritos no item 3.3.1. Para incorporação do adubo e da palha ao solo utilizou o implemento adotado pela usina. A colheita foi realizada de forma manual, sem queima prévia do canavial em junho de 2008 (02/06/2008).

Não houve necessidade de nenhum tipo de controle de pragas e doenças durante a condução dos experimentos, sendo feito apenas o controle de plantas daninhas com a aplicação de 1,2 L p.c. ha⁻¹ de (Diuron + Hexazinona) e 100 g p.c. ha⁻¹ de Imazapique.

3.6 Variáveis avaliadas

3.6.1. Estado nutricional da planta

As coletas das folhas foram realizadas aos quatro meses após brotação do canavial para o experimento referente ao 3º ciclo da cultura na safra de 2006/07 e para os demais experimentos as folhas foram coletadas aos cinco meses após brotação, devido ao baixo crescimento da cultura, pela falta de chuva. Foram coletadas 30 folhas(+3) por parcela dentro da área útil, retirando-se o terço médio, excluindo a nervura central (Malavolta et al., 1997). As amostras foram colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar, temperatura de 65 °C, por cerca de 96 horas. Depois de seco, o material foi moído para análises dos teores totais de N, P, K, Ca, Mg e S, seguindo-se os métodos descritos em Malavolta et al. (1997).

Os teores de N, P, K, Ca, Mg e S dos colmos foram determinados segundo Malavolta et al., (1997). Para tanto, foram coletados 10 colmos aleatórios dentro da área útil da parcela no momento da colheita e posteriormente triturados. Retirou-se uma amostra desse material triturado e colocado em estufa com circulação forçada de ar para secar a temperatura de 65°C, permanecendo até a massa constante.

3.6.2 Qualidade da matéria-prima

Para determinação da qualidade da matéria-prima foram coletados 10 colmos de cana no momento da colheita, em seqüência na linha central de cada parcela, desconsiderando os três metros iniciais de cada lado. Os colmos foram despalhados e despontados. As amostras foram enviadas ao laboratório de PCTS Usina Alcoolvale S/A, onde foram determinados os valores (%) de açúcar redutor do caldo, açúcar redutor da cana, Pol do caldo, Pol da cana, Pureza do caldo, Brix e fibra da cana, conforme o manual Conselho dos Produtores de Cana-de-açúcar, Açúcar e Alcool do Estado de São Paulo-CONSECANA (2003).

3.6.3 Produtividade de colmos

Para determinação da produtividade de colmos, primeiramente contou-se o número final de colmos industrializáveis na área útil de cada parcela (nas três linhas centrais em 10 metros) antes da realização da colheita. Desta forma, calculou-se o número de colmos por metro de cada parcela. Posteriormente, foram coletados os colmos nas três linhas centrais da parcela de acordo com metodologia descrita por Gueller et al. (1999) para cálculo da massa média por colmo.

Para o cálculo da produtividade ($t\ ha^{-1}$ colmos) foi considerada a massa dos colmos obtida na parcela útil ($42\ m^2$), segundo a fórmula:

$$\text{Produtividade (t ha}^{-1}\text{ colmos)} = (\text{Massa dos colmos (kg)} \times 10) / 42$$

3.6.4 Matéria seca de colmos

Foram coletados 10 colmos aleatórios dentro da área útil da parcela, posteriormente foram triturados e pesados (massa úmida de 10 colmos). Retirou-se uma amostra desse material triturado de massa conhecida (massa úmida da amostra), a qual foi colocada em estufa, com circulação forçada de ar, temperatura de $65\ ^\circ C$, permanecendo até massa constante. Para calcular a quantidade de matéria seca de colmos por ha, primeiramente determinou-se a massa seca de 10 colmos, segundo as fórmulas abaixo:

$$MS10\ (kg) = (MSU \times MSA) / MUA$$

Onde:

MS10= Massa seca de 10 colmos (kg)

MU10= Massa úmida de 10 colmos (kg)

MSA= Massa seca da amostra (g)

MUA= Massa úmida da amostra (g)

$$MS\ (t\ ha^{-1}) = ((MS10 \times NP\ \text{em}\ 10\ \text{metros}) \times 3) / 42$$

Onde:

MS10= Massa seca de 10 colmos (kg)

NP em 10 metros= Número de perfilhos em 10 metros de linha

Fator 3 e 42= calculado para as três linhas centrais com espaçamento de 1,40 m, totalizando uma área de 42 m² (área útil da parcela).

3.6.5 Produtividade agroindustrial

Obtida através da produtividade de colmos (t ha⁻¹ colmos) e da Pol da cana (%), segundo a fórmula:

$$t\ ha^{-1}\ Pol = (t\ ha^{-1}\ colmos \times Pol\ da\ cana) / 100$$

3.6.6 Análise estatística

Os dados obtidos de todas as variáveis quantitativas estudadas foram submetidos ao teste “F” para análise de variância, sendo as comparações entre os tratamentos integrantes do esquema fatorial efetuada por meio de análises de regressão e para comparação de médias utilizou o teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. Para tanto foi utilizado o programa estatístico SANEST (ZONTA; MACHADO, 1986).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Experimentos: 3º e 4º ciclos da cana-de-açúcar nas safras de 2006/07 e 2007/08, variedade RB 83-5486.

4.1.1 Teores de macronutrientes nas folhas

Os quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação, referentes aos teores de N, P e K na folha do 3º (2ª soca) e 4º (3ª soca) ciclos da cana-de-açúcar, variedade RB 83-5486, estão apresentados na Tabela 9. Verifica-se que houve efeito significativo das doses de N para o teor de nitrogênio na folha para o 3º ciclo da cultura e das doses de K para o teor de potássio no 4º ciclo.

Na Tabela 10 encontram-se as médias e equações de regressão referentes aos teores N, P e K na folha do 3º e 4º ciclos da cana-de-açúcar, variedade RB 83-5486. O efeito das doses de N sobre o teor foliar de N na 3ª soca foi de forma linear crescente. Prado e Pancelli (2008) avaliaram a nutrição nitrogenada em soqueiras de cana-de-açúcar em sistema de colheita mecanizada, com a variedade SP 79-1011, utilizando as doses de 0, 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹ de N, verificaram que a aplicação de nitrogênio incrementou de forma quadrática o teor foliar de nitrogênio na primeira (17,1 ao 18,2 g kg⁻¹) e linear na segunda soqueira (15,2 ao 17,8 g kg⁻¹). Ao contrário de Marcelo (2008) que não encontrou resposta significativa das doses de N para teor foliar de nitrogênio determinado na folha +3, com média 16,1 g kg⁻¹ de N para terceira soqueira da variedade SP79-1011.

Os teores de N na folha para 3º e 4º ciclos variaram de 21,33 a 23,22 g kg⁻¹ e 20,81 a 21,42 g kg⁻¹, respectivamente, os quais se encontram dentro da faixa de teores adequados considerada para cana-de-açúcar, que é de 18 a 25 g kg⁻¹, segundo Raij e Cantarella (1997) e 20 a 22 g kg⁻¹, segundo Malavolta et al. (1997).

Os teores foliares de P para o 3º e 4º ciclos também encontram-se na faixa de teores adequados para cana-de-açúcar de acordo com Malavolta et al. (1997) que variam de

1,8 a 2,0 g kg⁻¹ de P, com uma redução para teor de P na folha no 4º ciclo. Ressalta-se que a adubação fosfatada foi realizada com uma dose fixa de 30 kg ha⁻¹ de P₂O₅ para todos os tratamentos por ciclo.

O efeito das doses de K sobre seu teor foliar no 4º ciclo foi de forma linear crescente, sendo que este elemento, junto com o N são absorvidos em maiores quantidades pela cana-de-açúcar, portanto, a resposta às adubações potássicas são sempre altas, tanto para cana-planta como na cana-soca (Dias e Rosseto, 2006). Espironello et al. (1986) avaliaram oito ensaios de adubação NPK, em cana-soca da variedade CB41-76, conduzidos em diversos solos do Estado de São Paulo, constatando efeitos positivos da adubação potássica nos teores de potássio nas folhas e sua correlação positiva com a produtividade de colmos. Os teores foliares de K no 3º e 4 ciclos ficaram na faixa adequada para cultura de acordo com Raij e Cantarella (1997) que variam de 13 a 15 g kg⁻¹ de K. Contudo, verifica-se que os teores foliares de K no 4º ciclo foram inferiores ao do 5º ciclo, o que pode ser explicado pelo efeito acumulativo das doses de K no solo, uma vez que o teor de K no solo estava muito baixo (0,2 a 0,3 mmol_c dm⁻³) no ciclo de 2006/07 (Tabela 2).

Tabela 9. Quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação, referentes aos teores de N, P e K na folha do 3º (2ª soca) e 4º (3ª soca) ciclos da cana-de-açúcar, variedade RB 83-5486, Selvíria-MS, 2006/08.

Causas de Variação	3º ciclo			4º ciclo		
	N	P	K	N	P	K
Doses de N (N)	14,7891**	0,1339	1,2395	1,2684	0,0256	0,6718
Doses de K ₂ O (K)	4,1140	0,1130	1,0729	0,8177	0,0533	18,9010**
N x K	3,9306	0,0445	6,5208	0,5088	0,0311	1,9878
Blocos	1,6211	0,1617	1,9062	2,7251	0,0558	2,1302
Resíduo	2,1134	0,0649	2,0423	0,9926	0,0251	2,6635
Média Geral (g kg ⁻¹)	22,28	4,24	11,68	21,09	2,29	13,29
CV(%)	6,52	6,01	12,23	4,72	6,90	12,27

Observação: ** significativo a 1%, pelo teste F.

Tabela 10. Médias e equações de regressão referentes aos teores N, P e K na folha do 3º (2ª soca) e 4º (3ª soca) ciclos da cana-de-açúcar, variedade RB 83-5486, Selvíria-MS, 2006/08.

Causas de Variação	3º ciclo			4º ciclo		
	N	P	K	N	P	K
----- (g kg ⁻¹) -----						
Doses de N (kg ha ⁻¹)- 40	21,33 ⁽¹⁾	4,25	11,75	20,81	2,23	13,40
80	21,96	4,35	11,81	20,90	2,32	13,25
120	22,59	4,23	11,90	21,22	2,30	13,52
160	23,22	4,13	11,28	21,42	2,32	13,03

Doses de K ₂ O (kg ha ⁻¹)- 40	22,68	4,30	11,43	21,17	2,35	12,04 ⁽²⁾
80	22,63	4,28	11,96	20,79	2,31	12,87
120	21,59	4,12	11,84	21,08	2,27	13,71
160	22,20	4,25	11,50	21,32	2,23	14,55

⁽¹⁾ Y= 20,6981 + 0,0158X (R²= 0,72)

⁽²⁾ Y= 11,2031 + 0,0209X (R²= 0,98)

Para o 3º ciclo da cana-de-açúcar, o teor de cálcio na folha foi influenciado significativamente pelas doses de N, e os teores de cálcio e enxofre pelas doses de K, no 4º ciclo (Tabela 11). Os teores de cálcio, magnésio e enxofre na folha nos 3º e 4º ciclos da cana-de-açúcar, encontram-se em níveis adequados para a cultura, de acordo com Raij e Cantarella (1997), os quais se enquadram em 2 a 8 g kg⁻¹, 1 a 3 g kg⁻¹ e 1,5 a 3 g kg⁻¹, respectivamente. Se comparados com os dados descritos por Malavolta et al. (1997), para cana-soca, nota-se que esses teores foliares de cálcio, magnésio e enxofre, tanto para o 3º e 4º ciclos, se encontram abaixo do nível adequado para cultura em questão (Tabela 12), os quais variam de 5 a 7 g kg⁻¹ de Ca, 2 a 2,5 g kg⁻¹ de Mg e 2,5 a 3,0 g kg⁻¹ de S. Um dos fatores que pode ter influenciado para esses baixos teores foliares está ligado ao tempo de reação do calcário e gesso no solo, que não foi suficiente para que ocorresse a reação ou solubilidade total no solo, fazendo com que o pH do solo desejado não fosse atingido, e desta forma, não incrementando a disponibilidade dos nutrientes. Após três meses da aplicação de 2 t ha⁻¹ de calcário e de 1 t ha⁻¹ de gesso em área total, o pH do solo referente a área onde foi desenvolvido o experimento foi de 5,0 na camada de 0-20 cm e na camada de 20-40 cm de 4,2 (Tabela 2).

O efeito das doses de K nos teores de cálcio, magnésio e enxofre na folha para o 4º ciclo da cana-de-açúcar foi de forma linear decrescente. Através dos dados obtidos, com aumento das doses de K, houve diminuição nos teores foliares de cálcio, magnésio e enxofre, fica claro a ocorrência da interação entre os nutrientes potássio, cálcio e magnésio, onde a concentração de um refletiu na absorção do outro e a competição no processo de absorção (MALAVOLTA, 2006). A interação entre esses elementos ocorre tanto nas plantas quanto no solo, íons cujas propriedades químicas são similares competem por sítios de adsorção, absorção e transporte na superfície radicular, o que normalmente ocorre entre K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ (FAGERIA et al., 1991), pois o excesso de um pode prejudicar os processos de adsorção do outro e, conseqüentemente, influir diretamente nos processos de absorção pelas plantas (ORLANDO FILHO et al., 1996). Para o caso do enxofre esse efeito poderia ser explicado pelo efeito diluição pela maior produtividade de colmos.

De acordo com resultados obtidos neste trabalho, as médias dos teores de macronutrientes na folha nos 3º e 4º ciclos da cana-de-açúcar da variedade RB 83-5486 foram 22,28 e 21,09 g kg⁻¹ de nitrogênio, 4,24 e 2,29 g kg⁻¹ de fósforo, 11,68 e 13,29 g kg⁻¹ de potássio, 2,33 e 2,76 g kg⁻¹ de cálcio, 1,15 e 2,58 g kg⁻¹ de magnésio e 1,51 e 1,54 g kg⁻¹ de enxofre, respectivamente. Através destes, verifica-se uma maior absorção pelas plantas pelos nutrientes como nitrogênio e potássio.

Tabela 11. Quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação, referentes aos teores de Ca, Mg e S na folha do 3º (2ª soca) e 4º (3ª soca) ciclos da cana-de-açúcar, variedade RB 83-5486, Selvíria-MS, 2006/08.

Causas de Variação	3º ciclo			4º ciclo		
	Ca	Mg	S	Ca	Mg	S
Doses de N (N)	0,0627*	0,0022	0,0193	0,0158	0,0618	0,0683
Doses de K ₂ O (K)	0,0129	0,0035	0,0207	0,4721**	0,2671	0,1813*
N x K	0,0083	0,0015	0,0553	0,1938	0,1508	0,0410
Blocos	0,3864**	0,0233**	0,0850	0,4400**	0,0620	0,5877**
Resíduo	0,0168	0,0018	0,0326	0,0850	0,1132	0,0588
Média Geral (g kg ⁻¹)	2,33	1,15	1,51	2,76	2,58	1,54
CV(%)	5,55	3,72	11,95	10,56	13,02	15,73

Observação: * e ** significativo a 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 12. Médias e equações de regressão referentes aos teores Ca, Mg e S na folha do 3º (2ª soca) e 4º (3ª soca) ciclos da cana-de-açúcar, variedade RB 83-5486, Selvíria-MS, 2006/08.

Causas de Variação	3º ciclo			4º ciclo		
	Ca	Mg	S	Ca	Mg	S
(g kg ⁻¹)						
Doses de N (kg ha ⁻¹)- 40	2,39	1,15	1,47	2,80	2,61	1,58
80	2,27	1,14	1,52	2,72	2,64	1,56
120	2,38	1,16	1,49	2,76	2,50	1,44
160	2,28	1,17	1,55	2,74	2,57	1,57

Doses de K ₂ O (kg ha ⁻¹)- 40	2,36	1,16	1,55	2,88 ⁽¹⁾	2,73 ⁽²⁾	1,66 ⁽³⁾
80	2,34	1,15	1,53	2,80	2,63	1,58
120	2,30	1,16	1,48	2,72	2,53	1,50
160	2,32	1,15	1,47	2,63	2,43	1,42

⁽¹⁾ Y= 2,9653 – 0,0020X (R²= 0,37)

⁽²⁾ Y= 2,8318 – 0,0024X (R²= 0,98)

⁽³⁾ Y= 1,7403 – 0,00198X (R²= 0,92)

4.1.2 Teores de macronutrientes no colmo

Na Tabela 13 encontram-se os quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação, referentes aos teores de N, P e K no colmo do 3º e 4º ciclos da cana-de-açúcar, variedade RB 83-5486. As doses de N influenciaram o teor de nitrogênio e fósforo no colmo para o 3º e 4º ciclos da cultura. As doses de K influenciaram os teores de potássio para os dois ciclos, e apenas para o 3º ciclo houve influência no teor de fósforo no colmo.

Os teores de nitrogênio e fósforo no colmo no 3º ciclo tiveram resposta linear crescente em relação às doses de N. Variou de 2,64 a 2,96 g kg⁻¹ para nitrogênio e 1,25 a 1,40 g kg⁻¹ para fósforo. Já para o teor de potássio no colmo houve efeito significativo das doses K de forma linear crescente, variando de 1,14 a 1,78 g kg⁻¹. Para o 4º ciclo da cultura, apesar das doses de N influenciarem significativamente os teores de nitrogênio e fósforo no colmo, os dados não se ajustaram a nenhum tipo de equação. As doses de K tiveram uma influência de forma linear decrescente para teor de fósforo no colmo e crescente para o potássio. Os valores variaram de 0,64 a 0,70 g kg⁻¹ e 1,21 a 1,87 g kg⁻¹ para teor de fósforo e potássio no colmo, respectivamente (Tabela 14).

Resultados semelhantes foram encontrados por Coleti et al. (2006) com extração de 1,03 kg de N, 2,2 kg de P, 1,69 kg de K por tonelada de colmos para cana-soca da variedade RB 83-5486. Nota-se maior teor de nitrogênio extraído para ambos os ciclos, provavelmente devido às doses de N aplicadas em comparação com os obtidos por Coleti et al. (2006) que apenas avaliaram a extração de macronutrientes utilizando a adubação básica recomendada para cultura da cana-de-açúcar conforme a análise do solo. Gomes (2003), estudando a extração de macronutrientes com a mesma variedade para cana-soca de 3º ciclo, encontrou resultados ainda mais baixos com valores de 0,81 kg t⁻¹ de N nos colmos, 0,04 kg t⁻¹ para P e 1,79 kg t⁻¹ para K. De acordo com Raij e Cantarella 1997, teores de macronutrientes em kg t⁻¹ de colmos encontrados foram de 0,9 de N, 0,08 de P e 0,91 de K. Orlando Filho et al. (1980), para cana-soca, obtiveram 0,73 kg de N; 0,13 kg de P; 0,71 kg de K por tonelada de colmos.

Tabela 13. Quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação, referentes aos teores de N, P e K no colmo do 3º (2ª soca) e 4º (3ª soca) ciclos da cana-de-açúcar, variedade RB 83-5486, Selvíria-MS, 2006/08.

Causas de Variação	3º ciclo			4º ciclo		
	N	P	K	N	P	K
Doses de N (N)	0,5180**	0,0652**	0,1743	0,4710*	0,0290**	0,0705
Doses de K ₂ O (K)	0,1732	0,0056	1,3268*	0,1734	0,0162*	1,4289**
N x K	0,0567	0,0058	0,0912	0,0407	0,0078	0,3408
Blocos	0,0909	0,0073**	0,0068	0,1899	0,0275	0,0622
Resíduo	0,1089	0,4663	0,2428	0,1137	0,0048	0,2294
Média Geral (g kg ⁻¹)	2,80	1,33	1,46	3,21	0,67	1,54
CV(%)	11,78	6,45	33,73	10,49	10,23	30,99

Observação: * e ** significativo a 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 14. Médias e equações de regressão referentes aos teores N, P e K no colmo do 3º (2ª soca) e 4º (3ª soca) ciclos da cana-de-açúcar, variedade RB 83-5486, Selvíria-MS, 2006/08.

Causas de Variação	3º ciclo			4º ciclo		
	N	P	K	N	P	K
	(g kg ⁻¹)					
Doses de N (kg ha ⁻¹)-	40	2,64 ⁽¹⁾	1,25 ⁽²⁾	1,41	3,03	0,69
	80	2,75	1,30	1,34	3,43	0,71
	120	2,85	1,35	1,57	3,15	0,61
	160	2,96	1,40	1,51	3,23	0,68
Doses de K ₂ O (kg ha ⁻¹)-	40	2,64	1,32	1,14 ⁽³⁾	3,33 ⁽⁴⁾	0,70 ⁽⁵⁾
	80	2,86	1,31	1,35	3,25	0,68
	120	2,83	1,35	1,56	3,17	0,66
	160	2,86	1,33	1,78	3,09	0,64

⁽¹⁾ Y= 2,5418 + 0,0026X (R²= 0,56)

⁽²⁾ Y= 1,2075 + 0,0012X (R²= 0,98)

⁽³⁾ Y= 0,9250 + 0,0053X (R²= 0,92)

⁽⁴⁾ Y= 3,4146 - 0,0020X (R²= 0,98)

⁽⁵⁾ Y= 0,7287 - 0,00049X (R²= 0,65)

⁽⁶⁾ Y= 0,9937 + 0,0055X (R²= 0,91)

Constataram-se efeitos significativos das doses N sobre o teor cálcio e magnésio no colmo no 3º ciclo e teor de enxofre, no colmo no 4º ciclo da cultura. Já para as doses de K houve significância para os teores de cálcio e magnésio no colmo, no 4º ciclo da cultura (Tabela 15). Embora as doses de N influenciem os teores de cálcio e magnésio no colmo no 3º ciclo e enxofre no 4º ciclo, os dados não se ajustaram a equações de regressão. O teor de cálcio no colmo teve influência das doses de K de forma linear decrescente no 3º ciclo, variando de 0,36 a 0,32 g kg⁻¹. Os teores de cálcio, magnésio e enxofre, no colmo no 4º ciclo da cultura foram influenciados também de forma linear decrescente, corroborando com os resultados obtidos na Tabela 10 em que os teores de cálcio e magnésio na folha que também diminuíram conforme o aumento das doses de K, visto que houve menor absorção destes nutrientes pela cultura, conseqüentemente menor concentração nas folhas e colmos. Estes resultados poderiam ser explicados pelo efeito diluição pela maior produtividade alcançada com as doses de K. Os teores foram de 0,28 a 0,37 g kg⁻¹ de cálcio, 0,50 a 0,67 g kg⁻¹ de magnésio e 0,35 a 0,51 g kg⁻¹ de enxofre (Tabela 16).

Orlando Filho et al. (1980) estudando cana-soca, obtiveram 0,35 kg de Ca, 0,31 kg de Mg e 0,23 kg de S por tonelada de cana com a variedade RB 83-5486 para os dois ciclos da cana-de-açúcar. Coleti et al. (2006), pesquisando apenas extração de macronutrientes em cana-soca da mesma variedade, observaram extração de 0,93 kg de Ca, 1,14 kg de Mg e 0,5 kg de S por tonelada de colmos. Para cana-planta, segundo Tasso Júnior et al. (2007) para a mesma variedade, verificaram uma extração de 0,30 kg de Ca; 0,18 kg de Mg e 0,06 kg de S por tonelada de colmo.

De acordo com os resultados obtidos neste trabalho, as médias dos teores de macronutrientes no colmo, pelo 3º e 4º ciclos da cana-de-açúcar da variedade RB 83-5486 foram as seguintes, 2,80 e 3,21 g kg⁻¹ de nitrogênio, 1,33 e 0,67 g kg⁻¹ de fósforo, 1,46 e 1,54 g kg⁻¹ de potássio, 0,34 e 0,32 g kg⁻¹ de cálcio, 0,34 e 0,68 g kg⁻¹ de magnésio, 0,41 e 0,43 g kg⁻¹ de enxofre, respectivamente. Verifica-se maior absorção dos nutrientes como nitrogênio, potássio, seguido do fósforo para teores médios do colmo.

Tabela 15. Quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação, referentes aos teores de Ca, Mg e S no colmo do 3º (2ª soca) e 4º (3ª soca) ciclos da cana-de-açúcar, variedade RB 83-5486, Selvíria-MS, 2006/08.

Causas de Variação	3º ciclo			4º ciclo		
	Ca	Mg	S	Ca	Mg	S
Doses de N (N)	0,0071*	0,0071*	0,0044	0,0177	0,0351	0,1638**
Doses de K ₂ O (K)	0,0056	0,0056	0,0100	0,0288*	0,0812**	0,1007
N x K	0,0041	0,0041	0,0110	0,0106	0,0454	0,0571
Blocos	0,0091	0,0091	0,0168	0,0071	0,0469	0,0755
Resíduo	0,0021	0,0021	0,0080	0,0095	0,0167	0,0360
Média Geral (g kg ⁻¹)	0,34	0,34	0,41	0,32	0,58	0,43
CV(%)	13,34	13,34	21,49	29,68	21,97	43,42

Observação: * e ** significativo a 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 16. Médias e equações de regressão referentes aos teores Ca, Mg e S no colmo do 3º (2ª soca) e 4º (3ª soca) ciclos da cana-de-açúcar, variedade RB 83-5486, Selvíria-MS, 2006/08.

Causas de Variação	3º ciclo			4º ciclo		
	Ca	Mg	S	Ca	Mg	S
(g kg ⁻¹)						
Doses de N (kg ha ⁻¹)- 40	0,37	0,72	0,43	0,31	0,58	0,42
80	0,32	0,62	0,42	0,37	0,65	0,58
120	0,33	0,64	0,40	0,29	0,53	0,35
160	0,35	0,70	0,40	0,33	0,58	0,38

Doses de K ₂ O (kg ha ⁻¹)- 40	0,36 ⁽¹⁾	0,72	0,39	0,37 ⁽²⁾	0,67 ⁽³⁾	0,51 ⁽⁴⁾
80	0,35	0,63	0,40	0,34	0,61	0,46
120	0,34	0,69	0,45	0,31	0,56	0,41
160	0,32	0,63	0,41	0,28	0,50	0,35

⁽¹⁾ Y= 0,3765 - 0,000301X (R²= 0,68)

⁽²⁾Y= 0,4046 – 0,00075X (R²= 0,84)

⁽³⁾ Y= 0,7237 – 0,00134X (R²= 0,94)

⁽⁴⁾ Y= 0,5671 – 0,0013X (R²= 0,71)

4.1.3 Produtividade agroindustrial, matéria-seca de colmos e produtividade de colmos

No 3º ciclo da cana-de-açúcar da variedade RB 83-5486, as doses de N e doses de K não proporcionaram efeitos significativos na produtividade agroindustrial ($PROD_{AGRO}$), matéria-seca (MS) e produtividade de colmos ($PROD_{COLMOS}$) (Tabela 17). As médias gerais foram de 9,05 t ha⁻¹ de Pol para $PROD_{AGRO}$, 16,13 t ha⁻¹ de MS e 50,62 t ha⁻¹ de colmos. Observa-se que as doses de K aplicadas ao solo não foram suficientes para influenciar a produtividade de colmos no 3º ciclo, mesmo com o teor de potássio no solo sendo muito baixo (Tabela 2), refletindo esse efeito na produtividade do ciclo subsequente da cultura (4º ciclo).

No 4º ciclo, as doses de K influenciaram significativamente a produtividade agroindustrial ($PROD_{AGRO}$), matéria-seca (MS) e produtividade de colmos ($PROD_{COLMOS}$). Os dados de $PROD_{AGRO}$ e MS se ajustaram a equação linear crescente em relação as doses de N, variando de 9,20 a 10,38 t ha⁻¹ de Pol e 18,64 a 20,48 t ha⁻¹ de MS, respectivamente. As doses de K também influenciaram os dados de $PROD_{AGRO}$ e MS de forma linear crescente, variando de 8,93 a 10,66 t ha⁻¹ de Pol e 17,78 a 21,34 t ha⁻¹ de MS (Tabela 18). As doses de K afetaram a $PROD_{AGRO}$ e MS do 4º ciclo, devido principalmente ao ganho de produtividade de colmos, o qual proporcionou aumento na produção de açúcar e de matéria-seca de colmos, compensando tais efeitos.

Moura et al. (2005), avaliando o efeito de diferentes doses de N e K, aplicados em cobertura, no desenvolvimento, produtividade e na qualidade da cana-soca da variedade SP 79-1011, com e sem irrigação, observaram que o rendimento de açúcar (t ha⁻¹ de Pol) aumentou com o aumento das doses de adubação, em ambos os regimes hídricos estudados. Resultados semelhantes foram obtidos por Espironelo et al. (1987).

A produtividade de colmos no 3º ciclo não foi afetada pelos tratamentos, com produtividade média de 50,62 t ha⁻¹. Outras fontes de nitrogênio poderiam estar nutrindo a cana-soca, que no caso deste trabalho poderia ser a matéria-orgânica ou possível fixação assimbiótica. Resultados semelhantes foram encontrados por outros autores estudando efeitos de doses de nitrogênio em soqueira de cana-de-açúcar, como Marcelo (2008) que estudou os efeitos da aplicação de fontes (uréia e nitrato de amônio) e doses de nitrogênio (0, 40, 80, 120 e 160 kg ha⁻¹ de N) em terceira soqueira da variedade SP 79-1011, sem queima prévia do canavial cultivado em solo Latossolo vermelho-amarelo distrófico. O autor não verificou

efeito dos tratamentos na produtividade de colmos, alcançando uma produtividade de 66,15 t ha⁻¹ de colmos com aplicação de uréia. Andrade et al. (2000) compararam fontes (uréia e aquamônia) e doses de nitrogênio (0, 40, 80, 120 160 e 200 kg ha⁻¹ de N) em primeira soqueira de cana-de-açúcar da variedade SP 79-2233, em um Latossolo Vermelho Escuro. Independente das fontes e doses, não houve aumento na produtividade de colmos e de açúcar teórico recuperável, não afetando também as características tecnológicas da cana-de-açúcar.

Discordando dos resultados obtidos neste trabalho, em relação aos efeitos das doses de N na produtividade, Fontanari et al. (1984), estudando a adubação nitrogenada em soqueiras em solo classificado como Terra Roxa Estruturada, observaram respostas lineares até 180 kg ha⁻¹ de N, com a utilização da uréia aplicada em profundidade. Orlando Filho et al. (1999), avaliaram efeito de doses (0, 60 e 120 kg ha⁻¹ de N), fontes (uréia, uran e nitrato de amônio) e formas de aplicação (com e sem incorporação) de nitrogênio na produtividade agrícola e industrial da cana-planta e três soqueiras cultivada em solo de elevada fertilidade. Constataram que houve resposta linear às doses de nitrogênio até a dose de 120 kg ha⁻¹ de N, tanto para cana-planta, como as demais socas, independentemente de fontes e modos de aplicação.

Teixeira (2005) avaliou a resposta da cana soca a adubação nitrogenada e potássica com aplicações de 0, 50, 100, 150, 200, 250 kg ha⁻¹ de N e K₂O, em dois solos do Estado do Paraná, em um Latossolo Vermelho-Amarelo, com a variedade RB 83-5486 em segunda soca. Verificou a produtividade de colmos de 75,25 t ha⁻¹ com aplicação de 250 kg ha⁻¹ de N, com ganhos de produtividade acima da testemunha em 28,11%. Já as doses de potássio não influenciaram a produtividade de colmos, porém com um melhor resultado com aplicação de 150 kg ha⁻¹ de K₂O. Contudo, no 4º ciclo houve resposta às doses de K de forma linear crescente que variaram de 59,9 a 73,1 t ha⁻¹, valor este quando a aplicação da maior dose de K (160 kg ha⁻¹ de K₂O). Este resultado já era esperado, pois o solo era reconhecidamente deficiente nesse nutriente (RAIJ et al., 1997), como consta na Tabela 2. Ressalta-se que houve aumento na produtividade de colmos do 3º para 4º ciclo. Essa variabilidade de produtividade pode ser relacionada com a disponibilidade de água para cana-de-açúcar, ciclo após ciclo da cultura e sua distribuição (DALRI, 2006). Observa-se que existe tendência de elevação da produtividade agrícola à medida que a precipitação aumenta, principalmente na fase do crescimento da cultura (ARGENTON, 2006). Fato que pode estar relacionado com o aumento da produtividade de colmos no 4º ciclo foi a disponibilidade de água de 1556mm, durante 11 meses de ciclo, versus 1260mm para o 3º ciclo, durante 11

meses de ciclo (Tabela 3). Outro fator limitante à baixa produtividade que se deve levar em consideração são os teores de micronutrientes no solo, principalmente para B e Zn. Uma vez que, o trabalho desenvolvido foi realizado em solo de baixa fertilidade, e deficiente destes micronutrientes, conforme apresentados na Tabela 2.

Corroborando com os resultados obtidos no presente trabalho, Rosseto et al. (2004) verificaram respostas positivas à aplicação de potássio na produtividade da cana-de-açúcar, na maioria dos casos de forma linear envolvendo cana-planta e cana-soca. Para 3ª soca obtiveram resposta com aplicação de 200 kg/ha de K_2O com produtividade de 67,9 t ha⁻¹ de colmos. Estudos realizados por Espironelo et al. (1986), em vários ensaios, também foram observados efeitos positivos da adubação potássica na produtividade de colmos e nos teores de K na folha, e consequentemente, obtidas correlações positivas e significativas entre os teores de K das folhas e as produtividades da cana-soca. Orlando Filho et al. (1993) também desenvolveram ensaio de longa duração (cana-planta e quatro soqueiras da variedade SP 70-1143) conduzido em solo Areia Quartzosa e concluíram que houve resposta à adubação potássica a partir da primeira soqueira, onde as doses econômicas variaram de 94 a 146 kg ha⁻¹ de K_2O . Contudo, a adubação potássica induziu a maior longevidade à cultura. Na mesma linha de pesquisa, Alvarez et al. (1991) apresentaram os resultados de dezenove ensaios de adubação de cana-de-açúcar, efetuados em Latossolo Roxo, em diferentes regiões paulistas, utilizando as quantidades de nutrientes em kg ha⁻¹ de 0, 90 e 180 de N; 0, 80 e 160 de P_2O_5 , e 0, 100 e 200 de K_2O . Notaram efeitos mais acentuados para resposta ao potássio em áreas cultivadas, com aumento de produtividade em 13 experimentos, de 17,4 e 25,9 t ha⁻¹ para as doses de 100 e 200 kg ha⁻¹ de K_2O , respectivamente. Já Bittencourt et al. (1995) avaliaram os efeitos do adubo potássico e do modo de aplicação aos solos, na produtividade da primeira soca da variedade SP 71-6163, com teor inicial de 2,3 mmol_c dm⁻³ de K. Observaram uma pequena resposta com aumento de produtividade com aplicação da dose de 55 kg ha⁻¹ de K_2O em relação à testemunha, que recebeu apenas adubação nitrogenada.

Tabela 17. Quadros médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação, referentes à produtividade agroindustrial (t ha⁻¹ de Pol) (PROD_{AGRO}), matéria-seca de colmos (MS) e produtividade de colmos (PROD_{COLMOS}) do 3º (2ª soca) e 4º (3ª soca) ciclos da cana-de-açúcar, variedade RB 83-5486, Selvíria-MS, 2006/08.

Causa de Variação	3º ciclo			4º ciclo		
	PROD _{AGRO}	MS	PROD _{COLMOS}	PROD _{AGRO}	MS	PROD _{COLMOS}
Doses de N (N)	0,6931	25,0514	53,4321	3,9550	11,8698	110,1822
Doses de K ₂ O (K)	0,6315	8,1711	39,0179	7,8676**	41,3210**	588,0572**
N x K	1,3910	7,1395	36,8248	1,3667	4,6859	69,1545
Blocos	5,8123*	8,0436	127,1799	9,6205**	36,3723	268,2239*
Resíduo	1,5495	10,5013	56,2034	1,5727	6,9209	67,9572
Média Geral (t ha ⁻¹)	9,05	16,13	50,62	9,79	19,56	66,54
CV(%)	13,74	20,08	14,80	12,79	13,44	12,38

Observação: * e ** significativo a 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 18. Médias e equações de regressão referentes à produtividade agroindustrial ($t\ ha^{-1}$ de Pol) ($PROD_{AGRO}$), matéria-seca (MS) e produtividade de colmos ($PROD_{COLMOS}$) do 3º (2ª soca) e 4º (3ª soca) ciclos da cana-de-açúcar, variedade RB 83-5486, Selvíria-MS, 2006/08.

Causas de Variação	3º ciclo			4º ciclo		
	$PROD_{AGRO}$	MS	$PROD_{COLMOS}$ ($t\ ha^{-1}$)	$PROD_{AGRO}$	MS	$PROD_{COLMOS}$
Doses de N ($kg\ ha^{-1}$) - 40	9,30	16,32	50,23	9,20 ⁽¹⁾	18,64 ⁽³⁾	64,68
80	9,10	17,44	52,78	9,60	19,25	65,56
120	9,08	15,99	51,08	9,99	19,87	65,50
160	8,72	14,59	48,39	10,38	20,48	70,43
Doses de K_2O ($kg\ ha^{-1}$) - 40	8,82	15,57	49,56	8,93 ⁽²⁾	17,78 ⁽⁴⁾	59,95 ⁽⁵⁾
80	9,33	17,05	52,63	9,51	18,47	64,35
120	8,91	15,56	49,22	10,08	20,15	68,74
160	9,13	16,36	51,06	10,66	21,34	73,13

⁽¹⁾ $Y = 8,8150 + 0,0098X$ ($R^2 = 0,78$)

⁽²⁾ $Y = 8,3604 + 0,0143$ ($R^2 = 0,84$)

⁽³⁾ $Y = 18,0253 + 0,0154$ ($R^2 = 0,85$)

⁽⁴⁾ $Y = 16,5965 + 0,0296X$ ($R^2 = 0,91$)

⁽⁵⁾ $Y = 55,5625 + 0,1098X$ ($R^2 = 0,87$)

4.1.4 Indicadores de qualidade tecnológica da cana-de-açúcar

Para os indicadores de qualidade da cana-de-açúcar como, os valores de açúcares redutores do caldo (AR_{CALDO}), açúcares redutores da cana (AR_{CANA}), pol do caldo (POL_{CALDO}) e pol da cana (POL_{CANA}) não foram significativos para as doses de N e doses de K, tanto para o 3º ciclo, como para o 4º ciclos da cana-de-açúcar da variedade RB 83-5486 (Tabela 19). As médias dos valores de AR_{CALDO} foram as seguintes, 0,49% para o 3º ciclo e 0,59% para o 4º ciclo, valores estes que estão abaixo de 0,8%, valor recomendado para início da safra segundo Segato et al. (2006), e de acordo com Souza et al. (2005) que indicaram valor inferior a 1%. Já as médias dos valores de AR_{CANA} foram de 0,39% e 0,50% para o 3º e 4º ciclos da cultura, respectivamente.

As médias dos valores de POL_{CALDO} e POL_{CANA} foram de 22,13% e 17,71% para o 3º ciclo e 17,87% e 14,81% para o 4º ciclo da cultura (Tabela 20). Segato et al. (2006) recomendaram valores adequados para a pol da cana no momento da colheita superiores a 14%, o que se pode concluir para ambos os ciclos, que a variedade RB 83-5486 estava madura em condições adequadas no momento da colheita. Observa-se ainda uma redução nos valores de POL_{CANA} de um ciclo para outro, o que pode estar relacionada provavelmente às condições climáticas.

Na Tabela 21 encontram-se os quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação, referentes aos valores da pureza do caldo (PU_{CALDO}), Brix e % fibra da cana, do 3º e 4º ciclos da cana-de-açúcar, variedade RB 83-5486. Apenas os valores de Brix no 3º ciclo da cultura foram influenciados pelas doses de N, ao nível de 5% de probabilidade. Contudo, os valores não se ajustaram a nenhuma equação, com média geral dos tratamentos de 29,10% para o 4º ciclo e de 19,93% para o 4º ciclo da cultura.

As médias gerais dos tratamentos para PU_{CALDO} dos 3º e 4º ciclos da cultura foram de 91,71 e 88,51%, respectivamente. Os valores de pureza do caldo se encontram acima do valor adequado para melhor qualidade da matéria-prima que devem estar acima de 85% (Segato et al., 2006). Nota-se uma coerência dos resultados obtidos para PU_{CALDO} no 3º e 4º ciclos da cultura, uma vez que os valores obtidos de POL_{CALDO} e Brix (Tabela 20 e 22) reduziram de um ciclo para outro, já que pureza do caldo é a porcentagem de sacarose aparente contida nos sólidos solúveis totais do caldo, e é determinada pela relação (Pol do caldo/Brix) x 100.

Os valores de fibra encontrados na literatura oscilaram muito de acordo com a variedade, segundo Delgado e César (1977). Nas canas mais pobres, o teor de fibra está entre 7% e 8 % e, nas mais ricas, entre 16 e 17 %, sendo que 12,5 % de fibra é considerado um valor padrão (Segato et al., 2006a). Comparando esses parâmetros com os resultados obtidos, constata-se que a variedade estudada apresentou-se dentro do valor padrão, com valores de 14,44% a 14,68% para 4º ciclo e de 12,61% a 12,79% para o 5º ciclo da cultura (Tabela 22).

Corroborando com os resultados obtidos, Marcelo 2008 analisou a aplicação de fontes (uréia e nitrato de amônio) e doses de nitrogênio (0, 40, 80, 120 e 160 kg ha⁻¹ de N) em terceira soqueira da variedade SP 79-1011, sem queima prévia do canavial cultivado em Latossolo vermelho-amarelo distrófico na região sudoeste de Minas Gerais. Não verificou influencia das fontes, doses e interação fontes x doses sobre as qualidades tecnológicas da cana-de-açúcar com uma média de 23,2% para Brix, 17,57% para pol da cana e 87,03 para pureza da cana. Resultados esses que assemelharam-se aos obtidos por Andrade et al. (2000) onde comparando fontes (uréia e aquamônia) e doses de nitrogênio (0, 40, 80, 120 160 e 200 kg ha⁻¹ de N) em primeira soqueira de cana-de-açúcar da variedade SP 79-2233, em um Latossolo Vermelho verificaram o mesmo padrão de não resposta aos tratamentos. Bem como, Orlando Filho et al. (1999) que estudando o efeito de doses (0, 60 e 120 kg ha⁻¹ de N), fontes (uréia, uran e nitrato de amônio) e formas de aplicação (com e sem incorporação) de nitrogênio em cana-planta e três soqueiras subseqüentes cultivada em solo de elevada fertilidade, notaram que a pol da cana e % de fibra da cana não foram afetadas pelos tratamentos.

Por outro lado, Prado e Pancelli (2006) avaliando a nutrição nitrogenada em duas soqueiras de cana-de-açúcar em sistemas de colheita mecanizada sem queima prévia sobre a qualidade tecnológica da variedade SP 79-1011, observaram que a qualidade tecnológica da primeira soca não foi afetada pelas doses de N, porém na segunda soca houve efeito significativo apenas para a pol da cana e ATR, notando-se que o efeito da aplicação do nitrogênio sobre o ATR, deveu-se ao incremento na produção de colmos. O mesmo comportamento de resultados foram encontrados por Resende et al. (2006), onde com a aplicação de nitrogênio houve melhoria nas características tecnológicas da cana-de-açúcar, e com o ganho de produtividade de colmos proporcionado por esta prática favoreceu a produção de açúcar e compensou tais efeitos. Entretanto, Espironello et al. (1987) verificaram respostas significativas da adubação nitrogenada, onde houve decréscimo do teor de sacarose com aplicação das doses mais elevadas de nitrogênio.

Em relação às doses de potássio sobre a qualidade tecnológica da cana-de-

açúcar, Orlando Filho et al. (1993) avaliaram doses e formas de aplicação de potássio em cana-planta e quatro socas subseqüentes da variedade SP 70-1143. Observaram que não houve influencia das doses sobre a pol da cana, apenas para terceira soca que foi colhida com nove meses de idade. Lana et al. (2004) estudando aplicação de doses e parcelamento do potássio em cana-planta também notaram que não houve influência das doses sobre a qualidade da matéria-prima.

Independentemente das doses de N e doses de K não terem influenciado os resultados obtidos dos indicadores de qualidade da cana-de-açúcar, pode-se dizer que a cana ou variedade RB 83-5486 estudada em questão estava com ótima qualidade tecnológica do caldo no momento da colheita, desta forma obtendo resultados promissores para produção de álcool e açúcar. Estes resultados podem estar relacionados com a baixa produtividade de colmos obtida, causando um efeito compensatório.

Tabela 19. Quadros médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação, referentes aos valores de açúcares redutores do caldo (AR_{CALDO}), açúcares redutores da cana (AR_{CANA}), pol do caldo (POL_{CALDO}) e pol da cana (POL_{CANA}) do 3º (2ª soca) e 4º (3ª soca) ciclos da cana-de-açúcar, variedade RB 83-5486, Selvíria-MS, 2006/08.

Causas de Variação	3º ciclo				4º ciclo			
	AR _{CALDO}	AR _{CANA}	POL _{CALDO}	POL _{CANA}	AR _{CALDO}	AR _{CANA}	POL _{CALDO}	POL _{CANA}
Doses de N (N)	0,0100	0,0068	0,2322	0,00929	0,0122	0,0089	2,0327	1,3325
Doses de K ₂ O (K)	0,0065	0,0059	0,2761	0,0948	0,0056	0,0041	0,9729	0,6936
N x K	0,0074	0,0056	0,2119	0,0744	0,0084	0,0063	1,1799	0,7720
Blocos	0,0359**	0,0161**	3,1361**	2,6770**	0,0012	0,0017	0,5947	0,2189
Resíduo	0,0059	0,0037	0,2270	0,1204	0,0080	0,0059	1,4534	0,9650
Média Geral (%)	0,49	0,39	22,13	17,87	0,59	0,50	17,71	14,81
CV(%)	16,61	15,26	2,15	1,94	14,96	15,38	6,80	6,63

Observação: ** significativo a 1%, pelo teste F.

Tabela 20. Médias referentes aos valores de açúcares redutores do caldo (AR_{CALDO}), açúcares redutores da cana (AR_{CANA}), pol do caldo (POL_{CALDO}) e pol da cana (POL_{CANA}) do 3º (2ª soca) e 4º (3ª soca) ciclos da cana-de-açúcar, variedade RB 83-5486, Selvíria-MS, 2006/08.

Causas de Variação	3º ciclo				4º ciclo				
	AR _{CALDO}	AR _{CANA}	POL _{CALDO}	POL _{CANA}	AR _{CALDO}	AR _{CANA}	POL _{CALDO}	POL _{CANA}	
	(%)								
Doses de N (kg ha ⁻¹)-	40	0,53	0,43	22,32	17,95	0,58	0,48	17,81	14,87
	80	0,47	0,38	22,08	17,75	0,61	0,51	17,56	14,70
	120	0,50	0,39	22,06	17,91	0,63	0,53	17,25	14,43
	160	0,46	0,38	22,12	17,89	0,56	0,47	18,22	15,22
Doses de K ₂ O (kg ha ⁻¹)-	40	0,49	0,40	22,04	17,91	0,60	0,50	17,75	14,86
	80	0,46	0,36	22,32	17,89	0,61	0,51	17,45	14,57
	120	0,51	0,41	21,97	17,75	0,61	0,51	17,56	14,68
	160	0,50	0,41	22,17	17,95	0,56	0,47	18,10	15,12

Tabela 21. Quadros médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação, referentes aos valores da pureza do caldo (PU_{CALDO}), Brix e % fibra da cana do 3º (2ª soca) e 4º (3ª soca) ciclos da cana-de-açúcar, variedade RB 83-5486, Selvíria-MS, 2006/08.

Causas de Variação	3º ciclo			4º ciclo		
	PU _{CALDO}	Brix	Fibra	PU _{CALDO}	Brix	Fibra
Doses de N (N)	8,1383	0,9695*	0,0380	5,6186	0,8958	0,0659
Doses de K ₂ O (K)	4,9672	0,2334	0,1148	7,3599	0,4143	0,0721
N x K	6,3028	0,5956	0,3192	8,1931	0,6732	0,3099
Blocos	28,4013	1,3722**	4,7686**	6,5269	0,8158	0,7590
Resíduo	5,0612	0,2627	0,4387	8,6709	0,7720	0,3948
Média Geral (%)	91,71	29,10	14,58	88,51	19,93	12,71
CV(%)	2,45	2,12	4,55	3,32	4,40	4,94

Observação: * e ** significativo a 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 22. Médias referentes aos valores da pureza do caldo (PU_{CALDO}), Brix e % fibra da cana do 3º (2ª soca) e 4º (3ª soca) ciclos da cana-de-açúcar, variedade RB 83-5486, Selvíria-MS, 2006/08.

Causas de Variação	3º ciclo			4º ciclo		
	PU _{CALDO}	Brix	Fibra	PU _{CALDO}	Brix	Fibra

Doses de N (kg ha ⁻¹)-						
40	90,65	24,31	14,57	89,18	19,97	12,79
80	92,26	24,71	14,52	88,21	19,81	12,63
120	91,46	24,03	14,48	87,69	19,65	12,67
160	92,45	23,88	14,61	88,95	20,29	12,76

Doses de K ₂ O (kg ha ⁻¹)-						
40	91,81	24,02	14,44	87,80	19,94	12,61
80	92,56	23,95	14,53	88,37	19,73	12,79
120	91,07	24,15	14,68	88,23	19,88	12,69
160	91,39	24,27	14,54	89,62	20,17	12,75

4.2 Experimentos: 4º ciclo da cana-de-açúcar em áreas com e sem palhada na safra de 2007/08, variedade RB 86-7515.

4.2.1 Teores de macronutrientes na folha

Na Tabela 23 encontram-se os quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação dos teores de N, P e K na folha referentes ao 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar dos experimentos com manejo de área com palhada (CCP) e área sem palhada (CSP), variedade RB 86-7515. Para os experimentos CCP e CSP as doses de N influenciaram os teores de nitrogênio na folha. Já as doses de K influenciaram os teores foliares de nitrogênio e potássio. Para os experimentos CCP e CSP os teores de nitrogênio na folha se enquadraram em uma equação linear crescente, ou seja, conforme houve aumento das doses de N houve aumento dos teores foliares de nitrogênio. Os quais variaram de 17,57 a 18,26 g kg⁻¹ de N para CCP e de 17,74 a 18,46 g kg⁻¹ de N para CSP (Tabela 24). Com base nestes resultados, observa-se que a presença da palha na superfície do solo não provocou imobilização temporária do N fertilizante, disponibilizando o nitrogênio para a planta no experimento CCP, visto como a uréia aplicada foi incorporada ao solo.

Prado e Pancelli (2008) avaliaram a nutrição nitrogenada em soqueiras de cana-de-açúcar em sistema de colheita mecanizada (incorporação da uréia a 10 cm de profundidade), através da diagnose foliar, em um Latossolo Vermelho distrófico, textura argilosa, com a variedade SP 79-1011 e verificaram que a aplicação de nitrogênio incrementou de forma quadrática o teor foliar de nitrogênio na primeira soqueira (17,1 a 18,2 g kg⁻¹) e linear na segunda soqueira (15,2 a 17,8 g kg⁻¹). Ao contrário Marcelo (2008), que avaliou os efeitos da aplicação de fontes e doses de nitrogênio em terceira soqueira da variedade SP79-1011 sem queima prévia do canavial cultivado, não encontrou resposta significativa dos tratamentos para teor foliar de nitrogênio (coletado a folha(+3)), com média 16,1 g kg⁻¹ de N.

Para os teores de potássio na folha, para CCP e CSP houve ajuste de equações lineares crescente em relação às doses de K. Variando de 9,32 a 10,39 g kg⁻¹ para CCP e de 8,73 a 9,75 g kg⁻¹ para CSP. Resultados semelhantes aos obtidos por Espironello et al. (1986), avaliando oito ensaios de adubação NPK, em cana-soca da variedade CB41-76, conduzidos em diversos solos do Estado de São Paulo. Verificaram que em vários ensaios houveram efeitos positivos da adubação potássica nos teores de potássio nas folhas e, conseqüentemente

obtidas correlações positivas e significativas entre os teores de potássio das folhas e as produtividades de cana em seis dos oito ensaios.

Era esperada uma resposta dos teores foliares de potássio em relação às doses de K aplicadas, visto que os teores de potássio no solo, tanto para os experimentos CCP e CSP estavam muito baixos, com 0,8 e 0,4 mmol_c dm⁻³ de K na camada de 0-20 cm e 20-40 cm, respectivamente, para o experimento CCP; e com 0,6 a 0,4 mmol_c dm⁻³ de K na camada de 0-20 cm e 20-40 cm, respectivamente, para CSP (Tabelas 6 e 7). Ressaltando que o potássio juntamente com o nitrogênio são um dos nutrientes mais absorvidos pela cana-de-açúcar e a respostas a adubações potássicas são sempre altas, tanto para cana-planta, como para cana-soca (Dias e Rosseto, 2006). Segundo Oliveira et al. (1999), a reciclagem de nutrientes imobilizados na palhada da cultura no sistema de cana crua é mais lento, com exceção do potássio, o qual 85% do potássio da palha são liberados para o solo, com conseqüente mobilização para este.

Embora o teor de fósforo não ter sido significativo para as doses de K no experimento CCP os dados se ajustaram a uma equação linear crescente, uma vez que todos os tratamentos receberam uma dose fixa de 30 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

De acordo com Malavolta et al. (1997) os teores de nitrogênio, fósforo e potássio para ambos os experimentos se encontraram abaixo do adequado para cana-soca, os quais se concentram na faixa de 20 a 22 g kg⁻¹ para nitrogênio, 1,8 a 2,0 g kg⁻¹ para fósforo e 13 a 15 g kg⁻¹ para potássio.

O teor de magnésio na folha no experimento CCP no 4º ciclo da variedade RB 86-7515, foi significativo apenas para doses de N (Tabela 25). Os dados se ajustaram a uma equação linear decrescente, variando de 2,22 a 2,39 g kg⁻¹. O mesmo ocorreu para teor de enxofre foliar para CSP, porém não detectando efeito significativo das doses de N.

No entanto, não se verificou efeito significativo das doses de K sobre os teores foliares de cálcio, magnésio e enxofre para o experimento CCP. Onde os teores foliares de cálcio, magnésio e enxofre diminuíram com aumentos das doses de K no solo, observando a ocorrência da interação entre os nutrientes potássio, cálcio e magnésio, onde a concentração de um reflete na absorção do outro e a competição no processo de absorção (MALAVOLTA, 2006). A interação entre esses elementos ocorre tanto nas plantas quanto no solo, íons cujas propriedades químicas são similares competem por sítios de adsorção, absorção e transporte na superfície radicular, o que normalmente ocorre entre K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ (FAGERIA et al., 1991).

Os teores de cálcio, magnésio e enxofre foliar para CSP estão abaixo do adequado para cana-soca segundo Malavolta et al. (1997), que devem estar nas faixas de 5 a 7 g kg⁻¹ de cálcio, 2 a 2,5 g kg⁻¹ de magnésio e 2,5 a 3,0 g kg⁻¹ de enxofre. Apenas o teor de magnésio foliar, para CCP esta dentro dos teores adequados para a cultura (Tabela 26). Um dos fatores que pode ter influenciado para esses baixos teores foliares está ligado ao tempo de reação do calcário e gesso no solo, que não foi suficiente para que ocorresse a reação ou solubilidade total no solo, fazendo com que o pH do solo desejado não fosse atingido, e desta forma, não incrementando a disponibilidade dos nutrientes. Observa-se que após três meses da aplicação de 1 t ha⁻¹ de calcário e de 1 t ha⁻¹ de gesso em área total, o pH do solo referente as áreas onde foram desenvolvidos os experimentos foram de 4,4 na camada de 0-20 cm e na camada de 20-40 cm de 4,1 para o experimento CCP (Tabela 6) e o pH de 4,1 na camada de 0-20 cm, e na camada de 20-40 cm de 4,0 para CSP (Tabela 7).

De acordo com resultados obtidos neste trabalho, as médias dos teores de macronutrientes na folha nos experimentos CCP e CSP no 4º ciclo da cana-de-açúcar da variedade RB 86-7515 foram 17,91 e 18,10 g kg⁻¹ de nitrogênio, 1,78 e 1,75 g kg⁻¹ de fósforo, 9,86 e 9,24 g kg⁻¹ de potássio, 4,11 e 3,66 g kg⁻¹ de cálcio, 2,31 e 1,78 g kg⁻¹ de magnésio e 2,04 e 1,45 g kg⁻¹ de enxofre, respectivamente. Através destes, verifica-se uma maior absorção pelas plantas dos nutrientes nitrogênio, potássio seguido do cálcio para ambos experimentos.

Gallo et al. (1968) encontraram resultados semelhantes com os seguintes limites de concentração: nitrogênio (10,8 a 26,8 g kg⁻¹), fósforo (0,7 a 2,75 g kg⁻¹), potássio (3,4 a 2,18 g kg⁻¹), cálcio (2,3 a 11,3 g kg⁻¹), magnésio (0,4 a 6,0 g kg⁻¹) e enxofre (21,6 a 710 mg kg⁻¹). No trabalho de Espironello et al. (1986), devido às variações acentuadas dos teores de macronutrientes das folhas de cana-soca em relação a diferentes localidades, foram encontradas as seguintes faixas de teores: 15,3 a 22,2 g kg⁻¹ de N; 1,4 a 2,0 g kg⁻¹ de P; 12,4 a 15,9 g kg⁻¹ de K; 3,8 a 7,1 g kg⁻¹ de Ca; 1,1 a 2,0 g kg⁻¹ de Mg e 1,1 a 3,1 g kg⁻¹ de S.

Tabela 23. Quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação dos teores de N, P e K na folha referentes ao 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar dos experimentos com palhada (CCP) e sem palhada (CSP), variedade RB 86-7515, Aparecida do Taboado-MS, 2007/08.

Causas de Variação	CCP			CSP		
	N	P	K	N	P	K
Doses de N (N)	1,5386**	0,0030	1,3385	1,5513**	0,0217	0,4726
Doses de K ₂ O (K)	1,3506**	0,0130	5,3906*	0,6191*	0,0044	3,9101**
N x K	0,1367	0,0043	0,8385	0,0909	0,0096	0,9483
Blocos	0,0268	0,0546	5,4218*	1,9180**	0,0053	12,4622**
Resíduo	0,2700	0,0057	1,5607	0,2034	0,0081	0,6205
Média Geral (g kg ⁻¹)	17,91	1,78	9,86	18,10	1,75	9,24
CV(%)	2,90	4,24	12,67	2,49	5,16	8,52

Observação: * e ** significativo a 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 24. Médias e equações de regressão dos teores N, P e K na folha referentes ao 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar dos experimentos com palhada (CCP) e sem palhada (CSP), variedade RB 86-7515, Aparecida do Taboado-MS, 2007/08.

Causas de Variação	CCP			CSP		
	N	P	K	N	P	K
(g kg ⁻¹)						
Doses de N (kg ha ⁻¹)-						
40	17,57 ⁽¹⁾	1,77	9,96	17,74 ⁽⁵⁾	1,74	9,00
80	17,80	1,79	10,21	17,98	1,70	9,28
120	18,03	1,77	9,62	18,22	1,77	9,40
160	18,26	1,80	9,62	18,46	1,78	9,28
Doses de K ₂ O (kg ha ⁻¹)-						
40	17,59 ⁽²⁾	1,75 ⁽³⁾	9,32 ⁽⁴⁾	17,97	1,76	8,73 ⁽⁶⁾
80	17,80	1,77	9,68	17,92	1,73	9,07
120	18,02	1,79	10,03	18,36	1,74	9,41
160	18,23	1,81	10,39	18,15	1,76	9,75

⁽¹⁾ Y= 17,3425 + 0,00574X (R²= 0,91)

⁽²⁾ Y= 17,3818 + 0,0053X (R²= 0,90)

⁽³⁾ Y= 1,7396 + 0,00049X (R²= 0,80)

⁽⁴⁾ Y= 8,9687 + 0,00890X (R²= 0,62)

⁽⁵⁾ Y= 17,5109 + 0,0059X (R²= 0,97)

⁽⁶⁾ Y= 8,3906 + 0,0085X (R²= 0,79)

Tabela 25. Quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação dos teores de Ca, Mg e S na folha referentes ao 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar dos experimentos com palhada (CCP) e sem palhada (CSP), variedade RB 86-7515, Aparecida do Taboado-MS, 2007/08.

Causas de Variação	CCP			CSP		
	Ca	Mg	S	Ca	Mg	S
Doses de N (N)	0,1778	0,2799**	0,0284	0,1036	0,0211	0,1024
Doses de K ₂ O (K)	0,6018	0,1371	0,1351	0,2228	0,1776	0,0338
N x K	0,1385	0,0518	0,0583	0,1817	0,0591	0,0172
Blocos	2,3329**	0,1607	1,0348**	2,4452**	0,5146**	0,0407
Resíduo	0,2733	0,0566	0,0737	0,1834	0,0938	0,0211
Média Geral (g kg ⁻¹)	4,11	2,31	2,04	3,66	1,78	1,45
CV(%)	12,69	10,30	13,26	11,69	17,15	9,97

Observação: ** significativo a 1%, pelo teste F.

Tabela 26. Médias e equações de regressão dos teores Ca, Mg e S na folha referentes ao 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar dos experimentos com palhada (CCP) e sem palhada (CSP), variedade RB 86-7515, Aparecida do Taboado-MS, 2007/08.

Causas de Variação	CCP			CSP		
	Ca	Mg	S	Ca	Mg	S
	(g kg ⁻¹)					
Doses de N (kg ha ⁻¹) - 40	4,11	2,39 ⁽²⁾	2,01	3,72	1,79	1,54 ⁽⁵⁾
80	4,18	2,33	2,10	3,59	1,75	1,48
120	4,20	2,28	2,01	3,74	1,76	1,42
160	3,97	2,22	2,05	3,59	1,83	1,36
Doses de K ₂ O (kg ha ⁻¹) - 40	4,33 ⁽¹⁾	2,40 ⁽³⁾	2,14 ⁽⁴⁾	3,82	1,96	1,52
80	4,19	2,34	2,08	3,67	1,76	1,43
120	4,04	2,28	2,01	3,60	1,67	1,42
160	3,90	2,22	1,94	3,54	1,77	1,45

⁽¹⁾ Y= 4,4706 – 0,00350X (R²= 0,87)

⁽²⁾ Y= 2,4490 – 0,0013X (R²= 0,28)

⁽³⁾ Y= 2,4603 – 0,00148X (R²= 0,68)

⁽⁴⁾ Y= 2,2168 – 0,0017X (R²= 0,91)

⁽⁵⁾ Y= 1,6068 – 0,0014X (R²= 0,91)

4.2.2 Teores de macronutrientes no colmo

Os teores de potássio no colmo para o 4º ciclo da variedade RB86-7415 para os experimentos CCP e CSP foram significativos ao nível de 1% de probabilidade para as doses de K (Tabela 27). Para os experimentos CCP e CSP os teores de potássio no colmo se ajustaram a uma equação linear crescente, variando de 0,48 a 0,54 g kg⁻¹ e de 2,08 a 3,19 g kg⁻¹, respectivamente (Tabela 28). Verifica-se a mesma resposta obtida para os teores de K na folha para os experimentos, os quais se ajustaram a uma equação linear crescente (Tabela 24).

Os teores de fósforo no colmo ajustaram a equação linear crescente em relação as doses de K no experimento CCP, da mesma forma que os teores de nitrogênio e potássio no colmo foram influenciados pelas doses de N, de forma linear crescente para nitrogênio, variando de 3,91 a 4,25 g kg⁻¹, e de forma quadrática para potássio, com maior teor alcançado com as doses de 109,64 kg ha⁻¹ de N.

Na Tabela 29 nota-se que apenas o teor de magnésio foi influenciado pelas doses de K para o 4º ciclo da variedade RB 86-7515 do experimento CSP ao nível de 1% de probabilidade. O qual variou de 0,77 a 0,63 g kg⁻¹ se enquadrando a uma equação linear decrescente. Para os teores de cálcio e magnésio no colmo no experimento CCP, os mesmos se ajustaram a uma equação linear decrescente em relação às doses de K, desta forma corroborando com os resultados obtidos pelos teores foliares de cálcio e magnésio, os quais diminuíram conforme aumentaram as doses de K no solo (Tabela 37).

De acordo com Orlando Filho et al. (1980), para extração em uma tonelada de colmos de cana-soca obtiveram 0,73 kg de N; 0,13 kg de P; 0,71 kg de K; 0,35 kg de Ca; 0,31 kg de Mg e 0,23 kg de S. Coleti et al. (2006) as quantidades médias de nutrientes removidos para produção de uma tonelada de colmos industrializáveis para cana-soca foram de 1,09 kg de N, 0,1 kg de P, 1,2 kg de K, 0,09 kg de Ca, 0,14 kg de Mg e 0,09 kg de S.

Nas Tabelas 28 e 30 encontram-se as médias gerais dos teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre no colmo no 4º ciclo da cana-de-açúcar da variedade RB 86-7515 dos experimentos CCP e CSP, os quais foram respectivamente, 3,26 e 4,09 g kg⁻¹ de nitrogênio, 0,51 e 0,45 g kg⁻¹ de fósforo, 3,12 e 2,63 g kg⁻¹ de potássio, 0,65 e 0,63 g kg⁻¹ de cálcio, 0,81 e 0,70 g kg⁻¹ de magnésio e 0,86 e 0,58 g kg⁻¹ de enxofre. Nota-se a maior absorção de nitrogênio, em seguida potássio e magnésio. Resultados que diferiram da absorção foliar que foi em ordem decrescente N>K>Ca. As quantidades de nutrientes no colmo foram superiores aos dados obtidos por Orlando Filho et al. (1980) e Coleti et al. (2006), que pode estar relacionado com os tratamentos aplicados, que no caso foram doses de

N e de K, o que pode ter conferido teores superiores desses nutrientes, e mesmo a exigência nutricional da variedade estudada em questão (RB 83-5486).

Tabela 27. Quadros médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação dos teores de N, P e K no colmo referentes ao 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar dos experimentos com palhada (CCP) e sem palhada (CSP), variedade RB 86-7515, Aparecida do Taboado-MS, 2007/08.

Causas de Variação	CCP			CSP		
	N	P	K	N	P	K
Doses de N (N)	0,2897	0,0049	0,2868	0,4933	0,0079	1,2800
Doses de K ₂ O (K)	0,2927	0,0121	8,4884**	0,2555	0,0039	3,8029**
N x K	0,1888	0,0092	0,4157	0,1754	0,0056	0,6050
Blocos	0,3301	0,0029	3,6576**	0,8071**	0,0076	0,9337
Resíduo	0,2002	0,0044	0,8303	0,2059	0,0057	0,4770
Média Geral (g kg ⁻¹)	3,26	0,51	3,12	4,09	0,45	2,63
CV(%)	13,71	12,98	29,14	11,08	16,65	26,18

Observação: ** significativo a 1%, pelo teste F.

Tabela 28. Médias e equações de regressão dos teores N, P e K no colmo referentes ao 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar dos experimentos com palhada (CCP) e sem palhada (CSP), variedade RB 86-7515, Aparecida do Taboado-MS, 2007/08.

Causas de Variação	CCP			CSP		
	N	P	K	N	P	K
	(g kg ⁻¹)					
Doses de N (kg ha ⁻¹)-	40	3,15	0,51	3,18	3,91 ⁽³⁾	0,42
	80	3,15	0,49	2,95	4,03	0,46
	120	3,31	0,52	3,26	4,15	0,47
	160	3,43	0,53	3,10	4,25	0,45
Doses de K ₂ O (kg ha ⁻¹)-	40	3,18	0,48 ⁽¹⁾	2,29 ⁽²⁾	3,91	0,46
	80	3,16	0,50	2,84	4,16	0,43
	120	3,24	0,52	3,40	4,09	0,47
	160	3,46	0,54	3,95	4,20	0,44

⁽¹⁾ Y= 0,4668 + 0,00046X (R²= 0,77)

⁽²⁾ Y= 1,7406 + 0,0138X (R²= 0,96)

⁽³⁾ Y= 3,8012 + 0,0029X (R²= 0,73)

⁽⁴⁾Y= 1,3218 + 0,0307X - 0,00014X² (R²= 0,98)

⁽⁵⁾ Y= 1,7156 + 0,0092X (R²= 0,95)

Tabela 29. Quadros médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação dos teores de Ca, Mg e S no colmo referentes ao 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar dos experimentos com palhada (CCP) e sem palhada (CSP), variedade RB 86-7515, Aparecida do Taboado-MS, 2007/08.

Causas de Variação	CCP			CSP		
	Ca	Mg	S	Ca	Mg	S
Doses de N (N)	0,0222	0,0103	0,3043	0,0175	0,0168	0,0173
Doses de K ₂ O (K)	0,0362	0,0470	0,2240	0,0097	0,0624**	0,0220
N x K	0,0115	0,0106	0,0769	0,0122	0,0226	0,0165
Blocos	0,0643*	0,0282	0,1277	0,0396*	0,0264	0,0160**
Resíduo	0,0221	0,0207	0,1293	0,0117	0,0143	0,0099
Média Geral (g kg ⁻¹)	0,65	0,81	0,86	0,63	0,70	0,51
CV(%)	22,64	17,68	41,65	17,01	17,06	19,50

Observação: * e ** significativo a 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 30. Médias e equações de regressão dos teores Ca, Mg e S no colmo referentes ao 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar dos experimentos com palhada (CCP) e sem palhada (CSP), variedade RB 86-7515, Aparecida do Taboado-MS, 2007/08.

Causas de Variação	CCP			CSP		
	Ca	Mg	S	Ca	Mg	S
(g kg ⁻¹)						
Doses de N (kg ha ⁻¹)-						
40	0,71	0,83	0,99 ⁽³⁾	0,60	0,66	0,48
80	0,62	0,78	0,90	0,62	0,71	0,50
120	0,65	0,83	0,81	0,68	0,74	0,55
160	0,64	0,80	0,72	0,63	0,68	0,49

Doses de K ₂ O (kg ha ⁻¹)-						
40	0,71 ⁽¹⁾	0,87 ⁽²⁾	0,83	0,66	0,77 ⁽⁴⁾	0,56
80	0,67	0,83	1,01	0,63	0,72	0,49
120	0,63	0,79	0,72	0,64	0,67	0,51
160	0,60	0,75	0,87	0,60	0,63	0,47

⁽¹⁾ Y= 0,7465 – 0,00089X (R²= 0,94)

⁽²⁾ Y= 0,9165 – 0,00101X (R²= 0,93)

⁽³⁾ Y= 1,0900 – 0,0022X (R²= 0,72)

⁽⁴⁾ Y= 0,8162 – 0,0011X (R²= 0,90)

4.2.3 Produtividade agroindustrial, matéria-seca de colmos e produtividade de colmos

Os quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação da produtividade agroindustrial ($t\ ha^{-1}$ de Pol) ($PROD_{AGRO}$), matéria-seca de colmos (MS) e produtividade de colmos ($PROD_{COLMOS}$) referentes ao 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar da variedade RB 86-7515 dos experimentos com palhada (CCP) e sem palhada (CSP) encontram-se na Tabela 31. Nota-se efeito significativo ao nível de 5% de probabilidade das doses de K sobre MS e $PROD_{COLMOS}$ no experimento CSP. A $PROD_{COLMOS}$ teve influência de forma linear crescente das doses de K, variando de 77,35 a 83,60 $t\ ha^{-1}$. Já os dados de MS não se ajustaram a nenhuma equação, com média geral de 26,91 $t\ ha^{-1}$. A resposta da $PROD_{COLMOS}$ para as doses de K já era esperada, uma vez que os teores de potássio no solo estavam muito baixos (0,6 e 0,4 $mmol_c\ dm^{-3}$ nas camadas de 0-20 cm e 20-40 cm, respectivamente).

Espironello et al. (1986) avaliaram oito ensaios de adubação NPK, em cana-soca da variedade CB41-76, conduzidos em diversos solos do Estado de São Paulo, e verificaram efeitos positivos da adubação potássica na produtividade de cana e nos teores de potássio nas folhas e, conseqüentemente, obtidas correlações positivas e significativas entre os teores de potássio das folhas e as produtividades de cana em seis dos oito ensaios.

Alvarez et al. (1991) apresentaram os resultados de dezenove ensaios de adubação de cana-de-açúcar, efetuados em Latossolo Roxo, em diferentes regiões paulistas, utilizando as quantidades de nutrientes em $kg\ ha^{-1}$, 0, 90 e 180 de N; 0, 80 e 160 de P_2O_5 , e 0, 100 e 200 de K_2O . Procuraram avaliar a reação da cultura a esses nutrientes em áreas exploradas por alguns anos com cana e em outras em início de exploração, utilizando a variedade CB41-76. Em áreas que se iniciava o cultivo da cana-de-açúcar verificaram efeitos do nitrogênio e potássio sobre a produtividade, com aumentos de 7,9 e 16,6 $t\ ha^{-1}$, para as doses de 90 e 180 $kg\ ha^{-1}$ de N, respectivamente, e aumento de 7,4 $t\ ha^{-1}$ com a dose de 100 $kg\ ha^{-1}$ de K_2O e de 11,1 $t\ ha^{-1}$ com a dose de 200 $kg\ ha^{-1}$ de K_2O . Em áreas cultivadas observaram efeitos similares para nitrogênio e mais acentuados para potássio, com aumento de produtividade para 13 experimentos, de 17,4 e 25,9 $t\ ha^{-1}$ para as doses de 100 e 200 $kg\ ha^{-1}$ de K_2O , respectivamente.

Orlando Filho et al. (1993) desenvolveram um ensaio de longa duração (cana-planta e quatro soqueiras subseqüentes da variedade SP 70-1143 conduzido em solo Areia Quartzosa (AQ) na Usina Costa Pinto, Piracicaba-SP, com objetivo de estudar doses e formas

de aplicação de potássio em cana-de-açúcar. Concluíram que houve resposta à adubação potássica a partir da primeira soqueira, onde as doses econômicas variaram de 94 a 146 kg ha⁻¹ de K₂O. Porém, Bittencourt et al. (1995) observaram uma pequena resposta da primeira soca da variedade SP71-6163 com aumento de produtividade com aplicação da dose de 55 kg K₂O ha⁻¹ em relação à testemunha, que recebeu apenas adubação nitrogenada. Já Rosseto et al. (2004) pesquisando a resposta da cana-de-açúcar à calagem e à adubação potássica e as possíveis interações, verificaram que na maioria dos casos, as respostas da cana ao potássio foram lineares com aplicação da dose de 200 kg ha⁻¹ de K₂O, tanto na cana-planta como em soqueiras.

Para o experimento CCP a PROD_{AGRO}, MS e PROD_{COLMOS} não foram influenciados pelas doses de N e doses de K. Com as seguintes médias gerais: 9,90, 21,13 e 87,86 t ha⁻¹, respectivamente. A resposta da PROD_{COLMOS} no experimento CCP também era esperada, contudo não houve efeito significativo, mesmo com o solo apresentando baixos teores de potássio (0,8 a 0,4 mmol_c dm⁻³ na camada de 0-20 cm e 20-40 cm, respectivamente). A não resposta a aplicação de nitrogênio e potássio no experimento CCP pode estar relacionada com contribuição da palhada como fonte fornecedora de nutrientes para solo.

Manechini (1997) estudou três variedades de cana-de-açúcar no estágio de primeiro corte e idade de 16 meses, colhidas mecanicamente sem queima. Os resultados foram os seguintes, respectivamente para rendimento agrícola e sobra de palha e ponteiro (peso seco): SP80-185= 107,9 t ha⁻¹ e 15,6 t ha⁻¹; SP79-1011= 129,2 t ha⁻¹ e 13,6 t ha⁻¹ e SP79-2233= 148,5 t ha⁻¹ e 15,0 t ha⁻¹. No mesmo trabalho, quantificou os nutrientes na palha deixada sobre o solo, em kg ha⁻¹: nitrogênio (54,7), fósforo (4,4), potássio (76,1), cálcio (54,9), magnésio (25,5) e enxofre (15,1), sendo o potássio o elemento de maior concentração na palha. Verifica-se que, além da palhada proteger o solo contra erosão, também é grande fornecedora de nutrientes, promovendo assim grande reciclagem destes para o solo. Segundo COPERSUCAR (2000b), constatou que 50% do N e 65% do K, poderiam ser deduzidos da adubação mineral da soca do ano seguinte. Entretanto, a mineralização da palha é dependente de fatores ambientais e da relação C/N, assim como da posição do nutriente em relação ao componente desta palha (DEMATTE, 2005).

Ao se comparar os valores de MS e PROD_{COLMOS} do experimento CCP, verifica-se que a quantidade de MS foi menor e PROD_{COLMOS} maior que a do experimento CSP. Ou seja, houve maior PROD_{COLMOS} e maior quantidade de caldo contido nos colmos que proporcionou menor quantidade de MS. Ao contrário do que ocorreu no experimento CSP. Ressalta-se que no experimento CCP houve menor número de perfilhos no momento da

colheita em relação ao CSP, porém alcançou uma $PROD_{COLMOS}$ com 9,16% maior do que CSP, desta forma conclui-se que houve maior peso unitário por colmo.

Corroborando com resultados obtidos neste trabalho, Campanhão (2003) avaliando os efeitos da queima da palhada e conseqüentemente da soqueira brotada, nos rendimentos agroindustriais da safra seguinte e a melhor a opção de tratos culturais para a variedade RB85-5536 em estágio de 4º corte, plantada em Latossolo Vermelho distroférico, relatou que no tratamento palhada queimada houve maior perfilhamento no ciclo e maior número de colmos por metro na colheita, embora com menor massa unitária. Assim como, Souza et al. (2005) afirmaram que sistema de colheita de cana-de-açúcar sem queima e com incorporação parcial dos resíduos culturais melhoram as condições físicas do solo e aumentam o potencial produtivo da cana-de-açúcar.

Apesar do experimento CCP não ter sido influenciados pelas doses de N e doses de K, pode-se concluir que a manutenção da palhada no solo é uma boa opção para melhoria das condições de fertilidade e umidade do solo, e alcançando produtividades de colmos relativamente altas para o 4º ciclo da cana-de-açúcar na região estudada, visto que os experimentos foram desenvolvidos em áreas classificadas como cerrado com baixa fertilidade do solo e condições climáticas menos propícias para a variedade.

Tabela 31. Quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação da produtividade agroindustrial (t ha^{-1} Pol) ($\text{PROD}_{\text{AGRO}}$), matéria-seca (MS) e produtividade de colmos ($\text{PROD}_{\text{COLMOS}}$) referentes ao 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar dos experimentos com palhada (CCP) e sem palhada (CSP), variedade RB 86-7515, Aparecida do Taboado-MS, 2007/08.

Causa de Variação	CCP			CSP		
	$\text{PROD}_{\text{AGRO}}$	MS	$\text{PROD}_{\text{COLMOS}}$	$\text{PROD}_{\text{AGRO}}$	MS	$\text{PROD}_{\text{COLMOS}}$
Doses de N (N)	0,5073	10,1319	13,5574	0,5886	22,9076	112,9444
Doses de K ₂ O (K)	0,4939	2,7585	19,2755	1,2353	45,5218*	278,3977*
N x K	1,3924	24,1737	61,6501	1,7549	11,9055	42,8687
Blocos	1,5429	16,6666	241,5190*	0,2161	17,6821	138,1514
Resíduo	1,2914	10,3066	74,9553	2,0671	15,6238	90,2636
Média Geral (t ha^{-1})	9,90	21,13	87,86	10,02	26,91	80,48
CV(%)	11,47	15,19	9,85	14,34	14,68	11,80

Observação: * significativo a 5%, pelo teste F.

Tabela 32. Médias e equações de regressão da produtividade agroindustrial ($t\ ha^{-1}\ Pol$) ($PROD_{AGRO}$), matéria-seca (MS) e produtividade de colmos ($PROD_{COLMOS}$) referentes ao 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar dos experimentos com palhada (CCP) e sem palhada (CSP), variedade RB 86-7515, Aparecida do Taboado-MS, 2007/08.

Causas de Variação	CCP				CSP			
	PROD _{AGRO}	MS	PROD _{COLMOS}	PROD _{AGRO}	MS	PROD _{COLMOS}	PROD _{COLMOS}	
	(t ha ⁻¹)							
Doses de N (kg ha ⁻¹)-								
40	9,72	21,70	86,56	9,90	26,71		77,20	
80	10,19	21,89	88,59	9,80	26,73		79,65	
120	9,86	20,25	87,87	10,31	25,65		83,36	
160	9,82	20,67	88,42	10,06	28,54		81,69	
Doses de K ₂ O (kg ha ⁻¹)-								
40	9,62	20,94	87,39	9,71	25,47		77,35 ⁽¹⁾	
80	10,02	20,63	87,83	10,33	26,43		79,43	
120	9,88	21,53	86,83	9,77	27,39		81,52	
160	10,07	21,41	89,39	10,25	28,35		83,60	

⁽¹⁾ $Y = 75,2718 + 0,0520X$ ($R^2 = 0,43$)

4.2.4 Indicadores de qualidade tecnológica da cana-de-açúcar

Na Tabela 33 encontram-se os quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação dos teores de açúcares redutores do caldo (AR_{CALDO}), açúcares redutores da cana (AR_{CANA}), pol do caldo (POL_{CALDO}) e pol da cana (POL_{CANA}) referentes ao 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar dos experimentos com palhada (CCP) e sem palhada (CSP), variedade RB 86-7515. As doses de N não influenciaram nenhuma das variáveis analisadas para os dois experimentos. Resultados semelhantes obtidos por Andrade et al. (2000) que independente das fontes e doses de nitrogênio, as características tecnológicas da primeira soca da variedade SP 79-2233 não foram afetadas.

Para o experimento CSP verificam-se efeitos das doses de K sobre valores de AR_{CANA} e AR_{CALDO} ao nível de 1% de probabilidade de significância. Os valores de AR_{CANA} e AR_{CALDO} se ajustaram a uma equação linear crescente em relação às doses de K, os quais variaram de 0,64% a 0,69% e 0,76% a 0,69%, respectivamente. Korndörfer (1990), relatou que quando ocorre a deficiência de potássio, as plantas apresentam maiores teores de açúcares redutores que de sacarose, discordando dos resultados obtidos. Contudo, corroborando com os dados obtidos no experimento CCP, os quais se ajustaram de forma linear decrescente, apesar de não terem sido significativos. No entanto, os valores de AR_{CANA} e AR_{CALDO} para os experimentos estão abaixo de 0,8%, valor recomendado para início da safra segundo Segato et al. (2006), e de acordo com Souza et al. (2005) com valor inferior a 1%.

Para os valores de POL_{CALDO} e POL_{CANA} as médias foram as seguintes, respectivamente, de 13,46% e 11,94% no experimento CCP e 14,49% e 12,26% para CSP. Segato et al. (2006) recomenda valores adequados para a pol da cana no início da safra superiores a 14%, o que se pode concluir, que a variedade RB 86-7515 para ambos os experimentos estavam com baixos teores de sacarose adequados no momento da colheita, o que pode estar relacionado com o fator clima (temperatura) que não proporcionou condições adequadas para acúmulo de sacarose nos colmos.

Os valores de PU_{CALDO} e fibra no experimento CSP sofreram influência das doses de K ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 35), não se ajustando a nenhuma equação. Porém, os valores de fibra se ajustaram à equação linear decrescente em relação às doses de N, variando 12,16% a 11,87% (Tabela 36).

Para o experimento CCP nota-se influência das doses de K sobre os valores de PU_{CALDO} de forma linear crescente e de forma linear decrescente para fibra (Tabela 36).

Portanto, houve coerência aos dados obtidos na Tabela 34, para os dados de PU_{CALDO} , que aumentou com as doses de K e os valores de AR_{CALDO} diminuíram, consequentemente aumentando os teores de sacarose do caldo, uma vez que pureza do caldo é a porcentagem de sacarose aparente contida nos sólidos solúveis totais do caldo, e é determinada pela relação $(Pol \text{ do caldo/Brix}) \times 100$.

Para os valores de Brix as médias gerais foram 16,51 % para CCP e 17,46% para experimento CSP. Em relação aos valores de fibra, Orlando Filho et al. (1993) estudando doses e formas de aplicação de potássio em cana-planta e quatro socas subseqüentes da variedade SP 70-1143, observaram que de uma forma geral, os tratamentos com potássio, principalmente com doses mais elevadas, proporcionaram menores teores de fibras em relação à testemunha. Os valores de fibra normalmente oscilam muito de acordo com a variedade (DELGADO; CÉSAR, 1977). Nas canas mais pobres, o teor de fibra está entre 7% e 8 % e, nas mais ricas, entre 16 e 17 %, sendo que 12,5 % de fibra é considerado um valor padrão (SEGATO et al., 2006). Comparando esses parâmetros com os resultados obtidos, constata-se que a variedade estudada esta dentro do valor padrão, por apresentarem valores médios de 11,59% e 12,02% para os experimentos CCP e CSP, respectivamente.

Embora não tenham sido comparados estatisticamente os experimentos entre si, os indicadores de qualidade da matéria-prima do 4º ciclo da cana-de-açúcar da variedade RB 86-7515 dos experimentos CCP e CSP foram semelhantes, com uma tendência de melhores resultados para experimentos CSP. Campanhão (2003) observou que a presença ou ausência da palhada não influenciou a qualidade da matéria-prima no momento da colheita da quarta soca da variedade RB85-5536.

Diante do exposto, a adubação potássica é uma prática que pode interferir na qualidade da cana-de-açúcar, ressaltando que este nutriente é extraído em maior quantidade pela cultura. De acordo com os resultados obtidos, conclui-se que a variedade RB 86-7515 estudada em ambos os experimentos estava com todos os indicadores de qualidade da cana-de-açúcar dentro do adequado, exceto para a POL_{CANA} que apresentou-se inferior aos 14%, o que é indicado para início de safra, deste modo comprometendo a qualidade do caldo, que poderia ser evitado se fossem colhidas posteriormente.

Tabela 33. Quadrados médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação, referentes aos valores de açúcares redutores do caldo (AR_{CALDO}), açúcares redutores da cana (AR_{CANA}), pol do caldo (POL_{CALDO}) e pol da cana (POL_{CANA}) do 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar dos experimentos com palhada (CCP) e sem palhada (CSP), variedade RB 86-7515, Aparecida do Taboado-MS, 2007/08.

Causas de Variação	CCP						CSP		
	AR _{CALDO}	AR _{CANA}	POL _{CALDO}	POL _{CANA}	AR _{CALDO}	AR _{CANA}	POL _{CALDO}	POL _{CANA}	
Doses de N (N)	0,0144	0,0123	0,7174	0,6122	0,0011	0,0009	0,2010	0,0838	
Doses de K ₂ O (K)	0,0133	0,0090	0,4325	0,2439	0,0090*	0,0083**	0,7545	0,3760	
N x K	0,0060	0,0004	0,4135	0,3893	0,0053	0,0037	0,4875	0,3146	
Blocos	0,0009	0,0040	0,9198	0,2810	0,0108*	0,0080*	2,7153**	1,6630**	
Resíduo	0,0058	0,0044	0,9383	0,4433	0,0023	0,0017	0,3637	0,2752	
Média Geral (%)	0,85	0,72	13,46	11,94	0,79	0,67	14,49	12,26	
CV(%)	8,92	9,12	7,19	5,81	6,08	6,19	4,16	4,27	

Observação: * e ** significativo a 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 34. Médias e equações de regressão referentes aos valores de açúcares redutores do caldo (AR_{CALDO}), açúcares redutores da cana (AR_{CANA}), pol do caldo (POL_{CALDO}) e pol da cana (POL_{CANA}) do 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar dos experimentos com palhada (CCP) e sem palhada (CSP), variedade RB 86-7515, Aparecida do Taboado-MS, 2007/08.

Causas de Variação		CCP				CSP			
		AR _{CALDO}	AR _{CANA}	POL _{CALDO}	POL _{CANA}	AR _{CALDO}	AR _{CANA}	POL _{CALDO}	POL _{CANA}
(%)									
Doses de N (kg ha ⁻¹)-	40	0,88	0,75	13,41	11,28	0,80	0,68	14,65	12,36
	80	0,84	0,72	13,63	11,66	0,78	0,66	14,54	12,28
	120	0,87	0,75	13,13	11,21	0,79	0,67	14,41	12,23
	160	0,81	0,68	13,66	11,60	0,80	0,68	14,36	12,17
Doses de K ₂ O (kg ha ⁻¹)-	40	0,89 ⁽¹⁾	0,76 ⁽²⁾	13,18	11,23	0,76 ⁽³⁾	0,64 ⁽⁴⁾	14,77	12,47
	80	0,86	0,74	13,51	11,49	0,78	0,66	14,38	12,17
	120	0,84	0,71	13,54	11,54	0,80	0,68	14,61	12,33
	160	0,81	0,69	13,61	11,49	0,82	0,69	14,20	12,07

⁽¹⁾ Y= 0,9191 – 0,00064X (R²= 0,98)

⁽²⁾ Y= 0,7829 – 0,00053X (R²= 0,99)

⁽³⁾ Y= 0,7504 + 0,00044X (R²= 0,70)

⁽⁴⁾ Y= 0,6308 + 0,00042X (R²= 0,69)

Tabela 35. Quadros médios das análises de variância e níveis de significância, médias e coeficientes de variação dos valores da pureza do caldo (PU_{CALDO}), Brix e % fibra da cana referentes ao 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar dos experimentos com palhada (CCP) e sem palhada (CSP), variedade RB 86-7515, Aparecida do Taboado-MS, 2007/08.

Causas de Variação	CCP			CSP		
	PU _{CALDO}	Brix	Fibra	PU _{CALDO}	Brix	Fibra
Doses de N (N)	11,9210	0,3686	0,2757	0,8744	0,3521	0,2630
Doses de K ₂ O (K)	11,4785	0,3283	0,2585	8,4889*	0,4056	0,4299*
N x K	5,0310	0,2664	0,3649	4,3022	0,3279	0,1291
Blocos	0,4929	0,5286	0,0459	9,1297*	1,9468**	0,3135
Resíduo	4,8354	0,4650	0,1720	2,0010	0,3237	0,1106
Média Geral (%)	81,17	16,51	11,59	82,94	17,46	12,02
CV(%)	2,70	4,13	3,57	1,70	3,25	2,76

Observação: * e ** significativo a 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 36. Médias e equações de regressão referentes aos valores da pureza do caldo (PU_{CALDO}), Brix e % fibra da cana referentes ao 4º ciclo (3ª soca) da cana-de-açúcar dos experimentos com palhada (CCP) e sem palhada (CSP), variedade RB 86-7515, Aparecida do Taboado-MS, 2007/08.

Causas de Variação	CCP			CSP		
	PU_{CALDO}	Brix	Fibra	PU_{CALDO}	Brix	Fibra
----- (%) -----						
Doses de N ($kg\ ha^{-1}$) - 40	80,33	16,46	11,58	82,70	17,71	12,16 ⁽³⁾
80	81,40	16,72	11,48	83,26	17,46	12,07
120	80,47	16,30	11,51	83,07	17,34	11,97
160	82,49	16,56	11,81	82,74	17,35	11,87

Doses de K_2O ($kg\ ha^{-1}$) - 40	80,04 ⁽¹⁾	16,45	11,76 ⁽²⁾	83,76	17,68	12,17
80	80,79	16,72	11,64	83,22	17,26	12,07
120	81,55	16,54	11,53	82,67	17,53	11,96
160	82,50	16,32	11,42	81,69	17,38	11,86

⁽¹⁾ $Y = 79,2849 + 0,0188X$ ($R^2 = 0,99$)

⁽²⁾ $Y = 11,8729 - 0,00278X$ ($R^2 = 0,96$)

⁽³⁾ $Y = 12,2683 - 0,0024X$ ($R^2 = 0,74$)

5. CONCLUSÕES

5.1 Experimentos: 3º e 4º ciclos da cana-de-açúcar nas safras de 2006/07 e 2007/08

- As doses de N e K aumentaram os teores de macronutrientes nas folhas e nos colmos;

- Ordem de concentração dos nutrientes:

N>K>P>Ca>Mg>S na folha;

N>K>P>Mg>S>Ca no colmo;

- As doses de N e K não influenciaram a qualidade da cana-de-açúcar;

- As doses de N e K não influenciaram a qualidade da cana-de-açúcar.

- A produtividade de colmos no 4º ciclo variou de 59,9 a 73,1 t ha⁻¹ com o aumento das doses de K₂O.

- A adubação de cobertura recomendada seria:

Para o 3º ciclo: 40 kg ha⁻¹ de N e 40 kg ha⁻¹ de K₂O;

Para o 4º ciclo: 40 kg ha⁻¹ de N e 160 kg ha⁻¹ de K₂O.

5.2 Experimentos: 4º ciclo da cana-de-açúcar em áreas com e sem palhada na safra de 2007/08

- As doses de N e K aumentaram os teores de macronutrientes nas folhas;

- As doses de K aumentaram os teores de macronutrientes nos colmos;

- Ordem de concentração dos nutrientes:

N>K>Ca>Mg>P>S na folha;

N>K>Mg>S>Ca>P no colmo;

- No experimento sem palhada (CSP), as doses de K aumentaram os valores de açúcar redutores do caldo e da cana e pureza do caldo;

- A produtividade de colmos no experimento CSP variou de 77,35 a 83,60 t ha⁻¹ com o aumento das doses de K₂O;

- Apesar do experimento com palhada (CCP) não ter sido influenciado pelas doses de N e K, a manutenção da palhada no solo é uma boa opção melhorando condições de fertilidade e umidade do solo, proporcionando produtividades de colmos relativamente altas para o 4º ciclo da cana-de-açúcar na região estudada (87 t ha⁻¹), visto que os experimentos foram desenvolvidos em áreas classificadas como cerrado com baixa fertilidade do solo;

- A adubação de cobertura recomendada seria:

Para o experimento CCP: 40 kg ha⁻¹ de N e 40 kg ha⁻¹ de K₂O;

Para o experimento CSP: 40 kg ha⁻¹ de N e 160 kg ha⁻¹ de K₂O.

6. REFERÊNCIAS

ALEXANDER, M. I. H. **Introduction to soil microbiology**. 4.ed. New York: John Wiley, 1967. 472p.

ALONSO, O.; FONTANARI, N.; GERALDI FILHO, L.; NAGUMO, M.; CORRÊA, W. J.; SERRA, G. E. Efeitos de fontes de nitrogênio aplicadas em superfície e profundidade, em cana-soca cultivada em diferentes solos. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 3, 1984, São Paulo. **Anais...**Piracicaba: STAB, 1984. v.3, p.143-148.

ALVAREZ, R.; WUTKE, A. C. P.; ARRUDA, H. V.; RAIJ van, B.; GOMES, A. C.; ZINK, F. Adubação da cana-de-açúcar: XIV. adubação NPK em Latossolo Roxo. **Bragantia**, Campinas, v.50, n.2, p.359-374, 1991.

ANDRADE, L. A. B.; BOCARDO, M. R.; CORREA, J. B. D.; CARVALHO, G. J. Efeitos do nitrogênio, aplicado nas formas fluída ou sólida, em soqueira de cana-de-açúcar. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v.24, n.2, p.516-520, 2000.

ARGENTON, P. E. **Influências das variáveis edafoclimáticas e de manejo no rendimento de variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) na região de Piracicaba, São Paulo**. Piracicaba, 2006. 109f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

AZEREDO, D. F. de; BOLSANELLO, J.; WEBWE, H.; VIEIRA, J. R. Nitrogênio em cana-planta – doses e fracionamento. **Revista STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v.4, n.5, p.26-33, 1986.

BITTENCOURT, V. C.; PAIXÃO, A. C. S.; ALMEIDA, M. J.; ORLANDO FILHO, J.; BEAUCLAIR, E. G. F. Eficiência da adubação potássica em cana- soca. **Revista STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v.13, n.3, p.20-24, 1995.

BLACK, E. C.; BROWN, R. C.; MOORE, R. C. Plant photosynthesis. In: DÖBEREINER, J.; BURRIS, R. H.; HOLLAENDER, A. (Ed.). **Limitations and potentials for biological nitrogen fixation in the tropics**. New York: Plenum, 1978. p.95-110.

BOLTON, J. K.; BROWN, R. H. Photosynthesis of grass species differing in carbon dioxide fixation pathways. V. Response of *Panicum maximum*, *Panicum milioides* and tallfescue (*Festuca arundinaceae*) to nitrogen nutrition. **Plant Physiology**, Bethesda, v.66, n.1, p.97-100, 1980.

CAMPANHÃO, J. M. **Manejo da soqueira de cana-de-açúcar submetida à queima acidental da palhada remanescente da colheita mecanizada**. Jaboticabal, 2003. 76f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2003.

CANTARELLA, H. Adubação nitrogenada em sistema de cana crua. **Revista STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v.16, n.4, p.21-22, 1998.

CARNAÚBA, B. A. A. O nitrogênio e a cana-de-açúcar. **STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v.8, n.3, p.24-41, 1990.

CARNEIRO, A. V.; TRIVELIN, P. C.; VITORIA, P. L. Utilização da reserva orgânica e de nitrogênio do tolete de plantio no desenvolvimento da cana-planta. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.52, n.2, p.199-209, 1995.

CASAGRANDE, A. A. **Tópicos de morfologia e fisiologia da cana-de-açúcar**. Jaboticabal: FUNEP, 1991. 157p.

CASTRO, A. F.; MENEGHELLI, N. A. As relações $K^+/(Ca^{2+}+Mg^{2+})^{1/2}$ e $K^+/(Ca^{2+}+Mg^{2+})$ no solo e as respostas a adubação potássica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.24, n.6, p.751-760, 1989.

COLETI, J. T.; CASAGRANDE, J. C.; STUPIELLO, J. J.; RIBEIRO, L. O.; OLIVEIRA, G. R. Remoção de macronutrientes pela cultura da cana-planta e cana-soca em Argissolos, variedades RB 835486 e SP 81-3250. **STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v.24, n.5, p.32-36, 2006.

CONSELHO DOS PRODUTORES DE CANA-DE-AÇÚCAR, AÇÚCAR E ÁLCOOL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CONSECANA. **Manual de instruções**. Piracicaba: CONSECANA, 2003. 92p.

COOPERATIVA DE PRODUTORES DE CANA-DE-AÇÚCAR, AÇÚCAR E ÁLCOOL DO ESTADO DE SÃO PAULO- COPERSUCAR. **Adubação nitrogenada em cana-planta**. Piracicaba: Agrícola Informa, 2000a (Boletim,115).

COOPERATIVA DE PRODUTORES DE CANA-DE-AÇÚCAR, AÇÚCAR E ÁLCOOL DO ESTADO DE SÃO PAULO- COPERSUCAR. **Liberação de nutrientes da palha com e sem utilização de nitrogênio marcado (^{15}N) em áreas com e sem vinhaça**. Piracicaba: Informa Agrícola, 2000b (Boletim,116).

COSTA, M. C. G. **Eficiência agronômica de fontes nitrogenadas na cultura da cana-de-açúcar em sistema de colheita sem despalha a fogo**. 2001. 79f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

COSTA, M. C. G.; VITTI, G. C.; CANTARELLA, H. Volatilização de N-NH_3 de fontes nitrogenadas em cana-de-açúcar colhida sem despalha a fogo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.4, p.631-637, 2003.

DALRI, A. B. Irrigação em cana-de-açúcar. In: In: SEGATO, S. V.; PINTO, A. S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J. C. M. **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: CP 2, 2006. p.154-170.

DELGADO, A. A.; CÉSAR, M. A. A. Elementos de tecnologia e engenharia do açúcar de cana. **Zanini S/A equipamentos pesados**, Sertãozinho, v.1, 36p, 1977.

DEMATTE, J. L. I. **Cultura da cana-de-açúcar: recuperação e manutenção da fertilidade dos solos**. Piracicaba: POTAFOS, 2005. 24p. (Informações Agronômicas, 111).

DIAS, F. L.F.; ROSSETO, R. Calagem e adubação da cana-de-açúcar. In: SEGATO, S. V.; PINTO, A. S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J. C. M. **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: CP 2, 2006. p.104-119.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa, 1999. 412p.

ESPIRONELLO, A. et al. Efeitos da adubação NPK, em três profundidades, em soca de cana-de-açúcar. I. Produção de cana-de-açúcar. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DE TÉCNICOS AÇUCAREIROS DO BRASIL, 2, 1981, Rio de Janeiro. **Anais...**Rio de Janeiro: STAB, 1982. v.3, p.89-110.

ESPIRONELLO, A.; COSTA, A. A.; LANDELL, M. G. A.; PEREIRA, J. C. V. N. A.; IGUE, T.; CAMARGO, A. P.; RAMOS, M. T.B. Adubação NK em três variedades de cana-de-açúcar em função de dois espaçamentos. **Bragantia**, Campinas, v.46, n.2, p.247-268, 1987.

ESPIRONELLO, A.; GALLO, J. R.; LAVORANTI, A.; IGUE, T.; HIROCE, R. Efeitos da adubação NPK nos teores de macronutrientes das folhas de cana-de-açúcar (cana-soca). **Bragantia**, Campinas, v.45, n.2, p.377-382, 1986.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C.; JONES, C. A. **Growth and mineral nutrition of fields crops**. New York: M. Dekker, 1991. 476p.

FIGUEIREDO, P. A. M. Particularidades a respeito do potássio. **STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v.24, n.6, p.25, 2006.

FONTANARI, N.; ALONSO, O.; GERALDI FILHO, L.; NAGUMO, M.; SERRA, G. E. Aplicação de nitrogênio e potássio em superfície e profundidade em cana-de-açúcar. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 3, 1984, São Paulo. **Anais...**Piracicaba: STAB, 1984. v.3, p.148-150.

FRANCO, H. C. J.; CANTARELLA, H.; TRIVELIN, A. C.; FARONI, C. E.; SARTORI, R. H.; TRIVELIN, M. O. Acúmulo de nutrientes pela cana-planta. **STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v.26, n.5, p.41-45, 2008.

GALLO, J. R.; ALVAREZ, R.; ABRAMIDES, E. Amostragem de cana-de-açúcar, para análise foliar. **Bragantia**, Campinas, v.21, n.54, p.899-921, 1962.

GALLO, J. R.; HIROCE, H.; ALVAREZ, R. Levantamento do estado nutricional de canaviais de São Paulo, pela análise foliar. **Bragantia**, Campinas, v.27, n.30, p.365-382, 1968.

GAVA, G. J. C. **Utilização do nitrogênio da uréia (^{15}N) e da palhada (^{15}N) por soqueira de cana-de-açúcar no manejo sem despalha a fogo**. Piracicaba, 1999. 80f. Dissertação (Mestrado em Ciências/Energia Nuclear na Agricultura) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.

GAVA, G. J. C.; TRIVELIN, P. C. O.; VITTI, A. C.; OLIVEIRA, M. W. Recuperação do nitrogênio (^{15}N) da uréia e da palhada por soqueira de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.4, p.621-630, 2003.

GOMES, J. F. F. **Produção de colmos e exportação de macronutrientes primários por cultivares de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.)**. Piracicaba, 2003. 65f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, área de concentração: Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

GUELLER, A. C. A.; MENEZES, L. L.; MATSUOKA, S.; HOFFMANN, H. P.; MASUDA, Y.; ARIZON, H. GARCIA, A. A. F. **Manual de métodos alternativos para medição da produção da cana-de-açúcar**. Araras: UFCar. CCA-DBV, 1999. 7p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. [S.l.: s.n., 2008?]. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em: 18 fev. 2009.

KIEHL, J. C. Distribuição e retenção da amônia no solo após aplicação de uréia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.13, n.1, p.75-80, 1999.

KORNDÖRFER, G. H. O potássio e a qualidade da cana-de-açúcar. **Informações agronômicas**, Piracicaba, n.49, p.1-12, 1990.

KORNDÖRFER, G. H.; MARTINS, M. Importância da adubação na qualidade da cana-de-açúcar. **STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v.10, n.3, p.2-31, 1992.

KORNDÖRFER, G. H. Importância da adubação na qualidade da cana-de-açúcar. In: SÁ, M. E.; BUZETTI, S. (Ed.). **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, 1994. p.133-142.

LANA, R. M.; ZANÃO JÚNIOR, L. A.; KORNDÖRFER, G. H.; MACIEL JÚNIOR, V. A. Parcelamento da adubação potássica na cana-planta. **STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v.23, n.2, p.28-31, 2004.

MAGRO, J. A. Sistema cana crua: perspectiva de viabilidade. **Revista STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v.16, n.4, p.31-32, 1998.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 254 p. (Edição Ceres; 23)

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

MALAVOLTA, E.; HAAG, N. P. Nutrição e adubação. In: MALAVOLTA, E. **Cultura e adubação da cana-de-açúcar**. São Paulo: Instituto Brasileiro da Potassa, 1964. p.237-278.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319 p.

MANECHINI, C. Manejo agronômico da cana crua. In: SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA AGRONOMICA, 7, 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Copersucar. 1997. p.307-327.

MARCELO, D. N. **Efeito de fontes e doses de nitrogênio em soqueira de cana-de-açúcar, cultivar SP79-1011**. Lavras, 2008. 44f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic, 1995. 889p.

MORELLI, J.; DEMATTÊ, J. L. I.; DALBEN, A. E. Parcelamento da adubação nitrogenada em cana-planta: aplicação no solo. **STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v.15, n. 6, p.26-30, 1997.

MOURA, M. V. P. da S.; FARIAS, C. H. A.; AZEVEDO, C. A. V.; DANTAS NETO, J.; AZEVEDO, H. M.; PORDEUS, R. V. Doses de adubação nitrogenada e potássica em cobertura na cultura da cana-de-açúcar, primeira soca, com e sem irrigação. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v.29, n.4, p.753-760, 2005.

NOVAIS, R. F.; SMITH, T. J. **Fósforo em solo e plantas em condições tropicais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399 p.

OLIVEIRA, M. W.; TRIVELIN, P. C. O.; PENATTI, C. P.; PICCOLO, M. Decomposição e liberação de nutrientes da palhada de cana-de-açúcar em campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.12, p.2359-2362, 1999.

ORLANDO FILHO, J. O.; BITTENCOURT, V. C.; CARMELLO, Q. A. C.; BEAUCLAIR, E. G. F. Relações K, Ca e Mg de solo areia quartzosa e produtividade da cana-de-açúcar. **STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v.14, n.5, p.13-17, 1996.

ORLANDO FILHO, J.; BOARETTO, A. E.; GLÓRIA, A. M. Adubação potássica em cana-de-açúcar: I – Efeitos na produtividade agrícola, qualidade da matéria-prima e longevidade. **STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v.12, n.1, p.22-26, 1993.

ORLANDO FILHO, J.; CARMELLO, Q. A. C.; GLÓRIA, A. N. Adubação de soqueira de cana-de-açúcar sob dois tipos de despalha: cana crua x cana queimada. **STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v.12, n.4, p.7-11, 1994.

ORLANDO FILHO, J.; HAAG, H. P.; ZAMBELLO JÚNIOR, E. Crescimento e absorção de macronutrientes pela cana-de-açúcar variedade CB41-76, em função da idade, em solos do Estado de São Paulo. **Boletim Técnico Planalsucar**, Piracicaba, v.2, n.1, p.1-128, 1980.

ORLANDO FILHO, J.; RODELLA, A. Doses e fracionamentos de nitrogênio e potássio em cana-planta em solo arenoso sob primeiro cultivo. **STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v.15, n.1, p.34-35, 1996.

ORLANDO FILHO, J.; RODELLA, A. A.; BELTRAME, J. A.; LAVORENTI, N. A. Doses, fontes e formas de aplicação de nitrogênio em cana-de-açúcar. **STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v.17, n.4, p.39-41, 1999.

ORLANDO FILHO, J.; ZAMBELLO JÚNIOR, E.; RODELLA, A. A. Calibração de potássio no solo e recomendação de adubação para a cana-de-açúcar. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v.97, n.1, p.18-24, 1981.

ORLANDO FILHO, J.; ZAMBELLO JÚNIOR, E. Influência da adubação NPK nas qualidades tecnológicas da cana-planta, variedade CB41-76. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v.96, n.3, p.37-44, 1980.

PRADO, R. de M.; PANCELLI, M. A. Nutrição em soqueira e a qualidade tecnológica da cana-de-açúcar. **STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v.25, n.2, p.60-63, 2006.

PRADO, R. de M.; PANCELLI, M. A. Resposta de soqueiras de cana-de-açúcar à aplicação de nitrogênio em sistemas de colheita sem queima. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.4, p.951-959, 2008.

PREZZOTI, L. C.; DEFELIPO, B. V. Formas de potássio em solos do Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.11, n.2, p.109-114, 1987.

PROGRAMA de melhoramento genético da cana-de-açúcar. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos – PMGCA/UFSCar. Disponível em: <<http://www.pmgca.dbv.cca.ufscar.br>>. Acesso em: 26 jan. 2009.

RAIJ, B. van. Disponibilidade de potássio em solos do Brasil. In: YAMADA, T.; IGUE, K.; MUZILII, O.; USHERWOOD, N. R. (Ed.). **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato, 1982. p.67-76.

RAIJ, B van. Calibração do potássio trocável em solos para feijão, algodão e cana-de-açúcar. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v.26, n.6, p.575-576, 1974.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H. Outras culturas industriais. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: IAC/Fundação IAC, 1997. p.233-244.

RAIJ, B. van; QUAGGIO, J. A. **Métodos de análises de solo para fins de fertilidade**. Campinas: IAC, 1983. 31p. (IAC – Boletim técnico, 81)

REIS JÚNIOR, R. A. **Produção, qualidade de tubérculos e teores de potássio no solo e no pecíolo de batateira em resposta à adubação potássica**. 1995. 115f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1995.

RESENDE, A. S.; SANTOS, A.; XAVIER, R. P.; COELHO, C. H.; GONDIM, A.; OLIVEIRA, O. C.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S. Efeito da queima da palhada da cana-de-açúcar e aplicações de vinhaça e adubo nitrogenado em características tecnológicas da cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.30, n.6, p.937-941, 2006.

ROSSETTO, R.; SPIRONELLO, A.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. Calagem para a cana-de-açúcar e sua interação com adubação potássica. **Bragantia**, Campinas, v.63, n.1, p.105-116, 2004.

SARTORI, M. M. P. **Otimização da produção de energia e biomassa do resíduo de colheita em variedades de cana-de-açúcar**. 2001. 108f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

SEGATO, S. V.; ALONSO, O.; LAROSA, G. Terminologias no setor sucroalcooleiro. In: SEGATO, S. V.; PINTO, A. de S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J. C. M. **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: CP 2, 2006a. p.397-415.

SILVEIRA, J.A.G. **Interações entre assimilação de nitrogênio e o crescimento da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) cultivada em condições de campo**. 1985. 152f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1985.

SIQUEIRA, J. O. **Biotecnologia do solo: fundamentos e perspectivas**. Brasília: MEC, 1983. 263p.

SOUZA, Z. M.; PAIXÃO, A. C. S.; PRADO, R. M.; CESARIN, L. G.; SOUZA, S. R. Manejo de palhada de cana colhida sem queima, produtividade do canavial e qualidade do caldo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.5, p.1062-1068, 2005.

TASSO JÚNIOR, L. C.; MARQUES, M. O.; CAMILOTTI, F.; SILVA, T. Extração de macronutrientes em cinco variedades de cana-de-açúcar cultivadas na região centro-norte do Estado de São Paulo. **STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v.25, n.6, p.38-42, 2007.

TEIXEIRA, C. D. A. **Adubação nitrogenada e potássica em cana-soca, em dois solos do Estado do Paraná**. 2005. 56f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: área de concentração vegetal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

WEBER, H.; DAROS, E.; ZAMBON, J. L. C.; IDO O. T.; BARELA, J. D. Recuperação da produtividade de soqueiras de cana de açúcar com adubação NPK. **Scientia Agrária**, Curitiba, v.2, n.1-2, p.73-77, 2001.

USHERWOOD, N. R. Interação do potássio com outros íons. In: YAMADA, T.; IGUE, K.; MUZILII, O.; USHERWOOD, N. R. (Ed.). **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato, 1982. p.227-248.

VITTI, A. C. **Utilização pela cana-de-açúcar (cana-planta) do nitrogênio da uréia (^{15}N) e do mineralizado no solo em sistemas de manejo com e sem a queima.** 1998. 93f. Dissertação (Mestrado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

VITTI, G. C.; MAZZA, J. A. **Planejamento, estratégias de manejo e nutrição da cultura de cana-de-açúcar.** Piracicaba: POTAFOS, 2002. 16p. (Informações Agronômicas, 97).

ZONTA, E.P.; MACHADO, A. A. **Sistema de análise estatística para microcomputadores - SANEST.** Pelotas: Instituto de Física e Matemática, UFPel, 1984. 150p.