

PEDRO HENRIQUE DE MEDEIROS BUSO

**ESTUDO DO SISTEMA RADICAL
DE CANA-DE-AÇÚCAR
NO PLANTIO EM GEMA E TOLETE**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Henrique Soares Koehler

CURITIBA

2006



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA E FITOSSANITARISMO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
PRODUÇÃO VEGETAL

PARECER

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal, reuniram-se para realizar a arguição da Dissertação de MESTRADO, apresentada pelo candidato **PEDRO HENRIQUE DE MEDEIROS BUSO**, sob o título "**ESTUDO DO SISTEMA RADICAL DE CANA-DE-AÇÚCAR NO PLANTIO EM GEMA E TOLETE**", para obtenção do grau de Mestre em Ciências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná.


Após haver analisado o referido trabalho e argüido o candidato são de parecer pela "**APROVAÇÃO**" da Dissertação.

Curitiba, 03 de Agosto de 2006.


Professor Dr. Emerson Zagonei
Primeiro Examinador


Professor Dr. José Luis Camargo Zambon
Segundo Examinador


Professor Dr. Edelclaiton Darios
Terceiro Examinador


Professor Dr. Henrique Soares Koehler
Presidente da Banca e Orientador

Aos meus pais
Paulo José Buso Junior e
Lígia Franco de Medeiros Buso

E irmãos
Luís Gustavo de Medeiros Buso e
Paola Medeiros Buso

Com muito amor.

BIOGRAFIA

PEDRO HENRIQUE DE MEDEIROS BUSO, filho de Paulo José Buso Junior e Lígia Franco de Medeiros Buso, nasceu em Jacarezinho, Estado do Paraná, em 16 de setembro de 1980.

Passou a infância e adolescência em Santo Antonio da Platina, onde iniciou sua vida acadêmica. Filho de produtores rurais, cresceu no campo entre as lavouras de café e cana-de-açúcar e o rebanho Nelore.

Tomado gosto pelo rural, no segundo semestre de 1998 ingressou no Curso de Agronomia na Universidade Federal do Paraná, no qual recebeu o grau de Engenheiro Agrônomo no ano de 2003.

De 2001 a 2004, foi estagiário do Programa Cana-de-Açúcar / RIDESA / UFPR. Em março de 2004 ingressou no Curso de Mestrado em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, no Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo da Universidade Federal do Paraná, o qual encerra com a defesa do presente trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pois Ele me deu força e esperança para concluir este trabalho, responsável pelas páginas anteriores, bem como das páginas porvir;

Ao Prof. Orientador D.Sc. Henrique Soares Koehler, pai acadêmico, por acreditar que seria cumpridor de tal tarefa, por confiar horas de convívio, trocar experiências, e dividir o mais belo na vida acadêmica, o saber;

Aos Profs. D.Sc. José Luis Camargo Zambon, D.Sc. Oswaldo Teruyo Ido e Prof. Co-orientador D.Sc. Edelclaiton Daros, pelas sugestões, revisões e correções. Aos colegas Engenheiros Agrônomos Dr. Heroldo Weber e Wellington Adão, pela orientação na execução e condução dos trabalhos de campo; e ao Engenheiro Agrônomo M.Sc. Ricardo Augusto de Oliveira pela orientação prática no decorrer do trabalho;

Aos colegas do curso de Pós-Graduação em Produção vegetal, seus professores e colaboradores, sempre amigos e fiéis aos estudos, pelo apoio que deram durante toda minha permanência no curso. Também aos estagiários do Programa de Melhoramento Genético de Cana-de-açúcar, Alessandra Accorsi, Edna Ashihara, Patrícia Niele Martins, Rodrigo Seiki Ueda, Rodrigo Strapasson, Darana Kelly Tramuja da Silva e Ricardo Costa, pela seriedade na execução das tarefas e pelas gargalhadas entre as touceiras e computadores;

A Instituição–UFPR/SCA/Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo e o Curso de Pós Graduação em Produção Vegetal, pela confiança e pela oportunidade na realização deste Curso. A ALCOPAR–Associação dos Produtores de Álcool e Açúcar do Estado do Paraná e as Unidades Produtoras do Setor Sucroalcooleiro do Estado do Paraná, pela manutenção da pesquisa;

Ao Programa Cana-de-açúcar/DFF-SCA-UFPR, pelo apoio e recursos alocados. As Estações Experimentais de Paranaíba e de Bandeirantes bem como a FUNPAR, pelo apoio ao trabalho experimental, aos recursos materiais e humanos colocados à disposição;

Aos funcionários da Estação Experimental de Paranaíba, em especial à Eng^a. Agrônoma Maria Emilia Kudla, do SCA-Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo; e a todos da Biblioteca de Ciências Agrárias, da UFPR, que direta e indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho;

Aos meus familiares, que acolheram este interiorano durante os anos de estudo;

E àqueles que, direta ou indiretamente contribuíram na minha jornada, acima qualificados ou no anonimato, e incentivaram, mesmo que discretamente, na concretização deste sonho.

“Como dois e dois são quatro

Sei que a vida vale a pena

Embora o pão seja caro

E a liberdade pequena [...]”

(Ferreira Gullar)

SUMÁRIO

| | | |
|---------|--|------|
| | LISTA DE TABELAS | x |
| | LISTA DE FIGURAS | xi |
| | LISTA DE ANEXOS | xiii |
| | RESUMO | xiv |
| | ABSTRACT | xv |
| 1 | INTRODUÇÃO | 1 |
| 2 | REVISÃO DA LITERATURA | 3 |
| 2.1 | PLANTIO E ENRAIZAMENTO INICIAL | 3 |
| 2.2 | DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA RADICAL | 5 |
| 2.3 | DESENVOLVIMENTO DA PARTE AÉREA | 12 |
| 2.3.1 | Perfilhamento | 12 |
| 2.3.2 | Numero de Folhas (NF) e Área Foliar (AF) | 15 |
| 2.3.3 | Estatura | 16 |
| 2.4 | WINRHIZO | 16 |
| 3 | METODOLOGIA | 19 |
| 3.1 | LOCAL DO EXPERIMENTO..... | 19 |
| 3.2 | SOLO..... | 19 |
| 3.3 | CLIMA..... | 20 |
| 3.4 | O EXPERIMENTO | 20 |
| 3.5 | VARIETADES | 21 |
| 3.6 | INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO | 21 |
| 3.6.1 | Cana Planta..... | 21 |
| 3.6.2 | Cana Soca..... | 22 |
| 3.7 | AVALIAÇÕES | 22 |
| 3.7.1 | Parte Subterrânea | 23 |
| 3.7.1.1 | Comprimento (cm)..... | 23 |
| 3.7.1.2 | Superfície específica (cm ²)..... | 23 |
| 3.7.1.3 | Diâmetro (mm)..... | 24 |
| 3.7.1.4 | Volume (cm ³)..... | 24 |
| 3.7.2 | Parte Aérea | 24 |
| 3.7.2.1 | Número de perfilhos | 24 |

| | | |
|---------|---|----|
| 3.7.2.2 | Estatura de plantas (cm)..... | 24 |
| 3.7.2.3 | Número de folhas | 24 |
| 3.7.2.4 | Comprimento e largura da folha +3 | 25 |
| 3.7.2.5 | Área Foliar (AF) (cm ²)..... | 25 |
| 3.7.3 | Análise Estatística..... | 25 |
| 3.8 | MÉTODO DE AVALIAÇÃO DE RAÍZES | 26 |
| 3.8.1 | Amostragem e Determinação das Raízes no WinRhizo..... | 26 |
| 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 28 |
| 4.1 | VARIEDADE RB835486 | 28 |
| 4.1.1 | Crescimento do Sistema Radicial..... | 28 |
| 4.1.1.1 | Comprimento do Sistema Radicial (cm)..... | 28 |
| 4.1.1.2 | Volume do Sistema Radicial (cm ³) | 31 |
| 4.1.2 | Crescimento da Parte Aérea..... | 33 |
| 4.1.2.1 | Número de perfilhos | 33 |
| 4.1.2.2 | Estatura de Colmos (cm)..... | 34 |
| 4.1.2.3 | Área Foliar (cm ²) | 35 |
| 4.1.3 | Tolete X Gema | 36 |
| 4.2 | VARIEDADE RB855536 | 37 |
| 4.2.1 | Crescimento do Sistema Radicial..... | 38 |
| 4.2.1.1 | Comprimento do Sistema Radicial (cm)..... | 38 |
| 4.2.1.2 | Volume do Sistema Radicial (cm ³) | 41 |
| 4.2.2 | Crescimento da Parte Aérea..... | 43 |
| 4.2.2.1 | Número de Perfilhos | 43 |
| 4.2.2.2 | Estatura de Colmos (cm)..... | 44 |
| 4.2.2.3 | Área Foliar (cm ²) | 45 |
| 4.2.3 | Tolete X Gema | 47 |
| 4.3 | VARIEDADE SP80-1842 | 48 |
| 4.3.1 | Crescimento do Sistema Radicial..... | 49 |
| 4.3.1.1 | Comprimento do Sistema Radicial (cm)..... | 49 |
| 4.3.1.2 | Volume do Sistema Radicial (cm ³) | 52 |
| 4.3.2 | Crescimento da Parte Aérea..... | 54 |
| 4.3.2.1 | Número de Perfilhos | 54 |
| 4.3.2.2 | Estatura de Colmos (cm)..... | 55 |
| 4.3.2.3 | Área Foliar (cm ²) | 56 |
| 4.3.3 | Tolete X Gema | 57 |

| | |
|----------------------------|----|
| 5 CONCLUSÕES | 59 |
| 6 REFERÊNCIAS | 60 |
| ANEXOS | 69 |

LISTA DE TABELAS

| | | |
|-----------|--|----|
| TABELA 01 | - Resultados das análises química e granulométrica, Estação Experimental de Paranavaí, SCA-UFPR, 1999..... | 19 |
| TABELA 02 | - Cronograma de Avaliações do Sistema Radicial e da Parte Aérea da Cana Soca nas nove épocas, para os dois sistema de plantio (Gema e Tolete). Estação Experimental de Paranavaí, SCA-UFPR, 2000/2001..... | 23 |
| TABELA 03 | - Comprimento (cm), Superfície Específica (cm ²) e Volume (cm ³) de raízes da cultivar RB835486 em três profundidades, 0-20, 20-40 e 40-60. Estação Experimental de Paranavaí, SCA-UFPR, 2000/2001..... | 28 |
| TABELA 04 | - Comprimento de raízes (cm) da variedade RB85536 em três profundidades, 0-20, 20-40 e 40-60. Estação Experimental de Paranavaí, SCA-UFPR, 2000/2001..... | 37 |
| TABELA 05 | - Superfície Específica (cm ²) e Volume (cm ³) de raízes da variedade RB85536 nos tratamentos gema e tolete, em três profundidades, 0-20, 20-40 e 40-60. Estação Experimental de Paranavaí, SCA-UFPR, 2000/2001..... | 38 |
| TABELA 06 | - Diâmetro (mm) e Volume (cm ³) de raízes da variedade SP80-1842 nos tratamentos gema e tolete. Estação Experimental de Paranavaí, SCA-UFPR, 2000/2001..... | 48 |
| TABELA 07 | - Superfície Específica (cm ²) e Volume (cm ³) de raízes da variedade SP80-1842 em três profundidades, 0-20, 20-40 e 40-60. Estação Experimental de Paranavaí, SCA-UFPR, 2000/2001..... | 49 |
| TABELA 08 | - Comprimento (cm) de raízes da variedade SP80-1842 nos tratamentos gema e tolete, em três profundidades, 0-20, 20-40 e 40-60. Estação Experimental de Paranavaí, SCA-UFPR, 2000/2001..... | 49 |

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 01 – Representação esquemática do sistema radicial inicial em cana planta, mostrando o crescimento das raízes do tolete a partir do nó (primárias) e o crescimento das raízes (secundárias) a partir da base dos perfilhos (BLACKBURN, 1984). 04
- FIGURA 02 – Precipitação mensal (mm), temperatura máxima (°C), temperatura mínima (°C) e temperatura média (°C) nos meses de junho de 2000 a maio de 2001. Estação Meteorológica IAPAR-SIMEPAR, Município de Paranaíba, PR 20
- FIGURA 03 – Representação esquemática da trincheira utilizada para a amostragem das raízes nas parcelas experimentais 26
- FIGURA 04 – Comprimento de raízes (cm) nas profundidades 0-20 (cm), 20-40 (cm) e 40-60 (cm); em dois sistemas de plantio: tolete e gema, para a Variedade RB835486, nas nove épocas de amostragens. Estação Experimental de Paranaíba, SCA-UFPR, PR, 2000/2001 29
- FIGURA 05 – Volume de raízes (cm³) nas profundidades 0-20 (cm), 20-40 (cm) e 40-60 (cm); em dois sistemas de plantio: tolete e gema, para a Variedade RB835486, nas nove épocas de amostragens. Estação Experimental de Paranaíba, SCA-UFPR, PR, 2000/2001 32
- FIGURA 06 – Número de perfilhos em dois sistemas de plantio: tolete e gema, para a Variedade RB835486, nas sete épocas de amostragens. Estação Experimental de Paranaíba, SCA-UFPR, PR, 2000/2001 34
- FIGURA 07 – Estatura dos colmos (cm) em dois sistemas de plantio: tolete e gema, para a Variedade RB835486, nas sete épocas de amostragens. Estação Experimental de Paranaíba, SCA-UFPR, PR, 2000/2001 35
- FIGURA 08 – Área foliar (cm²) em dois sistemas de plantio: tolete e gema, para a Variedade RB835486, nas sete épocas de amostragens. Estação Experimental de Paranaíba, SCA-UFPR, PR, 2000/2001 36
- FIGURA 09 – Comprimento de raízes (cm) nas profundidades 0-20 (cm), 20-40 (cm) e 40-60 (cm); em dois sistemas de plantio: tolete e gema, para a Variedade RB855536, nas nove épocas de amostragens. Estação Experimental de Paranaíba, SCA-UFPR, PR, 2000/2001 40

| | |
|--|----|
| FIGURA 10 – Volume de raízes (cm ³) nas profundidades 0-20 (cm), 20-40 (cm) e 40-60 (cm); em dois sistemas de plantio: tolete e gema, para a Variedade RB855536, nas nove épocas de amostragens. Estação Experimental de Paranavaí, SCA-UFPR, PR, 2000/2001 | 42 |
| FIGURA 11 – Número de perfilhos em dois sistemas de plantio: tolete e gema, para a Variedade RB855536, em sete épocas de amostragens. Estação Experimental de Paranavaí, SCA-UFPR, PR, 2000/2001 | 44 |
| FIGURA 12 – Estatura dos colmos (cm) em dois sistemas de plantio: tolete e gema, para a Variedade RB855536, em sete épocas de amostragens. Estação Experimental de Paranavaí, SCA-UFPR, PR, 2000/2001 | 45 |
| FIGURA 13 – Área Foliar (cm ²) em dois sistemas de plantio: tolete e gema, para a Variedade RB855536, em sete épocas de amostragens. Estação Experimental de Paranavaí, SCA-UFPR, PR, 2000/2001 | 46 |
| FIGURA 14 – Comprimento de raízes (cm) nas profundidades 0-20 (cm), 20-40 (cm) e 40-60 (cm); em dois sistemas de plantio: tolete e gema, para a Variedade SP80- 1842, nas nove épocas de amostragens. Estação Experimental de Paranavaí, SCA-UFPR, PR, 2000/2001 | 51 |
| FIGURA 15 – Volume de raízes (cm ³) nas profundidades 0-20 (cm), 20-40 (cm) e 40-60 (cm); em dois sistemas de plantio: tolete e gema, para a Variedade SP80-1842, nas nove épocas de amostragens. Estação Experimental de Paranavaí, SCA-UFPR, PR, 2000/2001 | 53 |
| FIGURA 16 – Número de perfilhos em dois sistemas de plantio: tolete e gema, para a Variedade SP80-1842, em sete épocas de amostragens. Estação Experimental de Paranavaí, SCA-UFPR, PR, 2000/2001 | 55 |
| FIGURA 17 – Estatura dos colmos (cm) em dois sistemas de plantio: tolete e gema, para a Variedade SP80-1842, em sete épocas de amostragens. Estação Experimental de Paranavaí, SCA-UFPR, PR, 2000/2001 | 56 |
| FIGURA 18 – Área Foliar (cm ²) em dois sistemas de plantio: tolete e gema, para a Variedade SP80-1842, em sete épocas de amostragens. Estação Experimental de Paranavaí, SCA-UFPR, PR, 2000/2001 | 57 |

LISTA DE ANEXOS

- ANEXO 01 – Resultados da análise de variância para a comprimento (cm), superfície específica (cm²), diâmetro (mm) e volume de raízes (cm³), para a variedade RB835486 em dois sistema de plantio, Gema e Tolete, em três profundidades, 0-20, 20-40 e 40-60. Estação Experimental de Paranaíba, SCA-UFPR, 2000/2001 70
- ANEXO 02 – Resultados da análise de variância para a comprimento (cm), superfície específica (cm²), diâmetro (mm) e volume de raízes (cm³), para a variedade RB855536 em dois sistema de plantio, Gema e Tolete, em três profundidades, 0-20, 20-40 e 40-60. Estação Experimental de Paranaíba, SCA-UFPR, 2000/2001 71
- ANEXO 03 – Resultados da análise de variância para a comprimento (cm), superfície específica (cm²), diâmetro (mm) e volume de raízes (cm³), para a variedade SP80-1842 em dois sistema de plantio, Gema e Tolete, em três profundidades, 0-20, 20-40 e 40-60. Estação Experimental de Paranaíba, SCA-UFPR, 2000/2001 72
- ANEXO 04 – Número de perfilhos, estatura de colmos (cm) e área foliar (cm²), dos tratamentos gema e tolete, para três variedades de cana-de-açúcar (RB835486, RB855536 e SP80-1842), em sete épocas de amostragem. Estação Experimental de Paranaíba, SCA-UFPR, 2000/2001 73

RESUMO

A cana-de-açúcar tem grande importância para o Brasil, seja social ou econômica. O estudo do sistema radicial é muito importante para a compreensão dos diversos fenômenos de desenvolvimento da parte aérea, mas exige procedimentos extremamente criteriosos, pois, além de trabalhoso, seus resultados são influenciados pela variabilidade físico-química do solo, o que dificulta ainda mais a interpretação. Este trabalho teve como objetivo estudar o desenvolvimento radicial em dois sistemas de plantio, gema com um nó e entrenó e tolete com três gemas e três entrenós, em cana-de-açúcar em ciclo de primeira soca. O experimento foi instalado na Estação Experimental de Paranavaí, pertencente ao Setor de Ciências Agrárias da UFPR, na Região Noroeste do Estado do Paraná, no Município de Paranavaí. O experimento foi plantado de duas maneiras: 1 - plantio em gema (tolete com uma gema e um entrenó, densidade de uma gema por metro de sulco) e; 2 - plantio em tolete (toletes com três gemas e três entrenós, a uma densidade de 18 gemas por metro de sulco). As parcelas experimentais eram compostas por 7 sulcos de 15 metros, espaçados 1,40 m entre si. Para coleta das raízes foram abertas trincheiras de 1,40 m x 0,7 m x 0,6 m de profundidade, foi utilizado um cilindro de 318 cm³, retirando amostras nas profundidades de solo 00-20, 20-40 e 40-60 cm, lavadas posteriormente; separadas as raízes que foram analisadas com o programa WinRhizo e determinados comprimento e volume das raízes de todas as amostras, e superfície específica e diâmetro da última coleta. As avaliações da parte aérea consistiram na determinação do número de perfilhos, estatura de colmos, e área foliar. A análise dos dados foi dividida em duas: A - foram desenhadas as curvas de crescimento do sistema radicial em nove épocas para comprimento e volume de raízes; e da parte aérea da segunda à nona épocas; e B - análise estatística do sistema radicial apenas na nona época. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com parcelas subdivididas, 2 x 3 com 3 repetições. As variedades de cana-de-açúcar estudadas apresentaram comportamento do sistema radicial e parte aérea diferente quando plantada em gema isolada e tolete. O comportamento do volume do sistema radicial ao longo das épocas é semelhante ao comportamento do seu comprimento, apenas um destes parâmetros bastaria para estudar o sistema radicial destas variedades. Na profundidade de 40-60 cm praticamente não houve diferença no comprimento e volume radiciais entre os tratamentos gema e tolete.

Palavras-chave: gema, sistema de plantio, tolete, raiz, *Saccharum spp.*

ABSTRACT

The sugarcane has great importance to Brazil, socially, and economically. The study of the roots is very important for the understanding of several development phenomena of the aerial part, but it demands extremely discerning procedures, because, besides being difficult, their results are influenced by the physiochemical variability of the soil, what still hinders more the interpretation. This work had as objective to study the root development in two plantation systems: a bud sett and three buds sett, in sugar cane of first ratoon. The experiment was installed in the Experimental Station of Paranavaí, belonging to the Section of Agrarian Sciences of UFPR, located in the Northwest Area of Paraná State, in the district of Paranavaí. Two plantings systems were tested: 1 - planting in a bud sett (one bud sett for furrows meter) and; 2 - planting in three buds setts (with 18 buds for furrows meter). The experimental portions were composed by 7 furrows of 15 meters, spaced 1.40 m amongst themselves. For collection of the roots were open trenches with 1.40 m x 0.7 m x 0.6 m depth, a cylinder with 318 cm³ was used, removing samples in the soil depths at 00-20, 20-40 e 40-60 cm, were washed later; they were analized with WinRhizo program and certain length and volume roots of all samples, and diameter and specific surface of the last collection. The evaluations of the aerial part consist in determination of tiller's number, height of stems, and leaf area. The evaluations were divided in two: A - the curves of growth of the radicial system had been drawn in nine stages for length and volume, and for the aerial part from second to ninth; and B – statistical analyses of the radicial system only in ninth. The studied sugar canes varieties had presented radicial system and aerial part behaviors different when planted in isolated bud sett and three buds setts. The radicial volume behavior throughout evaluation is similar to the behavior of its length, only one of these parameters would be enough to study the radicial system of these varieties. In the depth of 40-60 cm it practically did not have difference in the radiciais length and volume between the treatments isolated bud sett and three buds setts.

Key word: bud, plant system, three buds sett, root, *Saccharum spp.*

1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é uma planta perene da família *Poaceae*, do gênero *Saccharum*, sendo que os atuais cultivares são híbridos interespecíficos. É uma planta C_4 com alta capacidade fotossintética, necessitando concentrações menores de CO_2 para seu metabolismo, apresentando maior desenvolvimento em regiões mais quentes.

No Brasil, a cultura da cana-de-açúcar está instalada em uma área de aproximadamente seis milhões de hectares, produzindo mais de 410 milhões de toneladas de cana por ano, que são destinados, principalmente, para a fabricação de açúcar e álcool; além de outros produtos e subprodutos. Nos últimos anos observou-se um aumento crescente na área plantada e na produção, o que coloca o Brasil, atualmente, como maior produtor mundial.

O Paraná ocupa o segundo lugar nacional em produção de cana com uma área de 400 mil hectares (safra 04/05), com uma produção anual de cerca de 29 milhões de toneladas de cana-de-açúcar (SEAB, 2006). Para o Paraná estima-se um aumento de 150 mil ha na área plantada com a cultura para os próximos anos. Com este aumento o estado chegará a cultivar cana-de-açúcar em uma área de aproximadamente 550 mil ha. O Estado do Paraná destaca-se na produtividade média da cana-de-açúcar de 80 t.ha⁻¹ e produz cana com alto teor de sacarose, favorecido pela sua posição geográfica e condições climáticas. Faz-se fundamental a pesquisa para que o setor produtivo explore melhor o potencial da cultura e do ambiente de produção.

A produtividade final da cana-de-açúcar, seja cana planta ou cana soca, está relacionada a fatores ambientais, genéticos, fisiológicos e de manejo da cultura. Os diferentes fatores interagem continuamente durante o todo o desenvolvimento da planta.

Normalmente, as avaliações de variedades das diferentes culturas estão baseadas na parte aérea das plantas. Embora seja a extensão, a distribuição e a atividade das raízes que determinam a quantidade de água e de nutrientes absorvidos, essenciais para o desenvolvimento das culturas, pouco do sistema radicial tem sido estudado, negligencia-se a sua conhecida importância, nas diferentes culturas.

Os métodos de estudo do sistema radicial passaram por certas mudanças ao longo do tempo, tempos atrás eram utilizados métodos subjetivos de avaliação, como contagem visual e decalque; hoje, com o advento dos computadores, máquinas fotográficas digitais, "scanners", programas gráficos e radiação as avaliações são mais acuradas, objetivas e científicas.

O estudo do sistema radicial é muito importante para a compreensão dos diversos fenômenos do desenvolvimento da parte aérea, mas exige procedimentos extremamente criteriosos, pois, além de trabalhoso, seus resultados são influenciados por vários outros fatores, o que dificulta ainda mais sua interpretação.

Neste trabalho foram utilizadas 3 variedades com intuito de determinar desenvolvimento de cada uma delas quando plantadas em diferentes pressões de competição, utilizando dois tipos de materiais para propagação: 1 – toletes com uma gema e um entrenó e; 2 – toletes com três gemas e três entrenós. As variedades são sabidamente diferentes, e não foram comparadas entre si. Foram avaliados o desenvolvimento radicial e da parte aérea em nove épocas.

Se a cana-de-açúcar pode se desenvolver a partir de uma única gema, então seu sistema radicial pode ser estudado em planta isolada ou em maior competição, porque ambos apresentam a mesma capacidade de desenvolvimento radicial, em cana-de-açúcar em ciclo de primeira soca.

Este trabalho teve como objetivo estudar o desenvolvimento radicial em dois sistemas de plantio, tolete com uma gema e toletes com três gemas, em cana-de-açúcar em ciclo de primeira soca.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 PLANTIO E ENRAIZAMENTO INICIAL

O plantio da cana-de-açúcar pode ser efetuado utilizando-se desde toletes de uma gema até a cana inteira (CASTRO, 2001a). Geralmente, plantam-se toletes com três entrenós. Toletes com menor número de gemas têm apresentado maior porcentagem de emergência, possivelmente por possuírem menor dreno preferencial de carboidratos, não ocorrendo competição no entrenó. O plantio da cana inteira se restringe a utilização de colmos mais novos (8-10 meses), podendo haver o levantamento da região apical, pela dominância apical da gema principal.

Os toletes são colocados em sulcos com 25 a 30 cm de profundidade e cobertos com uma camada de terra de 2,5 a 5 cm. Têm-se alocado 15 ou mais gemas por metro linear, para evitarem falhas de plantio e compensar a má qualidade das mudas. Certas condições ambientais afetam a emergência das gemas. As melhores temperaturas para a emergência das gemas situam-se entre 27 e 32 °C, sendo que temperaturas abaixo de 20 °C e acima de 35 °C causam problemas na emergência. A umidade do solo, ótima para emergência encontra-se entre 15 e 25% (CASAGRANDE, 1991).

Os toletes desenvolvem primórdios radiciais superficiais ramificados e posteriormente raízes de fixação, mais profundas e funcionais (BURR et al. 1957). Sob condições favoráveis de temperatura e umidade, a transição de raízes ramificadas para as raízes de fixação inicia 20 dias após a emergência. Aos 90 dias após o plantio a cana-de-açúcar depende exclusivamente das raízes dos perfilhos, sendo que as raízes de fixação perdem sua função; nesse momento, todo o sistema radicial encontra-se distribuído nos primeiros 30 cm de profundidade (BACCHI, 1985; CASAGRANDE, 1991).

A profundidade atingida pelo sistema radicial depende do cultivar e das condições edáficas, chegando a 6 m de profundidade (BACCHI, 1985). As raízes do colmo, mais grossas, penetram lentamente no solo, inicialmente, para aumentar a velocidade com o crescimento, declinando posteriormente. Com 2 a 3 meses do plantio, o sistema radicial encontra-se bem desenvolvido, devendo-se evitar a utilização de práticas culturais destrutivas nas entrelinhas (CASTRO, 2001a).

Mello Ivo (1999) comenta que as raízes da cana têm um desenvolvimento restrito nos primeiros estágios do desenvolvimento da planta, sendo a superfície absorvente pequena, até que apareçam as primeiras folhas e o desenvolvimento das raízes a partir dos brotos seja acelerado. Nos primeiros trinta dias da brotação

das gemas as plantas vivem da reserva do tolete e do suprimento de água e nutrientes feito pelas raízes em desenvolvimento. Inicialmente a planta utiliza as raízes originadas dos primórdios radiciais situados na zona radicial do tolete plantado (Figura 01), e só a partir do primeiro mês, até o final do segundo, há um período de transição no qual o abastecimento modifica-se, passando a ser feito pelas raízes dos perfilhos. Aproximadamente depois do terceiro mês, o abastecimento é quase que exclusivamente via raízes dos brotos (HUMBERT, 1974). Porém, segundo Clements (1980), dependendo das condições, nem todos os primórdios radiciais são eliminados, alguns deles podem produzir raízes. Embora as raízes dos primórdios possam vir a ser, em algumas situações, longas e ramificadas, e persistirem por um longo tempo, sua boa condição parece não ser fundamental para o bem estar da parte aérea em crescimento, já que esta desenvolve suas próprias raízes.

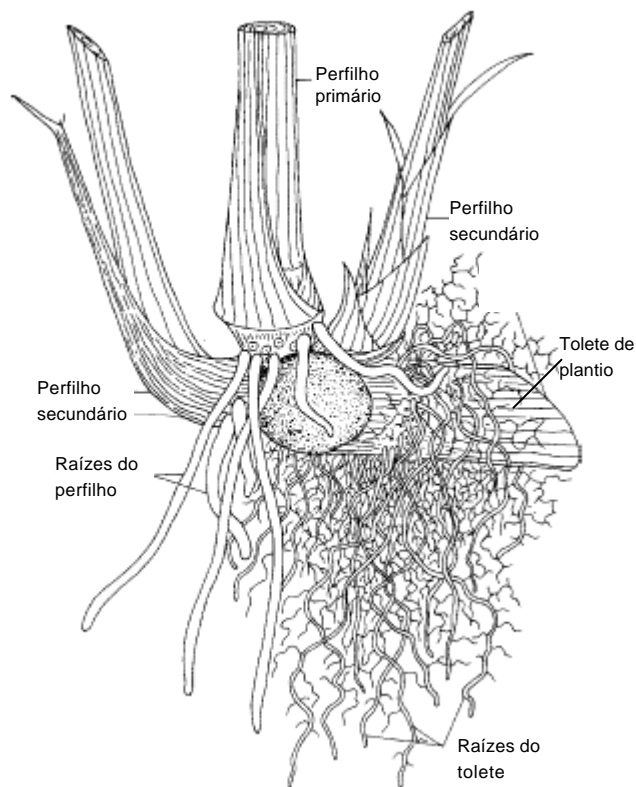


Figura 01 – Representação esquemática do sistema radicial inicial em cana planta, mostrando o desenvolvimento das raízes do tolete a partir do nó (primárias) e o desenvolvimento das raízes (secundárias) a partir da base dos perfilhos (BLACKBURN, 1984).

O desenvolvimento das raízes primárias é excepcionalmente importante na produção de mudas em viveiros, segundo Morgado (2000), que estudou o

desenvolvimento das raízes primárias em diferentes substratos, determinou que o substrato que proporciona melhor desenvolvimento destas raízes é composto por 70% de bagaço de cana e 30% de torta de filtro, tratamento que apresentou 25% mais matéria seca que o segundo tratamento, blocos prensados de origem finlandesa.

2.2 DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA RADICAL

Na cultura da cana-de-açúcar, o sistema radicial é muito peculiar em função das características desta gramínea semi-perene (DILLWIJN, 1952; HUMBERT, 1974, CLEMENTS, 1980). Para Fernandes (1985), a cana-de-açúcar apresenta duas características distintas quanto ao seu desenvolvimento, é semi-perene por permanecer quatro anos ou mais na mesma área, mas como planta não deixa de ser anual, considerando cada um dos ciclos que a cultura pode atingir, em função de seu manejo.

Estudos clássicos sobre distribuição do sistema radicial da cana, citados por Bacchi (1985), evidenciam a existência de três tipos básicos de raízes na cana: (1) Raízes superficiais, ramificadas e absorventes; (2) Raízes de fixação mais profundas; e (3) Raízes cordão, que podem atingir até 6 metros de profundidade. A proporção de cada tipo de raiz no sistema radicial depende do cultivar, das propriedades física e química do solo e da umidade. Cada perfilho apresenta um sistema radicial próprio, de forma que enquanto houver emissão de perfilhos, ocorre aumento no volume de raízes. Esse volume tende a se estabilizar, havendo posteriormente apenas uma renovação das raízes velhas, que vão morrendo.

Evans ^{1, 2}, citado por Humbert (1974), dividiu as raízes em quatro classes, de acordo com o diâmetro, comprimento e superfície: classe I consiste em raízes fibrosas; classe II referem-se as raízes com menos de 1 mm de diâmetro; classe III em raízes de 1 a 2,5 mm de diâmetro, e classe IV em raízes de mais de 2,5 mm de diâmetro.

A maior ou menor proporção de um tipo de raiz em relação ao outro (de sustentação ou de absorção) é característica herdada geneticamente. *Saccharum spontaneum* dá grande contribuição na formação de raízes de sustentação dos

¹ EVANS, H. **Investigation as the root system of sugar cane varieties.** Sugar Cane Research Station Mauritius, Bulletin n.6, 1935

² EVANS, H. **Some data on the effect of late heavy dressing of nitrogenous fertilizer on the growth and metabolism of sugar cane in Mauritius.** Sugar Cane Research Station Mauritius, Bulletin n.10, 9p. 1936.

modernos híbridos, e, portanto, à maior estabilidade de produção das soqueiras, enquanto *Saccharum officinarum* apresenta sistema radicial superficial, muito sensível aos vários estresses que podem ocorrer, sejam hídricos, nutricionais, bióticos ou abióticos, por exemplo, (MATSUOKA, 1996).

São vários os fatores que influem no desenvolvimento do sistema radicial da cana-de-açúcar, dentre eles as características varietais, a umidade do solo, a porosidade do solo, a massa específica do solo, determinadas condições químicas do solo e seu manejo são citados por NEGI et al. 1972 e CASAGRANDE, 1991.

Segundo Evans ³, citado por Casagrande (1991), as raízes superficiais provenientes dos primórdios radiciais dos toletes são mais finas que as subseqüentes emitidas dos nós situados mais acima do perfilho. As raízes primárias acabam por se desenvolver na camada superficial do solo.

As raízes secundárias são vigorosas e raramente se ramificam durante o início do desenvolvimento, sendo mais comum a ramificação quando o crescimento em alongamento é completado; ramificação de primeira e segunda ordem, aparecem, sendo raras as de terceira ordem; tais raízes são densamente cobertas por pêlos absorventes, o que lhes conferem maior superfície de absorção; em condições de solo com umidade adequada, o sistema superficial fornece para a planta a maior quantidade de água e a maior parte dos elementos minerais; em caso de condições desfavoráveis de umidade do solo, os perfilhos devem contar com as raízes mais profundas para absorção de água e nutrientes. As raízes de fixação originárias dos nós do perfilhos são brancas e suculentas e dirigem-se para baixo, seguindo um ângulo de 45-60°. Conforme a direção de seu crescimento e da natureza de sua ramificação, Evans ¹ conclui que, em geral, a absorção destas raízes se dá até certo grau. O sistema de raízes em cordões e as outras raízes profundas são caracterizadas por se aprofundarem verticalmente no solo, podendo formar feixes de 15 a 20 raízes.

Uma prova da influência dominante das condições do solo a diferenciação de raízes foi também observada por Evans ^{1, 2, 3}, citado por Casagrande (1991) verificando que a subsolagem afetava a natureza das raízes de fixação de uma forma flagrante; elas eram tão modificadas que pareciam quase idênticas às raízes superficiais. Isto indica que as características morfológicas típicas das raízes de fixação não lhe são inerentes, mas são causadas pela natureza do subsolo no qual elas se desenvolvem.

Stevenson e McIntosh (1935) e Stevenson (1936), não conseguiram detectar raízes mais profundas nos solos (raízes cordões), destacando o fato de que todas as

³ EVANS, H. The root-system of the sugar cane III. The early development of the root-system of sugar cane in Mauritius. **Emp. J. Exp. Agron.**, n.4, p.325-331, 1936.

raízes são fundamentalmente de um só tipo, e que sua diferenciação é posterior, devido às condições nas quais se desenvolve (ambiente de produção).

Não obstante, Paz-Vergara et al. (1980), apresentaram um indício da influência do ambiente na morfologia radicial, verificaram que para a cana-de-açúcar as irrigações abundantes com intervalos maiores de aplicação induzem o desenvolvimento radicial profundo, enquanto irrigações leves e freqüentes promovem o desenvolvimento radicial na superfície.

A cana-de-açúcar é uma planta de alto consumo de água. Sousa (1976) relata que para produzir uma tonelada de biomassa a cana precisa utilizar 116 toneladas de água. Dillewijn (1952) encontrou valores de 250 partes de água para formar uma parte de matéria seca na planta.

Hudson (1969) relata que solos de áreas com altas produtividades de cana-de-açúcar tinham grande capacidade de armazenamento de água e davam suporte para elevada densidade de raízes no subsolo e, conseqüentemente elevada produtividade.

Isto significa, de acordo com Baran et al. (1974), que a produção de cana pode ser mais econômica em um solo com média fertilidade, mas com alta disponibilidade de água que permita o desenvolvimento das raízes em profundidade, do que, em um solo com alta fertilidade mais baixa disponibilidade de água, não promovendo o crescimento radicial em profundidade, concentrando-o na superfície.

Para Rosolen (1994), quem define a profundidade das raízes da cana-de-açúcar é a água, relatando que a sobrevivência das raízes varia durante o ano agrícola em função das chuvas, quando ocorre veranico e a superfície seca, aumentam então as raízes em profundidade, e as raízes só ficam vivas onde existe umidade, sendo metabolicamente mais eficaz para a planta, eliminar as raízes no período de "stress" hídrico e quando voltar a chover, desenvolver novas raízes.

Aguiar (1978), em estudo do sistema radicial da variedade CB41-14, em Latossolo Vermelho Escuro - fase arenosa, coletou raízes vivas e mortas às profundidades de 0-20 cm; 20-40 cm e 40-60 cm, durante o ciclo da cana planta, e verificou que a distribuição das raízes se modificava no perfil, como conseqüência das condições de umidade. Observou que o máximo de formação das raízes aparentemente vivas se deu de dezembro a março à profundidade de 0-20 cm, de julho a outubro à profundidade de 20-40 cm e de maio a outubro à 40-60 cm, apontando também que as raízes superficiais foram as primeiras raízes a morrerem durante o período de estiagem, mas são as primeiras a se renovarem durante o período das chuvas. Observou também que no período da seca havia predominância de raízes aparentemente mortas em relação às vivas; tão logo

começava o período de chuvas havia uma renovação no sistema radicial, com predominância de raízes aparentemente vivas; tão logo iniciava o período de maturação, ocorria novamente morte de raízes, chegando ao final do ciclo, época de safra e seca, com o sistema radicial quase todo morto. Isto demonstrou que a cana não forma um sistema radicial definitivo, há alternância de raízes vivas e mortas, durante o ciclo da cultura.

As raízes dos híbridos de cana-de-açúcar se desenvolvem em sua grande maioria nos primeiros 60 a 80 cm do solo (INFORZATO e ALVAREZ, 1957; SOUSA, 1976; DILLEWIJN, 1952), mas aquelas de sustentação podem atingir alguns metros de profundidade (INFORZATO e ALVAREZ, 1957; MONGELARD, 1969; BARAN et al. 1974; THOMPSON, 1976). Além do efeito genético, a distribuição e penetração das raízes estão correlacionadas com a densidade aparente do solo, temperatura, teor de água do solo, aeração, pH, quantidade e distribuição de nutrientes, substâncias tóxicas presentes, patógenos, etc. Além disso, todos esses fatores atuam em interdependência e com interações, nas mais variadas combinações e níveis (ALMARAS et al. 1988).

Mohan-Singh e Agrawal (1984), estudando raízes da soqueira da cana planta, observou que as raízes contribuíram com aproximadamente 3,9 t de massa seca/ha, produzindo 29 kg de N; 3,7 kg de P_2O_5 ; 31,2 kg K_2O ; 1,48 kg Na; 7,8 kg Ca; 8,12 kg Fe; 1,08 kg Mn; 0,07 kg Cu e 0,1 kg Zn/ha.

A importância do manejo da cultura sobre o desenvolvimento radicial da cana-de-açúcar e seu efeito sobre a produtividade agrícola é bem evidenciado por Rosolen (1994), ressaltando alternativas de práticas de manejo que favorecem o desenvolvimento das raízes, que podem resultar em ganhos de produtividade. Exemplificando, o autor relata que, em média, quando o sistema radicial da cana-de-açúcar fica concentrado nos primeiros 40 cm de solo, a cultura suportaria um estresse hídrico de 8 dias, enquanto que, se a profundidade explorada passasse para 1,10 m o período seco poderia atingir até 22 dias, além de comentar a dinâmica das raízes de cana-de-açúcar na absorção de nutrientes, o comportamento diferenciado das variedades em função de seu sistema radicial, correlacionando o comprimento radicial, em metros, com a absorção de fósforo.

Diversos autores tentaram estimar a idade efetiva da raiz, isto é, o tempo que permanecem ativas para absorção de nutrientes. Em geral os estudos realizados indicam que, possivelmente, a raiz permanece ativa por 5 a 8 dias (BARBER, 1995).

As raízes da cana-de-açúcar têm dificuldades de desenvolvimento a densidades superiores a 1,3 a 1,5 g/cm³ (SILVA e STRINI Jr., 1994; TROUSE JR. e

HUMBERT, 1961; YANG, 1978), obviamente com pequenas diferenças varietais em razão da carga genética diferenciada entre elas. As raízes crescem através dos macroporos do solo (GILL ⁴ e TROUSE JR. ⁵), citados por Fernandes (1979) e Fernandes e Furlani Neto (1981). Quando estes se tornam reduzidos, tanto elas não conseguem se desenvolver na devida medida, como crescem com achatamentos e torções além de reduzido número de radículas (GILL ⁴, citado por FERNANDES e FURLANI NETO, 1981; COSTA LIMA, 1995), que prejudicam a translocação normal de água e nutrientes para a parte aérea, levando a planta a menor desempenho agrícola.

Pesquisa realizada por Trowse Jr. e Humbert (1961) revelaram que, em latossolo pouco húmico do Havaí, no verão, a taxa média de crescimento da raiz em uma densidade do solo de 1,05 foi de 1,75 cm.dia⁻¹, em uma densidade de 1,20 g.cm⁻³ a taxa média foi reduzida para 1,25 cm.dia⁻¹ e em densidade de 1,45 g.cm⁻³ foi menor que 0,25 cm.dia⁻¹. No inverno a taxa de crescimento foi substancialmente menor.

Srivastava (1985), estudando a distribuição da raiz aos 6 meses de idade crescidas em dois níveis de compactação verificou que em nível mais alto de compactação (densidade de 1,70 g.cm⁻³) inibiu totalmente a penetração vertical.

Queiroz-Voltan, Prado e Moretti (1998), amostraram raízes e solos de aproximadamente 70000 ha de cana em latossolos roxo na região nordeste paulista e concluíram que não existem áreas com densidades de solo superiores a 1,23 g.cm⁻³, mas que há uma tendência de as raízes desenvolvidas em solos mais compactados apresentarem uma relação espessura do córtex/espessura do cilindro vascular mais elevada; mesmo que não tenham sido observadas alterações histológicas significativas nestas raízes. Já Vasconcelos e Garcia (2005), afirmam que a densidade do solo em si não diz muita coisa, deve se levar em consideração também a constituição granulométrica (argila, silte, areia fina e areia grossa) do solo e sua dinâmica no perfil. Comentam ainda que em solo com 60% de argila a densidade de 1,45 g.cm⁻³ é muito alta, impedindo o desenvolvimento radicial, porém, para solos com teor de argila em torno de 30%, por exemplo, o valor da densidade de 1,45 g.cm⁻³ seria baixo e não prejudicaria o desenvolvimento radicial.

Estudos de Smith et al. (1999) mostraram que o crescimento da raiz em condições fisicamente limitada (poda de raiz ou desfolhamento) reduziram

⁴ GILL, W. R. Mechanical impedance of plants by compact soils. **Transactions of the ASAE**, n.4, pp. 238-242, 1961.

⁵ TROUSE JUNIOR, A. C. Effects of soil compression on the development of sugarcane roots. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 12., 1965, San Juan. Proceedings... Amsterdam, Elsevier, 1967. p.137-152.

significativamente os pesos totais das plantas, mas não influenciaram a partição da biomassa entre raízes e parte aérea. Estas descobertas sugerem que o crescimento da parte aérea está diretamente relacionado à capacidade funcional do sistema radicial, sugerindo também que sempre ocorrerá um restabelecimento do equilíbrio entre o sistema radicial e a parte aérea.

Quando certa quantidade da parte aérea é removida, observa-se uma aceleração do seu crescimento em relação ao crescimento das raízes, até que um balanço seja novamente encontrado entre fotossintatos, hormônios de crescimento, água e minerais da planta. Da mesma forma, quando parte do sistema radicial é danificado, o crescimento das raízes acelera até que esse balanço seja novamente encontrado (TAYLOR e ARKIN, 1981).

O tráfego de maquinaria no cultivo e, principalmente na colheita, é responsável pela compactação dos solos e conseqüente efeito sobre o normal crescimento das raízes. Trowse Jr. (1967) cita que um campo que em média de vários anos de colheita totalmente manual tinha produzido 132,6 T de cana, caiu para 90 T após dois anos de colheita mecanizada, e para 56 T após três cortes, atribuindo-se isso à compactação causada pelo manejo de corte. No Brasil, os estudos sobre a compactação do solo por pisoteio também demonstraram seus efeitos danosos no desenvolvimento do sistema radicial e, conseqüentemente, na produção. Fernandes (1979) e Furlani Neto (1981), demonstram claramente o efeito danoso da compactação do solo. Estes, dentre outros autores, verificaram que o sistema radicial não consegue se desenvolver através da camada compactada. Silva e Strini Jr. (1994) constataram que, em latossolo vermelho escuro argiloso, o sistema radicial da SP71-6163 pesou o dobro em solo com densidade de $1,10 \text{ g.cm}^{-3}$ em relação a outro com $1,50 \text{ g.cm}^{-3}$ de densidade, e que o peso da parte aérea diminuiu cerca de 40% quando a densidade do solo foi aumentada de $1,30 \text{ g.cm}^{-3}$ para $1,50 \text{ g.cm}^{-3}$. Já a variedade SP70-1143, não sofreu nenhuma redução, ambos os casos numa condição de ausência de déficit hídrico. Esta segunda variedade possui algumas características muito semelhantes de *Saccharum spontaneum*, inclusive do sistema radicial, enquanto a outra tem o sistema radicial mais frágil.

Outra operação que pode afetar o desenvolvimento do sistema radicial desta cultura, já no seu estabelecimento é a sulcação; os resultados de Salata et al. (1987), mostram que o sulcador com escarificação do fundo do sulco proporcionou melhores condições para o desenvolvimento do sistema radicial quando comparado ao sulcador convencional. Este mesmo estudo com cinco variedades de cana-de-açúcar, associado com três diferentes sistemas de sulcação em um solo de textura arenosa

média, constatou que, para a cana-planta com 16 meses, 17 a 20 % do sistema radicial se encontram na camada de 25 a 65 cm.

O crescimento e a distribuição das raízes da cana variam acentuadamente com a idade da planta. De modo geral, até o 6^o. mês o crescimento das raízes é lento, aumentando rapidamente, até atingir o desenvolvimento máximo ao redor do 12^o. mês, podendo então diminuir com a idade (LEE, 1926; INFORZATO e ALVAREZ, 1957; ROSTRON, 1974).

Observa-se que existe grande interação entre as práticas de manejo, as características genéticas e o desenvolvimento do sistema radicial da cana-de-açúcar e sua produtividade. Vasconcelos (1998), utilizando o método da trincheira, em um Latossolo Vermelho Escuro álico, textura argilosa, determinou que o desenvolvimento do sistema radicial da cana planta é extremamente dependente do genótipo estudado, tanto em quantidade total, como em distribuição no perfil do solo, encontrando uma correlação positiva entre a matéria seca das raízes e o desenvolvimento da parte aérea (altura de colmos) por ocasião da colheita.

Alvarez, Castro e Nogueira (2000) relataram que no primeiro ano de determinação a distribuição quantitativa do sistema radicial (matéria seca) mostrou-se superior na cana crua (colheita mecanizada) em relação à cana queimada (colheita manual), enquanto que, no segundo ano, o resultado foi inverso. Ainda segundo estes autores, nas camadas de solo exploradas, não se observaram diferenças significativas na distribuição de raízes da cana crua, comparando-se à cana queimada, com exceção da profundidade de 60-80 cm no segundo ano de estudo.

São três as principais formas que as raízes influenciam a produtividade, segundo Smith, Inman-Barber e Thorbourn (2005): suprimento mineral; trocas gasosas, assimilação de gases e economia de carbono da planta; e partição de assimilados com outras partes da planta (na rebrota).

Os atributos químicos do solo também são de grande importância para o desenvolvimento do sistema radicial, também se deve lembrar que a adaptação das variedades a ambientes de produção A,B,C,D e E, bem como sua tolerância a elementos tóxicos são características estudadas, e importantes na locação de variedades em tais ambientes (VASCONCELOS e GARCIA 2005). Demattê (2005), afirma que em solos eutróficos a cana-de-açúcar possui produtividade semelhante a outras classes de solo, porém, superior. A explicação para tal fato, segundo o autor, seria que nos solos eutróficos, que apresentam saturação por bases superior a 50% em profundidade, independentemente dos valores de CTC, a exploração radicial se faz em maior volume de solo, captando, assim, mais nutrientes e água. Além disso, a

saturação por bases favorece maior disponibilidade de nutrientes assim como disponibiliza melhor os fertilizantes aplicados nestes solos, como nitrogênio, fósforo, potássio e micronutrientes. O Ca^{++} deve ser considerado nutriente importante em programas de adubação, segundo Pearson (1996) e Demattê (2005), este nutriente evita que as raízes percam sua propriedade de semi-permeabilidade, o que impediria a absorção de outros minerais. Em trabalho no Brasil Central, Ritchey et al. ² (1981 citado por DEMATTÊ, 2005) observaram que após a calagem houve uma redistribuição do Ca^{++} até os 110 cm de profundidade e, ao mesmo tempo, houve uma tendência de distribuição das raízes de trigo em função destes teores de Ca^{++} , tanto no primeiro ano como no quarto ano.

Trabalhando na calibração de gesso e de calcário em solos de textura média, baixa capacidade de troca de cátions (CTC), na cultura de cana-de-açúcar, Morelli et al. ³ (1987 citado por DEMATTÊ, 2005) encontraram a mesma correlação entre cálcio e sistema radicial. Após 27 meses de instalação do experimento, o tratamento com gesso ($2,8 \text{ T.ha}^{-1}$) o de mais alta produtividade neste experimento, indicou a distribuição do Ca^{++} e das raízes até 150 cm de profundidade, em que as raízes não mostravam uma distribuição padrão, e praticamente 80% do sistema radicial estaria na camada de 20 cm de profundidade. Neste caso, na camada superficial estavam presentes cerca de 36% de raízes, enquanto na profundidade de 26 a 75 cm havia uma concentração de 36,7% de raízes. Surpreende a constatação que na profundidade de 100 a 150 cm a quantidade de raízes era de 19%.

2.3 DESENVOLVIMENTO DA PARTE AÉREA

2.3.1 Perfilhamento

Segundo Terauchi e Matsuoka (2000), a planta da cana-de-açúcar é particularmente interessante: suas primeiras folhas têm vida mais curta que as posteriores e têm função precípua (PRIBERAM, 2006) de formar gemas para a preservação da planta em ciclos sucessivos (dos estolões), e para perfilhamento, pois as gemas basais dos colmos é que formarão novos colmos. Desta forma, os nós com

² RITCHEY, K. D.; SILVA, J. E.; SOUZA, D. M. G. Lixiviação de cálcio e crescimento de raízes em solos de cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 18., 1981, Salvador. **Anais..** Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1981.

³ MORELLI, J.; NELLI, E.; DEMATTÊ, J. L. I. Efeito do gesso e do calcário nas propriedades químicas de solos arenosos álicos e na produção de cana-de-açúcar. **Revista STAB – Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v. 6, 1987.

suas respectivas gemas se formam um após outro, em intervalos curtos, praticamente, não formando células de armazenamento entre eles, como é o normal na parte aérea dos colmos. Tal característica confere à cana o perfilhamento, o processo de emissão de colmos, rebentos ou hastes por uma mesma planta mãe; recebem também a denominação de perfilhos. Ele ocorre a partir das gemas basais subterrâneas e varia de espécie para espécie, cultivares dentro de uma mesma espécie, e manejo cultural.

Machado et. al. (1982), Rocha (1984) e Prado (1988), dentre outros, observaram que durante o ciclo da cana-de-açúcar ocorre queda do número de colmos, com o máximo obtido nos meses de setembro, outubro e novembro e com queda brusca em janeiro, desde então decrescendo mais lentamente até a época de colheita. Além do efeito genético, isso varia com a época de plantio ou colheita, neste segundo caso para as soqueiras, e de inúmeros outros fatores ambientais, direta ou indiretamente.

A capacidade de perfilhamento e a sobrevivência dos perfilhos são aspectos importantes, pois são características que apresentam grande correlação com a produtividade agrícola (JAMES, 1971; MARIOTTI, 1971).

O número de perfilhos varia conforme a cultivar, dependendo das suas características genéticas. Por exemplo, a espécie *S. officinarum* apresenta baixo perfilhamento, transferindo essa característica a seus híbridos, enquanto *S. spontaneum* é de alto perfilhamento (STEVENSON, 1935). No processo seletivo para obtenção de novas variedades, normalmente eliminam-se os genótipos que apresentem tanto excesso, como baixo perfilhamento, por fugirem às características desejadas comercialmente.

O processo de perfilhamento é regulado pela auxina que é formada no topo e que desce em fluxo contínuo em direção à base. A auxina exerce nesse caso um duplo efeito: alongamento do colmo e o impedimento do desenvolvimento das gemas laterais (dominância apical). Com alta luminosidade o fluxo de auxina diminui e observa-se então decréscimo no grau de inibição das gemas laterais, o que resulta numa maior formação de perfilhos (CASAGRANDE, 1991).

A baixa luminosidade tende a reduzir o perfilhamento da planta, segundo Bezuidenhout et al. (2003). Christoffoleti (1986) relata que plantas que foram deixadas em casa-de-vegetação, com baixa luminosidade, apresentaram perfilhos mortos, o que não ocorreu quando a mesma cultivar foi plantada em ambiente com luminosidade maior.

Machado (1987) comenta que a mortalidade dos colmos coincide com o período em que o índice de área foliar (IAF) aumenta rapidamente sugerindo, que

além da competição por água e nutrientes, o sombreamento é um dos fatores mais importantes na determinação deste comportamento.

O perfilhamento também aumenta com o aumento da temperatura até o máximo ao redor de 30°C (CASAGRANDE, 1991). O efeito de temperaturas menores no perfilhamento foi relatado por Inman-Bamber (1994). Segundo este autor, em temperaturas próximas aos 16 °C ocorreria uma estabilização no número de perfilhos.

Por outro lado, os nutrientes mais necessários para bom perfilhamento são o N e o P (DILLEWIJN, 1952; MALAVOLTA et. al., 1967; CLEMENTS, 1980). Especialmente o P, é um elemento essencial para o bom perfilhamento, como foi relatado em muitas gramíneas (RODRIGUEZ et al., 1999).

Em cana-de-açúcar a longevidade de soqueiras é outra característica de alta importância para a economicidade da agroindústria. Essa característica tem alta dependência da capacidade de perfilhamento, especialmente em lavouras de alta tecnologia, sujeitas a intenso tráfego de veículos e máquinas (MANTOVANI, 1987).

Tokeshi (1986) ressalta que na curva de perfilhamento da cana-de-açúcar o seu ponto máximo ocorre, em geral, entre quatro e seis meses em cana planta. Quando os perfilhos maiores atingem em torno de 50 cm de altura do colarinho da folha +1, inicia-se a concorrência por luz, água e nutrientes dentro e entre plantas. A tendência é de estabilizar-se o número de perfilhos e mais tarde, com o crescimento dos colmos dominantes, o seu número decresce com a eliminação dos mais fracos, doentes e mal posicionados.

Ao estudar as características ideais de crescimento de cultivares de cana-de-açúcar, Terauchi et al. (1999) e Terauchi e Matsuoka (2000), relatam que o rápido crescimento inicial, responsável por um fechamento do dossel, é uma característica importante para a cultura. Segundo os mesmos autores, o ideal seria um rápido crescimento dos colmos, promovendo fechamento do dossel, com um baixo número de perfilhos por área, assim, a massa seca dos perfilhos formados seria maior, devido à diminuição da competição intra-específica. Nesse sentido Ramesh e Mahadevaswamy (2000), estudando o efeito da seca nas diferentes fases do ciclo da cana-de-açúcar, constataram que os cultivares que perfilham menos, além de apresentarem menores porcentagens de mortalidade de perfilhos, apresentaram perfilhos com maior estatura, maior diâmetro de colmo e maior massa seca, indicando que estes cultivares têm correlação positiva com os cultivares mais produtivos.

Segundo Alvarez e Castro (1999) o perfilhamento da cana crua não apresenta diferenças significativas que confirmem a influência negativa da palha na rebrota desta quando comparada ao perfilhamento da cana queimada, indicando que a temperatura do solo coberto com palha não afeta o desenvolvimento da cultura.

2.3.2 Numero de Folhas (NF) e Área Foliar (AF)

A folha é o órgão responsável pela produção fotoassimilados que garantem o desenvolvimento vegetal, através da fotossíntese, fenômeno essencial para a sobrevivência das plantas, que quando bem nutridas proporcionam uma boa produtividade (HERMANN e CÂMARA, 1999). A determinação da área foliar (AF) é de extrema importância, pois, associando-a com outros parâmetros, pode-se observar o comportamento da cana-de-açúcar nos diversos ambientes, e assim relacionar a cultivar com seu potencial produtivo, produção de massa seca e açúcar, em condições ambientais específicas (PEREIRA e MACHADO, 1986; 1987).

Após a germinação inicia-se o desenvolvimento das folhas, que são responsáveis diretas pela transformação da energia solar em energia química através da fotossíntese. Cada colmo produz uma nova folha a cada 10 dias aproximadamente (GLASZIOU et al. 1965), e devido à senescência e queda das folhas mais velhas observa-se o número praticamente constante, de 8 a 10 folhas por colmo, após o fechamento do dossel (MACHADO, 1981).

As folhas são os órgãos responsáveis por 90% da massa seca acumulada nas plantas (BENINCASA, 1988). Miocque (1999) e Ido (2003), relatam que o período de maior crescimento da área foliar pode ser observado entre os meses de dezembro a março.

Matsuoka (1996) diz que na lavoura, o que determina a produtividade final é a arquitetura do dossel da cultura, dada pela conjunção da arquitetura de cada planta que a compõe. Assim, a arquitetura do dossel da cultura é resultado da arquitetura da cultivar, da densidade populacional e do arranjo espacial das plantas.

Inman-Bamber (2004) cita que as temperaturas elevadas em períodos de estresse hídrico causam a diminuição da área foliar, pois aceleram o processo de senescência das folhas verdes. De acordo com Maule et al. (2001), a disponibilidade de água no solo governa a produção vegetal, sendo que sua falta ou seu excesso afeta de maneira significativa o desenvolvimento da área foliar da cana-de-açúcar. Colaborando nesse entendimento, Wahid (2004) relata que o crescimento da área foliar também pode ser restringido quando genótipos sensíveis são cultivados em solos com maior salinidade, pois ocorre uma redução na massa seca das folhas e a diminuição da área foliar.

Os métodos utilizados comumente para determinação da área foliar de uma cultura normalmente são destrutivos, complexos e demorados. O mais rotineiramente utilizado é o desenvolvido por Francis et. al. (1969), que consiste em fazer a medição de todas as folhas da planta e determinar a AF através de uma fórmula que leva em

consideração a largura e o comprimento da folha, e um fator de correção. Porém Hermann e Câmara (1999) propuseram uma fórmula para a determinação da AF, já que o anterior era destrutivo e trabalhoso. O novo método apresentou boa correlação com aquele de Francis et. al. (1969).

A grande vantagem deste método é a facilidade e rapidez de obtenção dos dados quando comparado ao de Francis et. al. (1969). Quando se dispõe de mais recursos, modernos equipamentos permitem medidas diretas, dispensando tais medidas indiretas.

2.3.3 Estatura

Ao estudar a influência de produção de colmos e seus componentes, Barbosa et al. (2002), relatam que a estatura de colmos tem correlação positiva com a produtividade, ou seja, genótipos com altura de colmo maior teriam a tendência de maior produção de massa por colmo, conseqüentemente, maior produtividade. Confirmando assim, as afirmações feitas Miocque (1999), ao identificar que altura do colmo teve correlação positiva com a produtividade. Ido (2003), ao estudar cultivares de cana-de-açúcar, plantados em Rizotron, observou que o período de maior crescimento em estatura para a cultura ocorreu entre os meses de dezembro a março. Portanto, nos meses mais quentes como cita Casagrande (1991). Esses resultados confirmam os observados por Miocque (1999), que identificou o período de novembro a fevereiro, como sendo o período de maior crescimento para a cultura.

2.4 WINRHIZO

O WinRhizo é um software especificamente projetado para estimar as dimensões de raízes, dentre elas medidas como comprimento, comprimento por classe de diâmetro, diâmetro, superfície específica, volume, número de pontas, número de forquilhas, comprimento de raízes primárias, secundárias, terciárias, etc.

Os programas de computador e os aparelhos utilizados nos últimos anos tornaram as medidas mais rápidas, mais acuradas e menos subjetivas, segundo Costa et al. (2002). Mas, segundo tal autor, mesmo com todo este avanço, tais medidas das raízes ainda são trabalhosas e consomem tempo.

Em alguns casos são utilizados outros programas e equipamentos para auxiliar no processo de medição, principalmente em casos que não é possível a utilização

deste modelo. Oppelt et al. (2000) utilizou o aparelho TECTRONIC 4000 para medir o comprimento das raízes grossas de frutíferas *in situ*, para diâmetro utilizou PM 200. Em seguida, alimentou o programa GROGRA 3.2 com os dados obtidos, gerando então um mapa em três dimensões do sistema radicial das fruteiras, com as estimativas de densidade radicial nos quadrantes do solo, classificação das raízes, etc. As amostras de solo que o autor retirou foram lavadas digitalizadas com scanner e analisadas no WinRhizo.

Wells, Glenn e Eissenstat (2002) trabalharam de forma semelhante, abriram as trincheiras, filmaram as raízes no perfil, durante o período de estudo, digitalizaram as imagens e analisaram com o programa ROOTRACKER, na última avaliação ele retirou amostras do perfil e analisou no WinRhizo.

A relação entre a densidade das raízes na bandeja de digitalização e a resolução utilizada pelo scanner foi objeto de estudo de Vamerli et al. (2003). Derner et al. (2001), também lembrou que este é um fator importante a ser considerado. Vamerli et al. (2003), concluiu que a resolução mínima a ser utilizada para o trabalho de medição de raízes é de 300 dpi, ou $118 \text{ pixel cm}^{-1}$, para poder captar as raízes mais finas, com $100 \mu\text{m}$ de diâmetro. Resoluções mais altas requerem melhor trabalho de limpeza e maior capacidade do computador, para retornarem resultados mais confiáveis.

Ortiz-Ribbing e Eastburn (2003) utilizaram um pedaço de madeira com medidas conhecidas, calculadas matematicamente, e comparou dois métodos de captura de imagem (digitalização), utilizando uma câmera fotográfica (SONY 10X Digital Mavica MVC – FD₇) e um scanner EPSON EU22. Ambas imagens foram analisadas pelo WinRhizo. Tais autores observaram que na avaliação do comprimento, o material estudado teve sua estimativa 1,85% maior na aplicação do scanner, enquanto que na utilização da câmera, o valor foi subestimado em 3,9%. Na análise de superfície específica as diferenças entre os valores estimados em scanner e câmera são de 5,4% e 134,54%, respectivamente. Também observou-se no diâmetro médio as diferenças de 4,3% para o uso do scanner e 144,4% para o uso da câmera. Não obstante, as medidas de volume apresentaram valores de 10,5% (scanner) e 475,6% (câmera) diferentes do valor real calculado matematicamente. É clara a diferença entre os métodos, e evidente que o scanner produz uma imagem digital mais real, comprovada estatisticamente, pois os resultados de comprimento, superfície específica, volume e diâmetro estão próximos daqueles calculados matematicamente.

Outros programas também são utilizados, como TRUEROTVIEW (WANG et al., 2004), ROOTEDGE (HIMMELBAUER, LOISKANDL, KASTANEK, 2004) que roda com plataforma DOS, e segundo Himmelbauer, Loiskandl e Kastanek (2004), é tão

eficiente quanto o próprio WinRhizo. IDO (2003), também cita DELTA T SCAN como pacote de programas para determinações de medidas de raízes.

3 METODOLOGIA

3.1 LOCAL DO EXPERIMENTO

O experimento foi instalado na Estação Experimental de Paranaíba, pertencente ao Setor de Ciências Agrárias da UFPR, localizada na Região Noroeste do Estado do Paraná, no Município de Paranaíba, nas coordenadas de 22° 55' S e 52° 27' W, com altitude de 470 metros.

3.2 SOLO

O solo da Estação Experimental de Paranaíba é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico, com relevo suave ondulado são solos profundos, formados a partir de materiais derivados de arenitos, com seqüência de horizontes A, B, C pouco diferenciados, coloração vermelha escura, porosos, muito friáveis, fortemente drenados, baixa fertilidade natural, ácidos, mas de baixo a médio teor de alumínio trocável e saturação de bases baixa (EMBRAPA, 1999; PRADO 2003), cujas características granulométricas e químicas estão apresentadas na Tabela 01.

TABELA 01 – Resultados das análises química e granulométrica, Estação Experimental de Paranaíba, SCA-UFPR, 1999.

| Camada | Química | | | | | | | Física | | | |
|----------|-------------------|--------------------------|--------|------------------|------------------|----------------|---------------------|--------------------|-------|-------|--------|
| | pH | Al ³⁺ | H + Al | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | K ⁺ | P | C | Areia | Silte | Argila |
| | CaCl ₂ | cmol.c. dm ⁻³ | | | | | mg.dm ⁻³ | g.dm ⁻³ | % | | |
| 00-20 cm | 5,20 | 0,0 | 2,37 | 1,15 | 0,85 | 0,15 | 8,00 | 9,19 | 82 | 1 | 17 |

Análise realizada no laboratório de Análise de Solos do Departamento de Solos – UFPR.

3.3 CLIMA

O clima da região é o Cfa, segundo a classificação de Köppen, apresenta clima subtropical, temperatura média no mês mais frio inferior a 18° C (mesotérmico) e temperatura média no mês mais quente acima de 22° C, com verões quentes, geadas pouco freqüentes e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, contudo sem estação seca definida, precipitação média anual de 1.300 a 1.400 mm (IAPAR,1994). O comportamento do clima no período do trabalho é indicado na Figura 02.

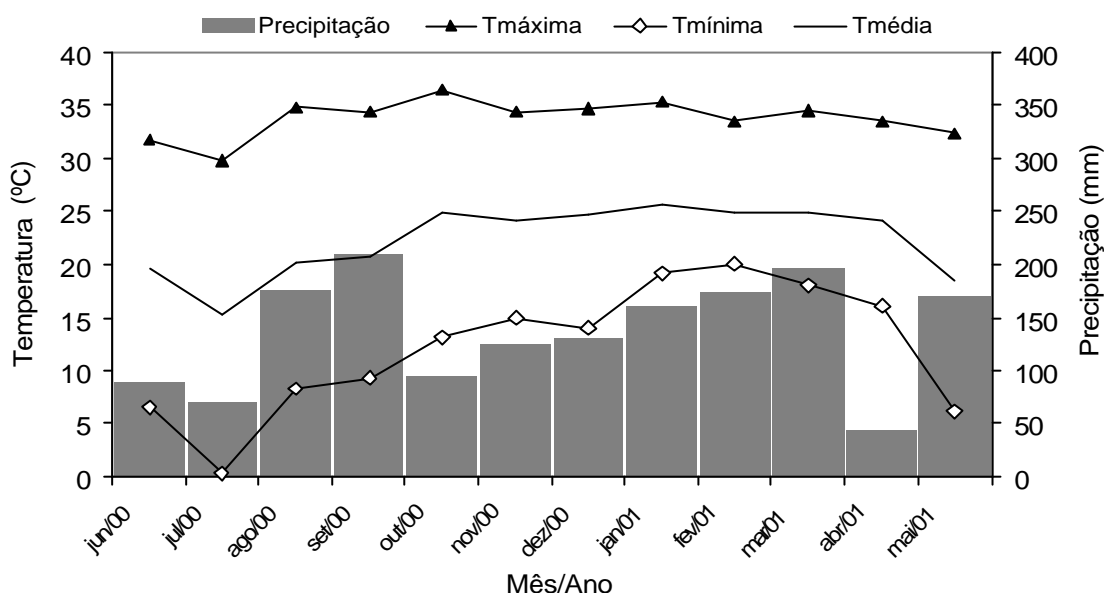


FIGURA 02 – Precipitação mensal (mm), temperatura máxima (°C), temperatura mínima (°C) e temperatura média (°C) nos meses de junho de 2000 a maio de 2001. Estação Meteorológica IAPAR-SIMEPAR, Município de Paranavaí, PR.

3.4 O EXPERIMENTO

Com a intenção de determinar o desenvolvimento da cana-de-açúcar quando plantadas em diferentes pressões de competição, utilizando dois tipos de materiais para propagação: 1 – toletes com uma gema e um entrenó e; 2 – toletes com três gemas e três entrenós. Foram utilizadas 3 variedades (RB835486, RB855536 e SP80-1842), que não foram comparadas, pois as variedades são sabidamente diferentes.

3.5 VARIEDADES

Foram utilizadas três variedades de cana-de-açúcar, que estão dentre as mais cultivadas e recomendadas para o Paraná: RB835486, RB855536 e SP80-1842.

A variedade RB835486 tem como progenitores (L60-14 X ?), apresenta germinação e perfilhamento regulares, bom fechamento de entrelinhas, brotação de soca regular, mas sempre com boa produção de colmos, pouco exigente em solos, maturação precoce, muito rica em açúcar, intermediária tolerância à ferrugem e ao carvão. A variedade RB855536 tem como progenitores (SP70-1143 X RB72454), apresentando boa germinação e perfilhamento, rápido fechamento de entrelinhas, excepcional brotação de soca, porte ereto, sem restrições de solos, maturação média, com alto teor de açúcar e boa estabilidade, resistentes às principais doenças, com exceções das estrias-vermelhas e mancha anelar (MATSUOKA et al., 1997); (MATSUOKA et al., 1998); (ARIZONO et al., 1999). A variedade SP80-1842 tem como progenitores (SP70-1088 X H57-5028), perfilhamento médio, fechamento de entrelinhas médio, excelente brotação de soqueiras, porte ereto, maturação precoce, baixa exigência em solos, rica e com boa estabilidade, resistente ao carvão e a ferrugem, intermediária à escaldadura e ao raquitismo das soqueiras. (COPERSUCAR, 1993).

3.6 INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO

3.6.1 Cana Planta

Em solos que anteriormente eram ocupados por cana-de-açúcar, foi realizada calagem conforme análise de solo. O preparo do solo foi feito no sistema convencional usado para a cana-de-açúcar com uma aração e duas gradagens.

O plantio foi realizado no dia 06 de abril de 1999 com adubação de base no sulco de plantio conforme análise do solo. As mudas utilizadas vieram de viveiros da própria Estação com 10 meses de idade.

Os tratamentos culturais foram realizados para manter o canal limpo, com aplicação de herbicidas em pré-emergência e capinas manuais quando necessário.

As mudas foram plantadas de duas formas (tratamentos): 1 - Gema – tolete de um entrenó com uma gema pré-germinada em casa de vegetação, levadas a campo e plantadas na densidade de uma gema por metro linear de sulco. As falhas foram eliminadas com replantio, mantendo assim a densidade desejada. O espaçamento

utilizado entrelinhas foi de 1,40 m; e 2 - Tolete – foram utilizados toletes selecionados com três gemas e três entrenós cada, plantados a uma densidade de 18 gemas por metro linear de sulco. O espaçamento utilizado entrelinhas foi de 1,40 m.

3.6.2 Cana Soca

A palha oriunda do ponteiro da cana planta foi retirada da lavoura para evitar qualquer tipo de influencia que poderia causar.

Após o corte da cana-planta, realizado no dia 27 de junho de 2000, foi feita a adubação de soqueira com 600 Kg.ha⁻¹ de 20-00-20 em cobertura.

O controle de plantas daninhas foi realizado com capinas manuais.

3.7 AVALIAÇÕES

Foram realizadas avaliações do sistema radicial e da parte aérea da cana-de-açúcar em ciclo de primeira soca em nove épocas. A cada avaliação foi utilizado o método destrutivo, onde as touceiras foram retiradas inteiras do campo para as determinações necessárias.

Na avaliação A foram desenhadas as curvas de crescimento do sistema radicial em nove épocas para comprimento e volume de raízes; e da parte aérea da segunda à nona épocas para número de perfilhos, estatura dos colmos, área foliar; e a avaliação B consiste na análise estatística do sistema radicial apenas na nona época, para comprimento, superfície específica, diâmetro e volume de raízes. Como pode ser visualizado no Tabela 02.

TABELA 02 – Cronograma de Avaliações do Sistema Radicial e da Parte Aérea da Cana Soca nas nove épocas, para os dois sistema de plantio (Gema e Tolete). Estação Experimental de Paranavaí, SCA-UFPR, 2000/2001.

| Épocas em Dias Após o Corte | Data | Sistema Radicial | | | | | Parte Aérea | | | |
|-----------------------------|------------|------------------|-----------------------|----------|--------|------------------|------------------|---------------|----------------|------------|
| | | Comprimento | Superfície Específica | Diâmetro | Volume | Número Perfilhos | Altura Perfilhos | Número Folhas | Comprimento +3 | Largura +3 |
| 00 | 27/06/2000 | X | | | X | | | | | |
| 56 | 22/08/2000 | X | | | X | X | X | X | X | X |
| 92 | 27/09/2000 | X | | | X | X | X | X | X | X |
| 126 | 31/10/2000 | X | | | X | X | X | X | X | X |
| 161 | 05/12/2000 | X | | | X | X | X | X | X | X |
| 210 | 23/01/2001 | X | | | X | X | X | X | X | X |
| 252 | 06/03/2001 | X | | | X | X | X | X | X | X |
| 316 | 09/05/2001 | X | | | X | X | X | X | X | X |
| 378 | 10/07/2001 | X | X | X | X | X | X | X | X | X |

3.7.1 Parte Subterrânea

3.7.1.1 Comprimento (cm)

As amostras avaliadas pelo programa WinRhizo geraram o valor de comprimento das raízes da amostra. O programa soma todos os segmentos (pedaços) das raízes em um único valor, esta somatória é o valor que será utilizado neste estudo.

3.7.1.2 Superfície específica (cm²)

Da mesma forma que o comprimento, este é um valor fornecido pelo programa, ele calcula superfície específica multiplicando o valor do perímetro do corte transversal da raiz multiplicado pelo comprimento, representa a área de contato da raiz com o solo.

3.7.1.3 Diâmetro (mm)

Este valor representa o diâmetro médio dos segmentos de raízes da bandeja analisada.

3.7.1.4 Volume (cm³)

Valor também fornecido pelo programa, é a multiplicação do comprimento pelo corte transversal da raiz, representa o volume total de raízes naquela amostra.

3.7.2 Parte Aérea

3.7.2.1 Número de perfilhos

Foi realizada a contagem visual dos perfilhos do metro linear de sulco em análise, no plantio em tolete e da touceira, no plantio gema-gema. Sendo considerado na contagem o perfilho que apresentava no mínimo duas folhas totalmente abertas (desenvolvidas) e estava vivo (com estas duas folhas verdes).

3.7.2.2 Estatura de plantas (cm)

Com o auxílio de uma fita métrica, foi realizada a determinação da estatura dos perfilhos vivos, medindo-se do colo da planta até o último colarinho (folha +1) ou cotovelo visível (top visible dewlap).

3.7.2.3 Número de folhas

Foi realizada a contagem do número de folhas verdes totalmente abertas (desenvolvidas) de cada perfilho vivo (da folha 0 até folha +7, do "Sistema Kuijper"). Foi considerada folha verde aquela com mais de 20% (vinte por cento) de área foliar verde. Este parâmetro não foi avaliado, mas utilizado para determinação da área foliar.

3.7.2.4 Comprimento e largura da folha +3 (cm)

Também com o auxílio de uma fita métrica, foi realizada a determinação do comprimento e da largura da folha +3. O comprimento foi tomado a partir da intersecção da folha com a bainha até a ponta da folha, e a largura foi determinada no terço basal da folha. Este parâmetro não foi avaliado, mas utilizado para determinação da área foliar.

3.7.2.5 Área Foliar - AF (cm²)

A área foliar foi estimada pela fórmula proposta por Hermann e Câmara (1999), expressa como:

$$AF = C \times L \times 0,75 \times (N+2) \text{ onde,}$$

AF é área foliar (cm²), C é o comprimento da folha +3 (m), L indica a largura da folha +3 (m), 0,75 é um fator de forma, N é o número de folhas totalmente abertas, e com pelo menos 20% da área verde (folha 0 até a folha +7) e 2 é um fator de correção.

3.7.3 Análise Estatística

As variáveis: comprimento, superfície específica (cm²), diâmetro (mm) e volume (cm³) para as nove épocas e número de perfilhos, estatura dos perfilhos, número de folhas, comprimento e largura da folha +3 para as sete épocas foram ajustadas nos gráficos pela equação de regressão quadrática.

Os dados de comprimento, superfície específica (cm²), diâmetro (mm) e volume (cm³) para a nona época foram analisados segundo um delineamento experimental inteiramente casualizado em parcelas subdivididas, 2 formas de plantio x 3 profundidades com 3 repetições, para cada variedade.

Os resultados das avaliações foram submetidos à análise de variância, utilizando o programa MSTAT-C®. Quando estes dados foram significativos pelo teste F, ao nível de 5% e 1% de probabilidade as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de probabilidade de 5% (KOEHLER, 1994).

3.8 MÉTODO DE AVALIAÇÃO DE RAÍZES

3.8.1 Amostragem e Determinação das Raízes no WinRhizo

Para coleta das raízes, foram abertas trincheiras com dimensões de 0,70 m de largura e 1,40 m de comprimento, medindo 0,70 m para cada lado a partir do centro do sulco de plantio da cana, deixando a distância de 0,05 m da touceira analisada. A profundidade da trincheira foi de 0,60 m. As touceiras foram tomadas aleatoriamente na área útil da parcela experimental. No plantio em tolete foi retirada toda cana encontrada no 0,50 m seguinte, perfazendo assim o mesmo volume amostrado no plantio gema (um metro de linha de plantio) (Figura 03).

No perfil da trincheira foram retiradas amostras de solo com tubo aço com 20 cm de comprimento, 4,5 cm de diâmetro interno e 0,5 cm de parede, com uma borda serrilhada e corante, coletando 318 cm³ de solo em cada amostra, nas profundidades de 00-20 cm, 20-40 cm e 40-60 cm, a cerca de 0,2 m do centro do sulco, de ambos os lados.

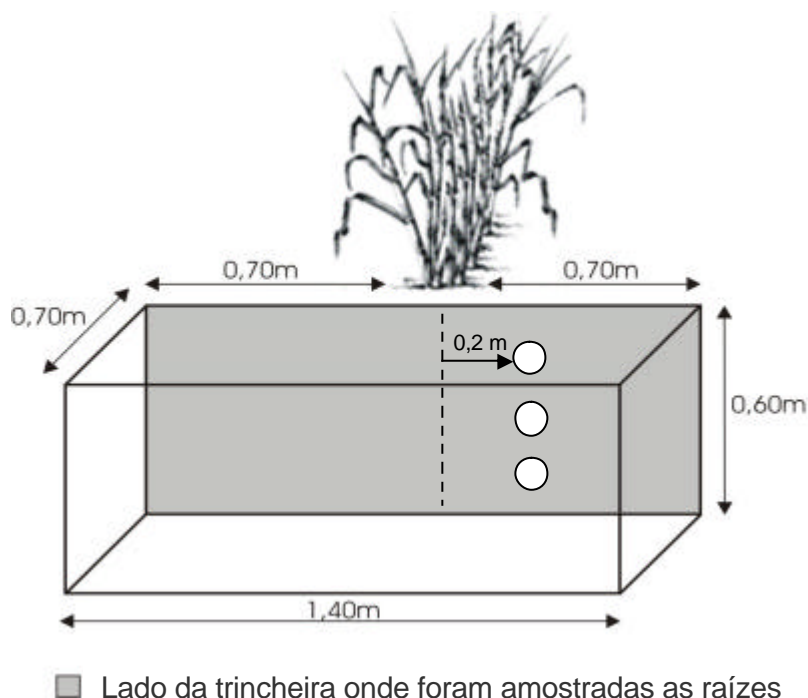


FIGURA 03 – Representação esquemática da trincheira utilizada para a amostragem das raízes nas parcelas experimentais.

Tais amostras foram levadas para o laboratório, acondicionadas em potes plásticos com 25 ml de hidróxido de sódio 1N e um litro de água, a solução foi agitada

por cerca de 20 s e reagiu durante 12 h para dispersão da argila, então, foram lavadas em água corrente utilizando um jogo de peneiras de aço inox de malhas 0,50 e 0,25 mm, separando então a raiz da porção mineral da amostra. A separação das raízes de cana-de-açúcar de outros materiais orgânicos em água foi realizada manualmente com pinças de ponta fina. As raízes, então limpas, foram acondicionadas em potes plásticos, contendo solução de etanol 50% e armazenados a 0 °C conforme Böhm (1979), até determinação dos parâmetros necessários. Posteriormente, as raízes foram colocadas em uma bandeja de acrílico transparente com água, para evitar a sobreposição das raízes e possibilitar adequada digitalização das imagens (procedimento recomendado por RÉGENT INSTRUMENTS INC., através do manual de instruções) e levadas para análise no programa computacional WinRhizo versão 2003b (RÉGENT INSTRUMENTS INC., Quebec City - Quebec, Canadá). Foi utilizado um computador Pentium III, 500MHz com 128 MB RAM com plataforma Windows 98 SE e Scanner Epson Expression 836XL, configurado para resolução de 300 pontos por polegada (ou 118,11 pontos por centímetro).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A apresentação dos resultados será feita separadamente para cada variedade conforme consta a seguir:

4.1 VARIEDADE RB835486

A análise de variância (ANEXO 01) revelou que os fatores forma de plantio e profundidade são independentes para as variáveis comprimento, superfície específica, diâmetro e volume de raízes. Houveram diferenças significativas somente para o fator profundidade nas variáveis comprimento, superfície específica e volume de raízes.

Na Tabela 03 verifica-se que para as variáveis comprimento, superfície específica e volume de raízes na profundidade de 00-20 cm é estatisticamente diferente e superior às demais profundidades.

Os autores Vasconcelos (1998), Ido (2003) também encontraram concentração radicial nas camadas superiores do solo.

Costa (2005), ao contrário, trabalhando com a variedade RB835486, encontrou diferença estatística entre os diâmetros radiciais fornecidos pelo WinRhizo nas diferentes profundidades e épocas analisadas.

TABELA 03 - Comprimento (cm), Superfície Específica (cm²) e Volume (cm³) de raízes da variedade RB835486 em três profundidades, 0-20, 20-40 e 40-60. Estação Experimental de Paranavaí, SCA-UFPR, 2000/2001.

| PROFUNDIDADES | COMPRIMENTO | | |
|---------------|-------------|-----------------------|--------|
| | COMPRIMENTO | SUPERFÍCIE ESPECÍFICA | VOLUME |
| 0-20 | 83,8 a | 240,99 a | 5,68 a |
| 20-40 | 39,3 b | 102,16 b | 2,17 b |
| 40-60 | 21,5 b | 61,18 b | 1,45 b |

Médias seguidas da mesma letra na vertical não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; Os resultados da análise de variância estão apresentados no Anexo 01.

4.1.1 Crescimento do Sistema Radicial

4.1.1.1 Comprimento do Sistema Radicial

Na época 00, colheita da cana planta (Figura 04), verifica-se que o tratamento gema (9,02 cm) apresentou duas vezes e meia mais raízes que em tolete (3,50 cm) na profundidade de 00-20 cm.

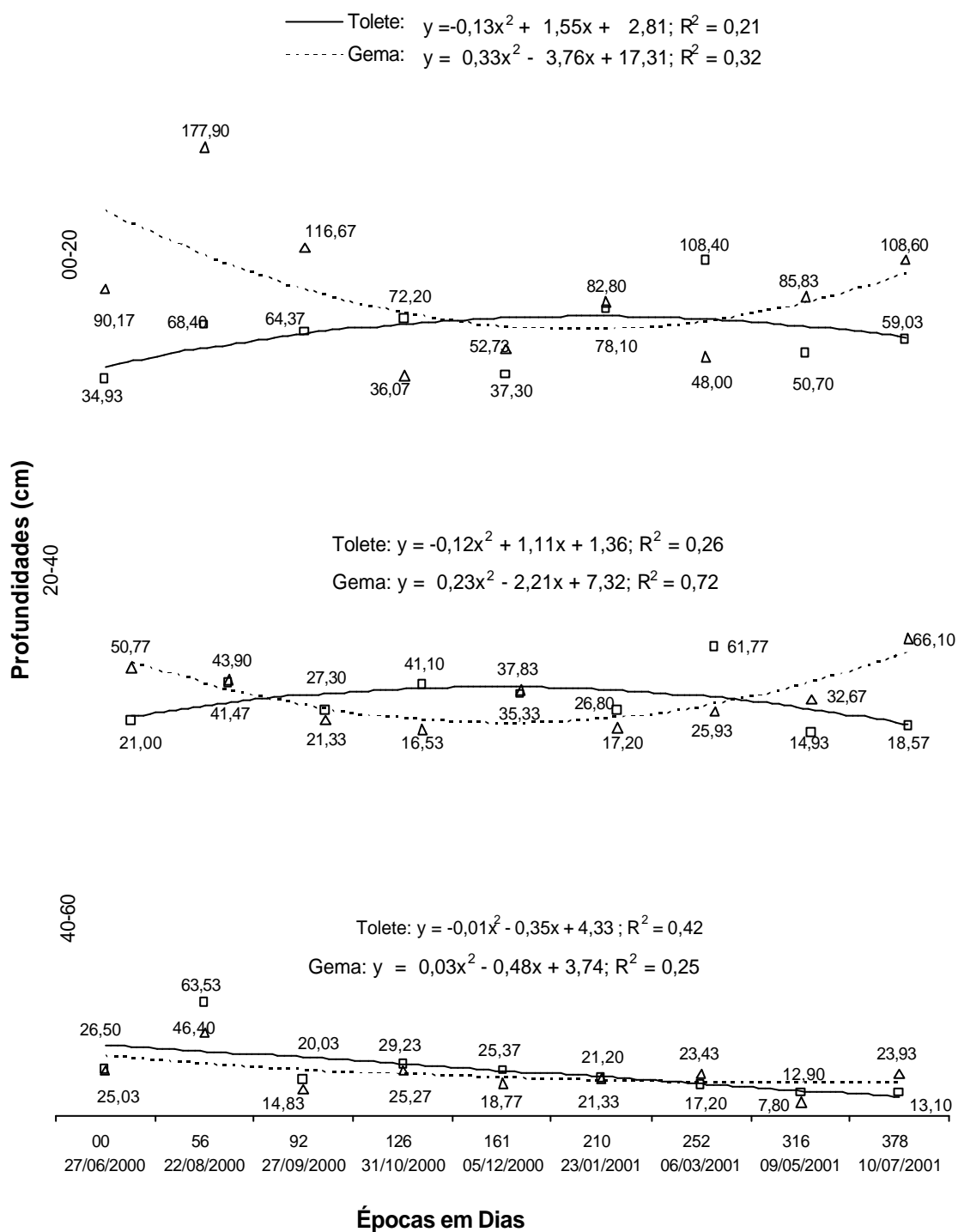


FIGURA 04 – Comprimento de raízes nas profundidades 0-20 (cm), 20-40 (cm) e 40-60 (cm); em dois sistemas de plantio: tolete e gema, para a Variedade RB835486, em nove épocas de amostragens. Estação Experimental de Paranavaí, SCA-UFPR, PR, 2000/2001.

Na mesma profundidade houve, entre as épocas 56 e 92 redução de 44 % no comprimento de raízes do plantio em gema (177,90 cm para 116,67 cm), enquanto o tratamento em tolete diminuiu o comprimento de raízes de 68,40 cm para 64,37 cm.

Aos 126 dias o plantio em tolete apresentou 72,20 cm; na mesma época o tratamento gema apresentou apenas 36,07 cm de raiz, representando redução de 69 % em relação à época anterior para gema.

Foi observado entre as épocas 126 (36,07 cm), 161 (52,73 cm) e 210 (82,80 cm) o crescimento radicial ascendente no tratamento em gema, então é observada queda na época 252 (48,00 cm) e novo aumento nas épocas 316 (85,83 cm) e 378 (108,60 cm). Tal comportamento também ocorreu no tratamento tolete, porém, com uma época de atraso. Foi observado entre as épocas 161 (37,30 cm), 210 (78,10 cm) e 252 (108,40 cm) o aumento do comprimento do sistema radicial no tratamento tolete, então é observada queda na época 316 (50,70 cm) e novo aumento na época 378 (59,03 cm).

Para a profundidade 20-40 cm o comportamento das raízes dos tratamentos gema e tolete seguem o comportamento da faixa superior de solo, apesar de apresentar valores de comprimento de raízes menores.

A dispersão dos pontos de comprimento das raízes na profundidade de 40-60 cm é ainda menor e com valores menos expressivos que na profundidade imediatamente superior, em concordância com Mello Ivo (1999).

As curvas de tendência indicam que nas profundidade 00-20 cm e 20-40 cm o tratamento gema apresenta maior comprimento radicial no início do seu desenvolvimento, e na análise final.

As raízes das primeiras épocas, observa-se no plantio em gema, foram emitidas em cana-planta, e permaneceram ativas em cana soca até sua substituição pelas raízes do novo colmo em desenvolvimento, como afirma Clements (1998).

Vasconcelos (2002) comenta que o sistema radicial é típico para cada variedade tanto em quantidade como em arquitetura e distribuição no perfil do solo, mas sofre influência do ambiente de produção. Tal autor sugere que variedade RB835486 apresenta boa estabilidade de produção com ampla adaptação a diferentes ambientes. Apesar desta característica de estabilidade de produção, esta variedade respondeu aos tratamentos plantio em tolete e gema de maneira diferente, principalmente nas épocas 00, 56, 92, 316 e 378.

4.1.1.2 Volume do Sistema Radicial

O resultado obtido para volume mostrou-se similar ao comprimento. Na época 00, que data 27/06/2000 (Figura 05), verifica-se que o tratamento gema (5,35 cm³) apresentou 2,1 vezes mais raízes que em tolete (2,51 cm³) na profundidade de 00-20 cm.

Em gema entre as épocas 0 e 56 o volume radicial cresceu 83 % (de 5,35 cm³ para 9,81 cm³) contra 64 % (de 2,51 cm³ para 4,13 cm³) do tolete na mesma profundidade. Nesta profundidade houve, entre as épocas 56 e 92 uma redução de 42 % no volume de raízes do plantio em gema (de 9,81 cm³ para 5,75 cm³), no mesmo período o tratamento tolete decresceu o volume de raízes de 4,13 cm³ para 2,62 cm³ (36%).

Em seguida, na época 126, o volume radicial do tolete aumentou para 3,89 cm³; na mesma época o tratamento gema apresentou apenas 2,16 cm³ de sistema radicial, redução de 62 % no sistema radicial do tratamento gema quando comparado à época anterior.

O desenvolvimento do sistema radicial revelou mesmo comportamento em comprimento (Figura 04) e volume (Figura 05) depois da época 126. Foi observado entre as épocas 126 (2,16 cm³), 161 (3,00 cm³) e 210 (5,23 cm³) crescimento radicial ascendente no tratamento em gema, então é observada queda na época 252 (4,49 cm³) e novo aumento nas épocas 316 (4,92 cm³) e 378 (6,74 cm³). Tal comportamento também ocorreu no tratamento tolete, porém, com uma época de atraso. Foi observado entre as épocas 161 (2,96 cm³), 210 (3,43 cm³) e 252 (4,93 cm³) o aumento no volume do sistema radicial no tratamento tolete, então é observada queda na época 316 (3,60 cm³) e novo aumento na época 378 (4,62 cm³).

Para a profundidade 20-40 cm o comportamento das raízes dos tratamentos gema e tolete seguem o comportamento da faixa superior de solo, apesar de apresentar menores valores de volume de raízes e maior proximidade entre os pontos (Figura 6). Os pontos são ainda mais contíguos na profundidade de 40-60 cm, que também apresenta comportamento semelhante às camadas superiores.

O comportamento das raízes tanto para o tratamento em gema quanto em tolete obedecem mesmo padrão de desenvolvimento quando comparado o comprimento e o volume, mesmo porque, o volume é função do comprimento e diâmetro. Este último varia em menor intensidade, é função do tipo de raiz que faz parte, primária, fixação ou cordão.

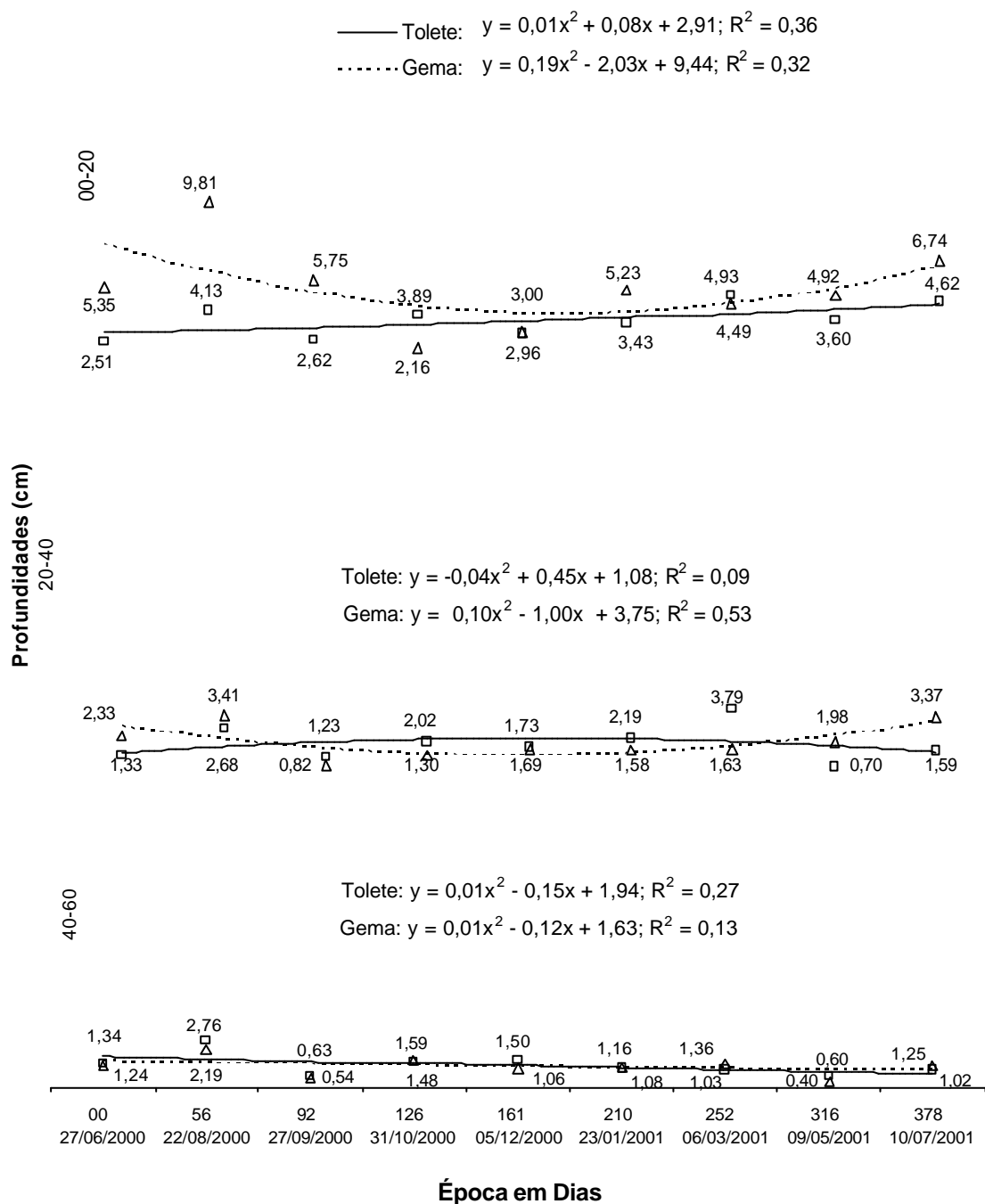


FIGURA 05 – Volume de raízes nas profundidades 0-20 (cm), 20-40 (cm) e 40-60 (cm); em dois sistemas de plantio: tolete e gema, para a Variedade RB835486, nas nove épocas de amostragens. Estação Experimental de Paranavaí, SCA-UFPR, PR, 2000/2001.

4.1.2 Crescimento da Parte Aérea

4.1.2.1 Número de perfilhos

A variedade RB835486 apresentou o número máximo de perfilhos na época 161 (dezembro), 19,5 para o tratamento tolete e 17,5 para o tratamento gema (Anexo 04). Em concordância com Machado (1982), Rocha (1984), Prado (1988), Ido (2003) e Oliveira (2004); que determinaram que a cana-de-açúcar neste período apresenta número máximo de perfilhos, pois então as condições de clima são bastante favoráveis ao crescimento da cultura (CASAGRANDE, 1991; OLIVEIRA, 2004).

A partir da época 210 há morte gradativa dos perfilhos até a época 378 (Figura 06), a mortalidade entre a época de número máximo de perfilhos (161) e a última (378) é de 52% para o tratamento tolete e apenas 37% para o tratamento gema. Ido (2003), trabalhando em Rizotron com a mesma variedade, solo e plantio (gema), encontrou valor de 42%; bastante coerente, pois trata-se de apenas 5% de diferença.

Tais resultados de número máximo de perfilhos confirmam a literatura que comenta que esta variedade apresenta brotação regular de soqueira, mas boa produção de colmos.

Na Figura 06 pode-se observar que o tratamento gema apresentou comportamento mais uniforme (menor curvatura) e conservador (linha mais próxima do eixo y) quanto à emissão de perfilhos que o tratamento tolete, ao longo do ano.

Ao que parece, quando plantada em gema esta variedade define primeiro o número de perfilhos (Figura 06), pois parece haver competição por luz já no início do desenvolvimento dos perfilhos, que estão mais concentrados em volta daquela soqueira no tratamento gema. Segundo Machado (1987) a luz (auto sombreamento) é o fator mais importante na definição do número de perfilhos. Terauchi et al. (1999) e Terauchi e Matsuoka (2000), sugerem que o ideal seria pequena emissão de número de perfilhos por área, assim, a massa seca dos perfilhos formados seria maior, devido à diminuição da competição intra-específica.

Na época 161 ocorre pico de número de perfilhos 10 % menos perfilhos que em tolete. Na última época o tratamento gema apresenta 27 % menos perfilhos que tolete.

A equação de regressão quadrática apresentou R^2 de 0,79 para o tratamento tolete e 0,75 para o tratamento gema, demonstrando boa correlação entre os dados.

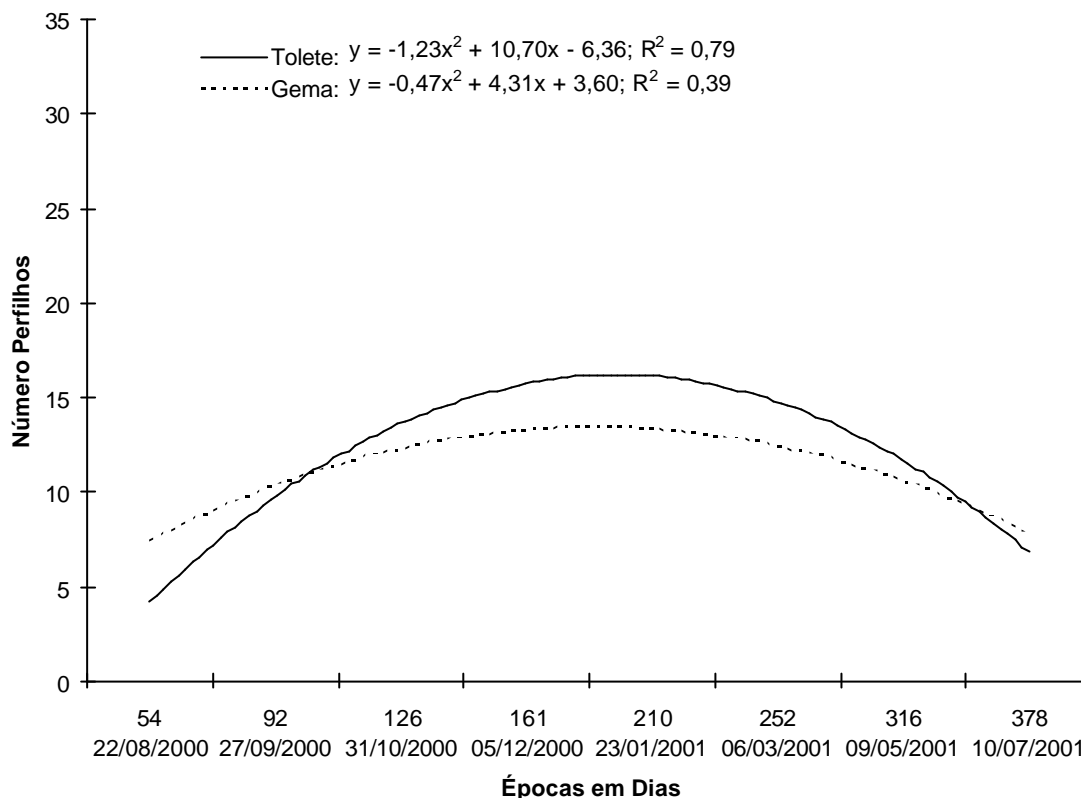


FIGURA 06 – Número de perfilhos em dois sistemas de plantio: tolete e gema, para a Variedade RB835486, em sete épocas de amostragens. Estação Experimental de Paranavaí, SCA-UFPR, PR, 2000/2001.

4.1.2.2 Estatura de Colmos (cm)

A estatura de colmos apresentada na época 161 é de 49 cm para o tratamento tolete e 56 cm para o tratamento gema (Anexo 04), Ido (2003) encontrou 60 cm para o mesmo solo e época. Na época 210 a estatura foi de 100 cm para tolete e 118 para gema, enquanto Ido (2003) encontrou 160 cm e no final do seu trabalho, aos 378 dias, encontrou 288 cm, contra 239 cm para o tratamento tolete e 248 cm para o tratamento gema. Em Ido (2003) a diferença de estatura de colmos é, muito provavelmente devido à irrigação fornecida, o que favorece o desenvolvimento da planta, principalmente no início do desenvolvimento (épocas 92 e 126) e no mês de abril.

A Figura 07 revela que o crescimento em estatura de colmos do tratamento em gema é superior à estatura de colmos do tratamento em tolete em todos os períodos. O coeficiente de determinação (R^2) do tratamento em tolete é de 0,99, assim como gema. Em todas as amostragens o plantio em gema apresentou colmos com

maior estatura que os colmos do tratamento em tolete, ao final do trabalho a diferença é de 26,2 cm (12 %) entre eles.

Em rizotron, IDO 2003 encontrou valores de altura 16 % maiores para a variedade RB835486 na época 316, medindo 288 cm de estatura contra 248 cm aqui encontrados (Anexo 04), certamente devido irrigação fornecida no rizotron.

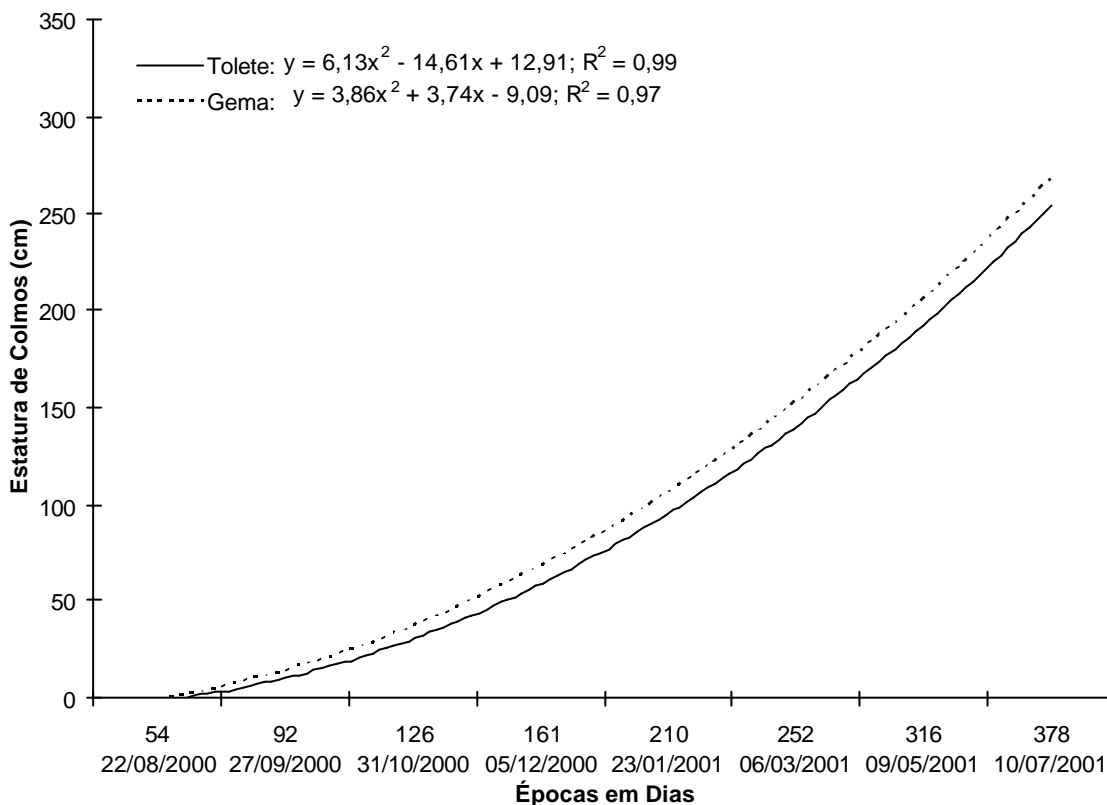


FIGURA 07 – Estatura dos colmos (cm) em dois sistemas de plantio: tolete e gema, para a Variedade RB835486, nas sete épocas de amostragens. Estação Experimental de Paranavaí, SCA-UFPR, PR, 2000/2001.

4.1.2.3 Área Foliar (cm²)

O desenvolvimento de área foliar (AF) é lento até a época 92 (Anexo 04), passando de 288 cm² em tolete e 277 cm² em gema para 964 cm² e 874 cm² na época 126, para tolete e gema respectivamente.

Há então rápido desenvolvimento de AF, até a época 316; estabilizando no outono e inverno. O crescimento repentino de AF é causado pela temperatura, que diminui neste período, favorecendo a permanência das folhas ativas, Inman-Bamber

(2004) sobre este assunto, relata que com temperaturas altas ocorre rápida senescência das folhas, impossibilitando que a AF aumente.

Observa-se que a linha de tendência do tratamento gema é menos curva que a linha de tendência do tratamento tolete. O coeficiente de determinação (R^2) é 0,94 para tolete e 0,89 para gema.

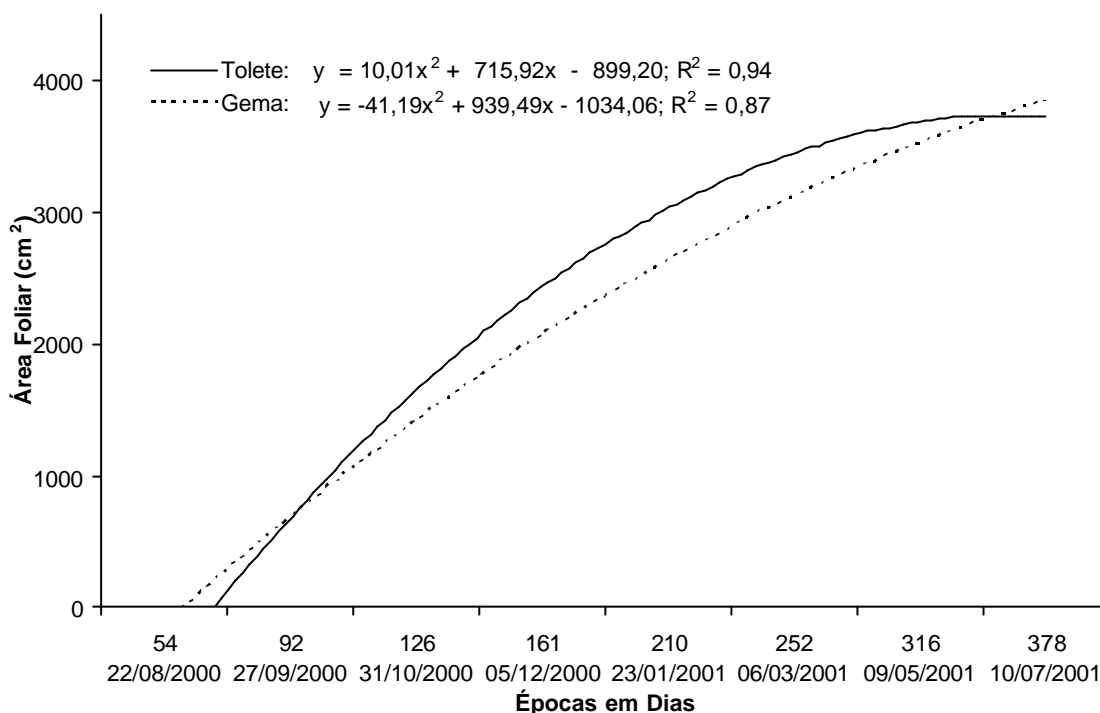


FIGURA 08 – Área foliar (cm²) em dois sistemas de plantio: tolete e gema, para a Variedade RB835486, em sete épocas de amostragens. Estação Experimental de Paranavaí, SCA-UFPR, PR, 2000/2001.

4.1.3 Tolete X Gema

O crescimento do sistema radicular no tratamento em gema na época 56 explica o número de perfilhos, estatura de colmos e área foliar (Anexo 04), que são maiores quando comparados aos números do tratamento tolete nesta época, evidenciando que o desenvolvimento destes fatores funciona em conjunto, um favorecendo o outro.

Cada perfilho desenvolve sistema radicular e folhas próprias, aumentando sua capacidade de competir por nutrientes e luz, o que proporciona maior crescimento e área foliar, formando um ciclo de crescimento (BLACKBURN, 1984). No tratamento gema ocorre, ao que parece, competição entre os perfilhos mais cedo que a competição que ocorre no tratamento tolete, isto acontece porque os perfilhos no tratamento gema ficam concentrados em volta daquela soqueira, enquanto os perfilhos

do tratamento gema estão dispostos em toda a linha de plantio até a época 126, período que ocorre o fechamento do dossel.

Na época 161 inicia a morte dos perfilhos (Anexo 04), permanecendo apenas os perfilhos melhores distribuídos e maiores, os perfilhos sobreviventes apresentaram salto no crescimento em estatura e área foliar.

Nesta época (161) há desuniformidade no comportamento das raízes aparentemente, com a morte dos perfilhos sua seiva é translocada e redirecionada para os perfilhos sobreviventes, melhores dispostos e maiores (fonte/dreno), proporcionando rápido desenvolvimento destes. Neste caso, as raízes dos perfilhos fracos morrem e ocorre renovação de raízes, geradas pelos perfilhos restantes (AGUIAR, 1978; TAYLOR e ARKIN, 1981 e SMITH, 1999).

Nas últimas épocas (316 e 378) ambos tratamentos apresentaram aumento no sistema radicial, suporte para os colmos adultos da parte aérea e tecido de reserva para atravessar este período de stress hídrico e térmico (maio, junho e julho).

4.2 VARIEDADE RB855536

A análise de variância (ANEXO 02) revelou que os fatores formas de plantio e profundidade são independentes apenas para as variáveis comprimento e diâmetro de raízes. Ocorreram diferenças significativas somente para o fator profundidade na variável comprimento.

O teste de Tukey revelou para a variável comprimento que a profundidade de 00-20 cm é estatisticamente diferente e superior as demais (Tabela 04).

Os autores Vasconcelos (1998), Ido (2003) também encontraram concentração radicial em comprimento nas camadas superiores do solo.

TABELA 04 - Comprimento (cm) de raízes da variedade RB855536 em três profundidades, 0-20, 20-40 e 40-60. Estação Experimental de Paranavaí, SCA-UFPR, 2000/2001.

| PROFUNDIDADES | COMPRIMENTO |
|----------------------|--------------------|
| 0-20 | 100,4 a |
| 20-40 | 34,6 b |
| 40-60 | 24,7 b |

Médias seguidas da mesma letra na vertical não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.; Os resultados da análise de variância estão apresentados no Anexo 02.

A análise de variância (ANEXO 02) revelou que os fatores formas de plantio são dependentes para as variáveis superfície específica e volume. O teste de Tukey

revelou que plantio em Gema apresentou maior quantidade de raízes a profundidade 00-20 cm, diferente das demais, o mesmo ocorre para o plantio em Tolete (Tabela 05).

TABELA 05 - Superfície Específica (cm²) e Volume (cm³) de raízes da variedade RB855536 nos tratamentos gema e tolete, em três profundidades, 0-20, 20-40 e 40-60. Estação Experimental de Paranaíba, SCA-UFPR, 2000/2001.

| TRATAMENTO | PROFUNDIDADES | SUPERFÍCIE ESPECÍFICA | VOLUME |
|------------|---------------|-----------------------|--------|
| GEMA | 0-20 | 349,86 a | 8,62 a |
| | 20-40 | 60,22 b | 1,45 b |
| | 40-60 | 39,99 b | 0,86 b |
| TOLETE | 0-20 | 260,70 a | 6,42 a |
| | 20-40 | 144,32 b | 3,55 b |
| | 40-60 | 103,21 b | 2,50 b |

Médias seguidas da mesma letra na vertical não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; Os resultados da análise de variância estão apresentados no Anexo 02.

Assim, para o tratamento gema a profundidade 00-20 cm é diferente e superior às demais profundidades, Vasconcelos (1998), estudando o sistema radicial de 4 variedades de cana-de-açúcar em cana planta, nas profundidades de 00-20 cm, 20-40 cm, 40-60 cm e 60-80 cm encontrou, na média, 54,23% do peso de raízes concentradas na camada inicial do solo (00 -20 cm), para a variedade RB855536 o valor anotado foi de 65,0%.

Neste trabalho, para o tratamento tolete o valor foi de 51,3% de superfície específica, contra 77,7% no tratamento em gema, diferentes estatisticamente.

4.2.1 Crescimento do Sistema Radicial

4.2.1.1 Comprimento do Sistema Radicial (cm)

O tratamento gema mostra maior comprimento radicial na época 00 (112 %) quando comparado com tolete (Figura 09). Na época seguinte o tratamento tolete posiciona-se com 88,23 cm, contra 60,70 cm do tratamento gema. A diferença aumenta na época 92, 117,90 cm para tolete e 57,80 cm para gema.

Na época 126 os valores de comprimento apontam proximidade, tolete com 40,47 cm e gema com 46,13 cm, para a época 161 o tratamento gema apresenta um

ganho de 80 % no comprimento radicial, enquanto o tratamento tolete decresce o comprimento radicial em 27 %, alcançando o comprimento de apenas 29,40 cm, o menor valor de comprimento obtido para esta variedade.

O comprimento radicial do tolete (114,90 cm) ultrapassa o tratamento em gema (86,20 cm) na época 210. Na seqüência (época 252) o comprimento radicial dos tratamentos novamente se aproximam, 75,93 cm para tolete e 74,53 cm para o tratamento gema, que exhibe menos raízes na época 316 (66,73 cm) e, apesar disso, o tratamento tolete nesta época manifestou o maior comprimento radicial, com valor de 122,17 cm. Na última época, o tratamento tolete apontou nova queda no comprimento radicial (86,77 cm), sob este prisma, o tratamento gema superou o tratamento tolete, atingindo 113,97 cm na época 378, revelando crescimento de 71 % em relação à época anterior.

O aumento e redução no comprimento do sistema radicial é normal segundo Aguiar (1978) explicando que há alternância de raízes vivas e mortas ao longo do ciclo. Neste período (161) há desuniformidade no comportamento das raízes. Aparentemente, com a morte dos perfilhos sua seiva é translocada e redirecionada para os perfilhos sobreviventes, melhores dispostos e maiores (fonte/dreno), proporcionando rápido desenvolvimento destes. Neste caso, as raízes dos perfilhos fracos morrem e ocorre renovação de raízes, geradas pelos perfilhos restantes (TAYLOR e ARKIN, 1981 e SMITH, 1999).

Apesar de exibirem comportamento semelhantes os tratamentos gema e tolete entre a profundidade 20-40 e 00-20 (Figura 09), deve se ressaltar que o tratamento tolete (29,10 cm) inicia as amostragens (época 0) com maior comprimento radicial que gema (21,63 cm), mantendo a superioridade até a época 126, momento em que o tratamento gema observa 15,2 cm mais raízes que o tratamento tolete.

Nas épocas seguintes, 161, 210, 252 e 310 a diferença entre os tratamentos é, respectivamente: 1,10 cm; 6,50 cm; 0,43 cm e 5,47 cm; em desarmonia, o tratamento tolete dá um salto para 47,93 cm de comprimento radicial, denotando 125 % maior comprimento radicial que o tratamento gema (21,33 cm) na profundidade 20-40.

Na profundidade de 40-60 o comportamento dos pontos é semelhante ao comportamento da profundidade 20-40, está em descompasso apenas o comprimento radicial do tratamento gema na época 252, que indica 195 % maior comprimento que o tratamento tolete.

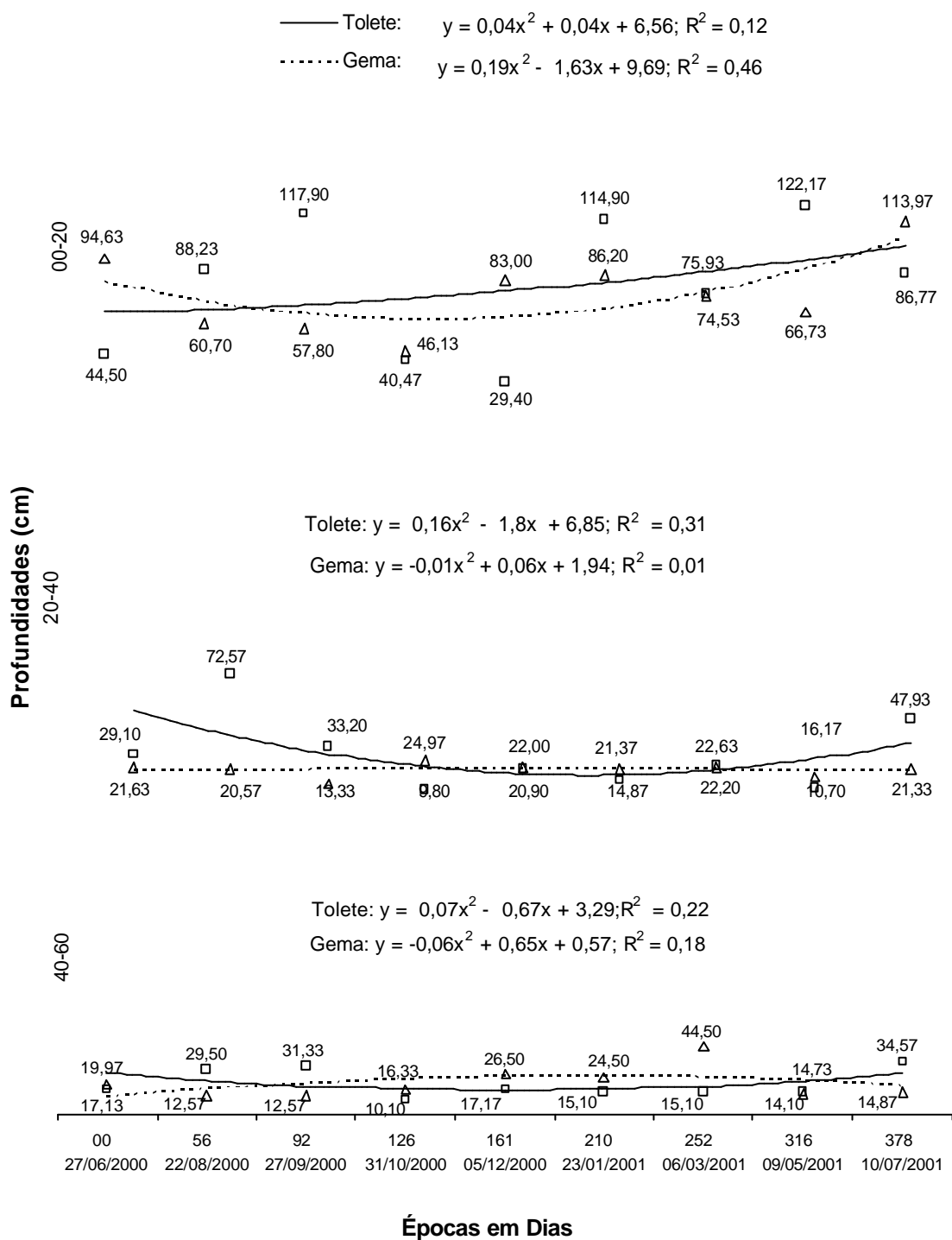


FIGURA 09 – Comprimento de raízes (cm) nas profundidades 0-20 (cm), 20-40 (cm) e 40-60 (cm); em dois sistemas de plantio: tolete e gema, para a Variedade RB855536, nas nove épocas de amostragens. Estação Experimental de Paranavaí, SCA-UFPR, PR, 2000/2001.

4.2.1.2 Volume do Sistema Radicial

Na época 0 o tratamento gema mostra sistema radicial 136 % maior que tolete (Figura 10), então, o tratamento tolete aponta 5,51 cm³, contra 3,50 cm³ do tratamento gema (época 56). Esta diferença aumenta na época 92, 6,60 cm³ para tolete e 3,30 cm³ para gema. Na época 126 os valores de comprimento radicial se aproximam, o tratamento tolete com 1,91 cm³ e gema com 2,71 cm³. Enquanto o comprimento radicial continua caindo para o tratamento tolete, até atingir 1,88 cm³, a menor marca nesta profundidade, gema alcança 98 % de crescimento na época 161.

Não obstante, o tratamento tolete aponta crescimento de 272 % entre as épocas 161 e 210, marcando 6,99 cm³ contra 7,30 cm³ observados em gema, que cresceu 36 % neste intervalo.

Ambos tratamentos manifestam queda do volume radicial para época 252, tolete apresenta 4,29 cm³ e gema 5,02 cm³. Na seqüência (época 316) o volume radicial dos tratamentos aumentam para 8,59 cm³ (tolete) e 5,34 cm³ (gema).

Na última época, o tratamento tolete apontou nova queda no volume radicial (6,42 cm³), nestas condições, o tratamento gema superou o tratamento tolete, atingindo 8,62 cm³ na época 378, revelando crescimento de 61 % em relação à época anterior.

Nas profundidades de 20-40 e 40-60 o comportamento do volume radicial é idêntico ao comportamento do comprimento radicial (Figura 10). As perspectivas do comprimento e volume radiciais são semelhantes para a profundidade de 00-20 também.

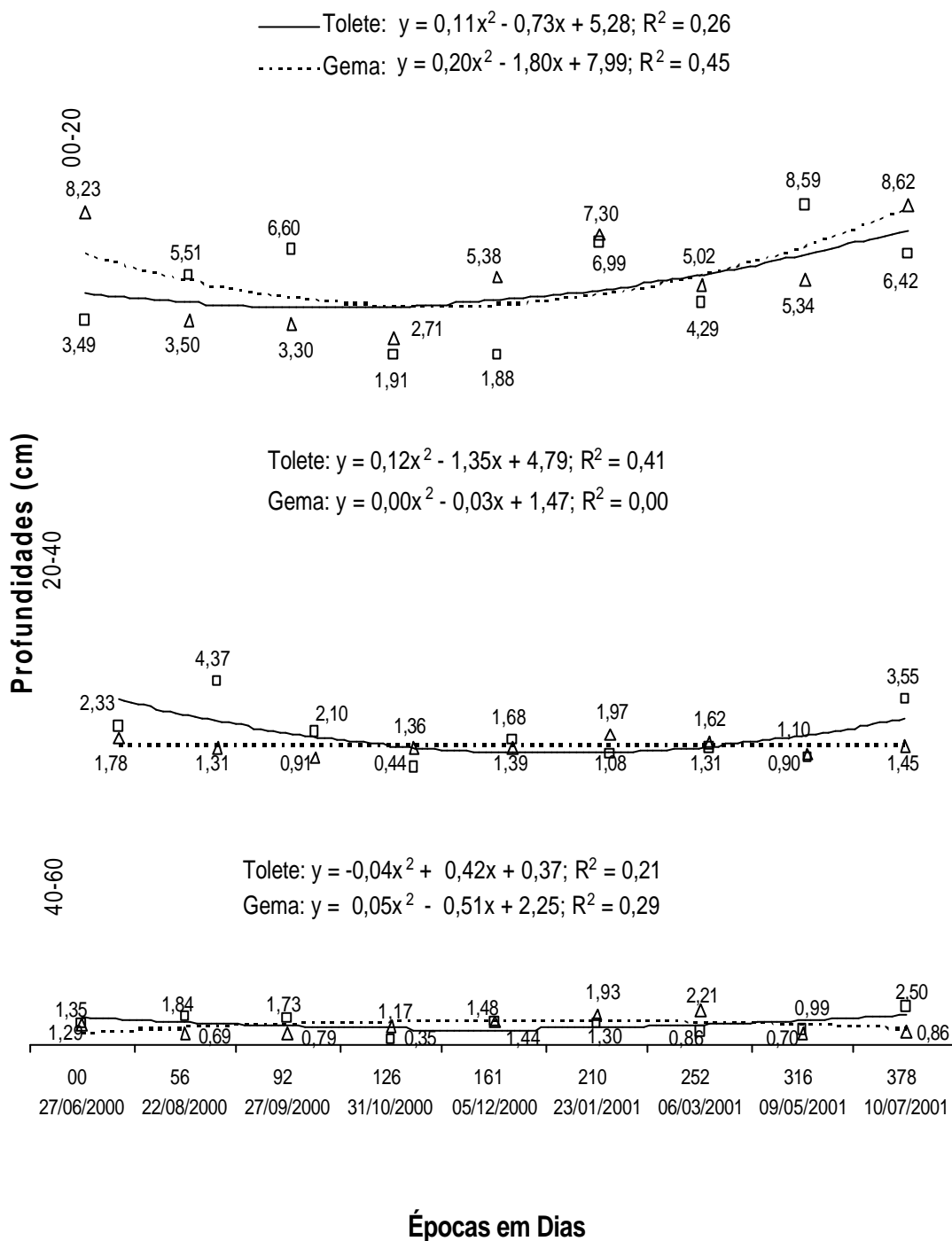


FIGURA 10 – Volume de raízes (cm^3) nas profundidades 0-20 (cm), 20-40 (cm) e 40-60 (cm); em dois sistemas de plantio: tolete e gema, para a Variedade RB855536, nas nove épocas de amostragens. Estação Experimental de Paranavaí, SCA-UFPR, PR, 2000/2001.

4.2.2 Crescimento da Parte Aérea

4.2.2.1 Número de Perfilhos

A variedade RB855536 apresentou o número máximo de perfilhos na época 126 (31 de outubro) 34,0 para o tratamento tolete na época 161 (dezembro) 31,0 perfilhos para o tratamento gema (Anexo 04). Oliveira (2004) encontrou o número máximo de perfilhos em setembro, no ano de 2002, ano que ocorreram temperaturas e regime pluviométrico atípicos e abaixo da média para região, principalmente nos meses de agosto e setembro, o que pode ter contribuído para o perfilhamento precoce.

Ido (2003), trabalhando em Rizotron com a mesma variedade e plantio (gema), encontrou número máximo de perfilhos (33) em outubro, cita que são valores altos, comprovando a característica varietal de excelente brotação de soqueira. Tal autor diz que em março ocorre estabilização do número de perfilhos, que terá pouca mudança até o período de colheita (13 perfilhos), apresentando queda de 61% no número de perfilhos de outubro a julho.

A partir da época 161 para o tratamento em tolete e 210 para o tratamento em gema há morte gradativa dos perfilhos até a época 378, a mortalidade entre a época de número máximo de perfilhos e a última é de 61% para o tratamento tolete e 65% para o tratamento gema, em concordância com Ido (2003).

Na Figura 11 pode-se observar ambos os tratamentos apresentaram comportamento semelhante quanto à emissão de perfilhos, o tratamento tolete apresenta maior número de perfilhos até a época 161, quando as linhas de tendência se unem até a época 378. A equação de regressão quadrática apresentou R^2 de 0,73 para o tratamento tolete e 0,81 para o tratamento gema, demonstrando boa correlação entre os dados.

É inerente desta variedade a característica de excepcional perfilhamento, entende-se então que é pouco sensível ao auto sombreamento, que é o principal fator de definição do número de perfilhos (MACHADO, 1987). Assim sendo, a competição por luz que ocorre na região da touceira no plantio em gema no início do desenvolvimento dos perfilhos é insignificante para a variedade, não respondendo aos tratamentos.

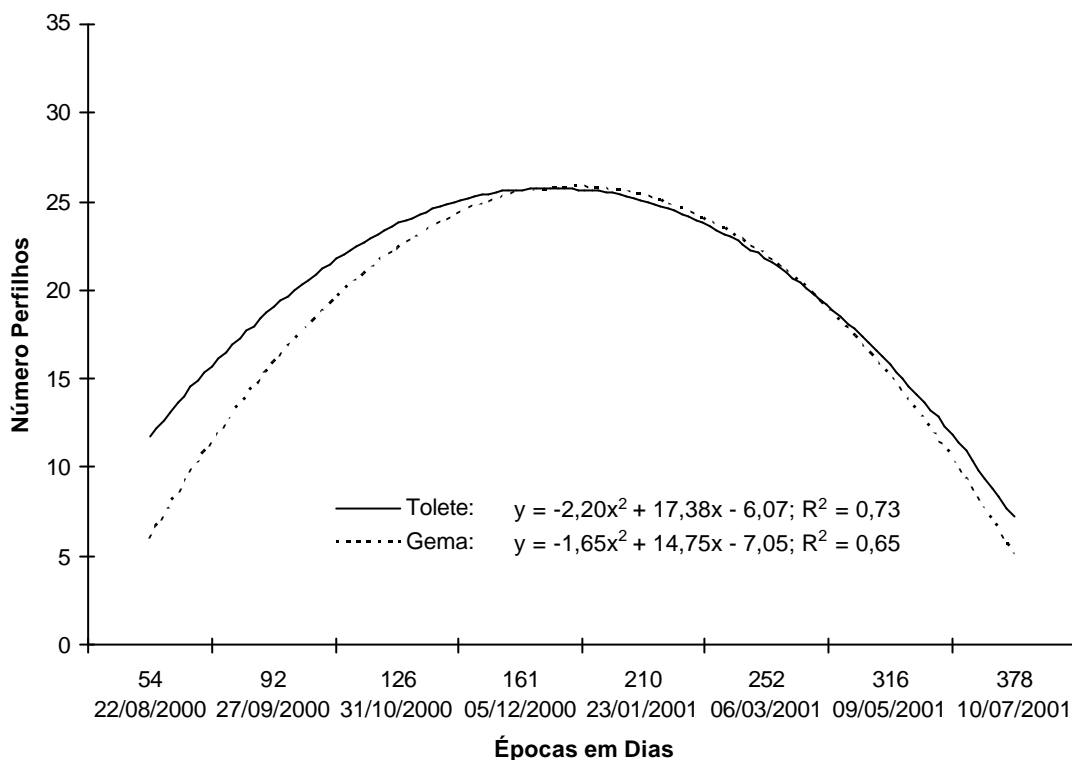


FIGURA 11 – Número de perfilhos em dois sistemas de plantio: tolete e gema, para a Variedade RB855536, em sete épocas de amostragens. Estação Experimental de Paranavaí, SCA-UFPR, PR, 2000/2001.

4.2.2.2 Estatura de Colmos (cm)

A estatura apresenta desenvolvimento lento no início do crescimento (Anexo 04) até a época 161, quando sai de 54 cm no tratamento tolete e 58 cm no tratamento gema para 104 cm no tratamento tolete e 75 cm no tratamento gema na época 210, representando acréscimo de 93% e 29% para tolete e gema, respectivamente. Na época seguinte (252) o tratamento tolete apresenta crescimento de 42% em tolete e 111% em gema.

Ido (2003) encontrou valores de 52 cm, 124 cm e 196 cm nas épocas 161, 210 e 252 respectivamente, representando ganho de 144 cm nas três épocas. Oliveira (2004), trabalhando com cana-de-açúcar em ciclo de ano e meia, encontrou valor de crescimento em estatura de colmos de 179 cm entre os meses de dezembro e março.

Nas épocas seguintes, meses de março, abril, maio e junho a cana-de-açúcar cresceu cerca 112 cm no tratamento em tolete e 69 cm em gema, uma diferença de 42%, alcançando na época 378, 260 cm em tolete e 227 cm em gema.

Na Figura 12 observa-se que o comportamento da linha de tendência dos tratamentos é bastante semelhante, havendo pequena superioridade em estatura no final do ciclo para o tratamento em tolete.

Os coeficientes de determinação (R^2) da equação de regressão quadrática são de 0,99. Demonstrando que 99% dos pontos do crescimento em estatura de colmos são representados por esta equação.

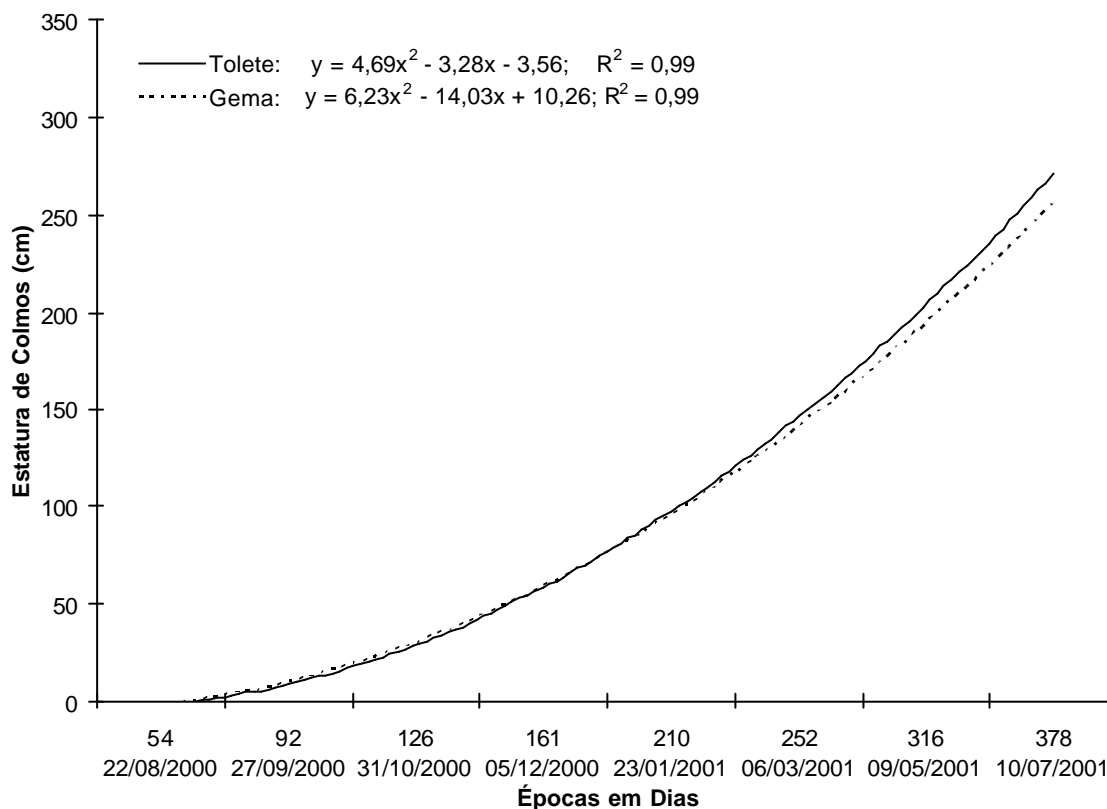


FIGURA 12 – Estatura dos colmos (cm) em dois sistemas de plantio: tolete e gema, para a Variedade RB855536, em sete épocas de amostragens. Estação Experimental de Paranavaí, SCA-UFPR, PR, 2000/2001.

4.2.2.3 Área Foliar (cm²)

A área foliar (AF) da variedade RB855536 é 502 cm² e 383 cm² na época 126, passando para 2026 cm² (403%) e 1896 cm² (495%) na época 161, para o tratamento tolete e gema respectivamente (Anexo 04). Ambas as épocas são as únicas em que a AF do tratamento gema é inferior à AF do tratamento tolete. Ido (2003) encontrou 1101 cm² (126) e 1809 cm² (161), representando ganho de apenas 64%.

Os valores de AF aumentam nos meses seguintes, chegando ao máximo de 2539 cm² para o tratamento tolete na época 378 e 3417 cm² para o tratamento gema

na época 252, período que Oliveira (2004) também encontrou aumento de AF nos meses de janeiro a março. Machado et. al. (1982) e Ido (2003) relatam que o crescimento da parte aérea ocorrem nestes meses devido às adequadas condições de temperatura e precipitação (Figura 02).

No tratamento gema a AF representada pela linha de tendência é bastante superior à linha de tendência do tratamento tolete (Figura 13), e os valores absolutos da AF deste tratamento também mostram tal diferença (Anexo 04).

A largura da folha +3, utilizada para o cálculo da AF, é maior no tratamento da época X à época Y, este fato elevou a AF deste tratamento.

Os colmos no tratamento gema estavam mal distribuídos na linha de plantio, pois partiram da soqueira de uma única gema, ocasionando grande auto-sombreamento. O auto-sombreamento dos colmos pode ter ocasionado o aumento da AF no tratamento gema, em função do aumento da largura de folha +3, que na busca por luz, emitiram folhas mais largas em todas as épocas, com exceção da época 210.

A equação de regressão quadrática apresenta coeficiente de determinação (R^2) de 0,88 para tolete e 0,93 para gema.

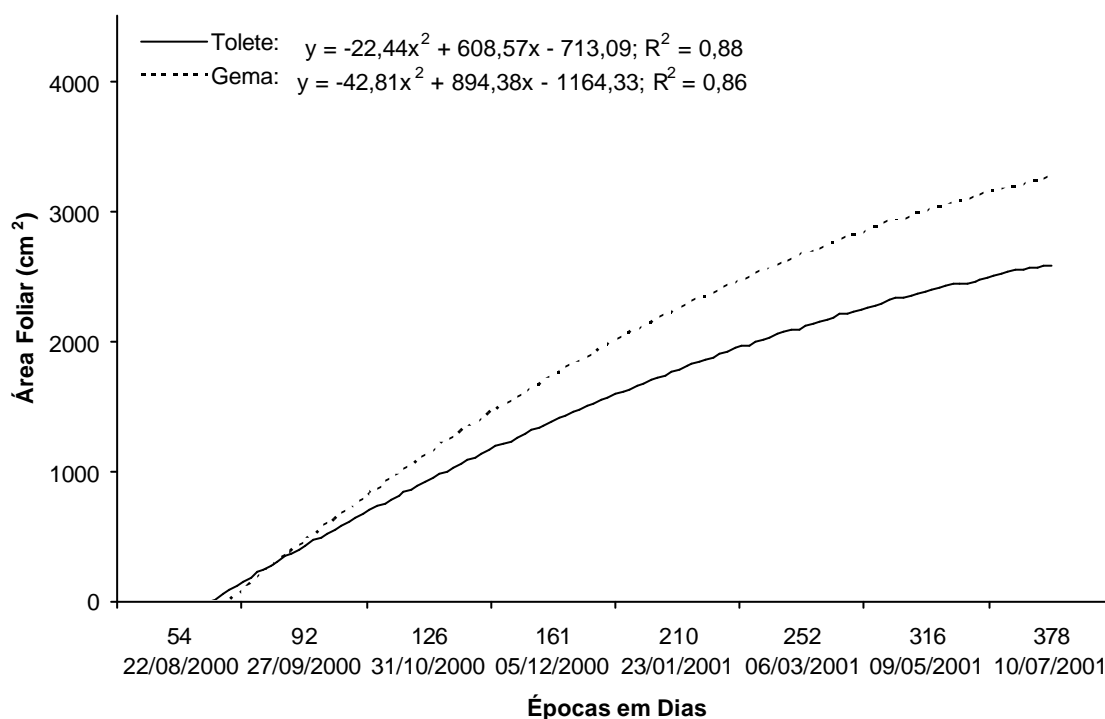


FIGURA 13 – Área Foliar (cm^2) em dois sistemas de plantio: tolete e gema, para a Variedade RB855536, em sete épocas de amostragens. Estação Experimental de Paranavaí, SCA-UFPR, PR, 2000/2001.

4.2.3 Tolete X Gema

A superioridade na quantidade de raízes (comprimento e volume) do tratamento tolete na época 56 (profundidade de 00-20) pode ser explicada pela grande emissão de perfilhos por este tratamento, ascendente, assim como a quantidade de raízes (comprimento e volume), até a época 92. O tratamento gema aponta 9 perfilhos contrapondo 23 do tratamento tolete (Anexo 4), apesar disso, gema possui área foliar 50 % mais alta que tolete, indicando que neste período inicia o fechamento do dossel e a competição por luz.

Na época 126 também aparece grande número de perfilhos, 34 para tolete e 30 para gema. Porém, nesta época, o tratamento tolete sofreu grande perda do comprimento e volume radicial, sinalizando que os perfilhos consumiram suas reservas, matando o sistema radicial, competindo entre eles na tentativa de sobrevivência. Para o tratamento gema o perfilhamento intenso não representou grande perda radicial, que anteriormente apresentava dossel maior (maior AF), evidenciando que tais perfilhos eram jovens, sem sistema radicial próprio formado, fato confirmado pela estatura média dos colmos, que é 13 % inferior ao tratamento tolete.

Na época 161 os perfilhos persistem no tratamento gema (31) revelando aumento no tamanho radicial e na AF, enquanto o tratamento tolete apontou queda no número de perfilhos (25,5) e comprimento radicial (29,40 cm).

Definindo os perfilhos no tratamento em tolete, aumentam a estatura e crescem o sistema radicial, revelando perda de AF por morte dos perfilhos (época 210), ocasionado pelo perfilhamento excessivo e auto-sombreamento (Terauchi et al., 1999; Terauchi e Matsuoka, 2000). O tratamento gema, nesta época, apesar de também eliminar perfilhos e crescer menos, aumentou a AF e o comprimento de raízes, demonstrando novamente que os perfilhos eliminados eram menos significantes em estatura, AF e raízes, quando comparado aos perfilhos eliminados no tolete.

Nesse sentido Ramesh e Mahadevaswamy (2000), constataram que os cultivares que perfilham menos, além de apresentarem menores porcentagens de mortalidade de perfilhos, apresentaram perfilhos com maior estatura, o que pode ser constatado para esta variedade de uma forma muito sutil.

Ambos tratamentos apresentaram queda na quantidade de raízes na época 252, enquanto o tratamento tolete apresentou queda de 24 % no número de perfilhos, 44 % no comprimento de raízes e aumento de apenas 43 % em estatura e 19 % em AF, o tratamento gema apresentou queda de 43 % no número de perfilhos, 14 % no comprimento de raízes e cresceu 111 % em estatura e 75 % em AF. Embora o

tratamento gema tenha perdido maior porcentagem de perfilhos, perdeu menos raízes e cresceu mais em estatura e AF, concorrendo para o cenário que os perfilhos eliminados eram mais jovens que os perfilhos do tolete.

O aumento de AF parece interferir negativamente na produção de raízes do tratamento gema (Figura 07 e 08), especialmente na época 378, nas profundidades 20-40 cm e 40-60 cm. Então percebemos que o tratamento tolete, apesar de apresentar menor AF, prioriza o crescimento das raízes em profundidades no final do ciclo.

Na época final de amostragem da parte aérea, 316, o tratamento tolete aponta 12 perfilhos, estatura de 215,8 cm, AF de 2485,4 cm³ e 86,77 cm de comprimento radicial, enquanto gema exibe 10 perfilhos, 230,5 cm de estatura, AF de 3368,7 cm³ e 113,97 cm de raízes.

Apesar desta diferença entre os tratamentos, a variedade RB855536 para ser pouco responsiva ao plantio em gema e tolete. Devido, muito provavelmente, à sua característica de excepcional perfilhamento.

O tratamento gema apresentou maior AF, pois os perfilhos, pouco sensíveis ao auto sombreamento, não foram eliminados, porém, para adaptarem-se à condição de pouca luminosidade, emitiram folhas mais largas, causando o aumento da AF.

4.3 VARIEDADE SP80-1842

A análise de variância (ANEXO 03) revelou que os fatores formas de plantio e profundidade são independentes apenas para as variáveis superfície específica, diâmetro e volume de raízes. Houveram diferenças significativas para o fator plantio nas variáveis diâmetro e volume; e profundidade para as variáveis superfície e volume.

O teste de Tukey revelou para as variáveis diâmetro e volume que o plantio em gema é diferente e superior ao plantio em tolete (Tabela 06).

TABELA 06 - Diâmetro (mm) e Volume (cm³) de raízes da variedade SP80-1842 nos tratamentos gema e tolete. Estação Experimental de Paranavaí, SCA-UFPR, 2000/2001.

| TRATAMENTOS | DIÂMETRO | VOLUME |
|-------------|----------|--------|
| GEMA | 1,02 a | 4,09 a |
| TOLETE | 0,88 b | 2,49 b |

Médias seguidas da mesma letra na vertical não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; Os resultados da análise de variância estão apresentados no Anexo 03.

Isso implica que as inferências sobre diâmetro e volume radicial feitas para trabalhos de cana plantadas em gema não devem ser extrapoladas para o plantio em tolete.

O teste revelou ainda para as variáveis superfície específica e volume a melhor profundidade, superior as demais e de 00-20 cm (Tabela 07).

TABELA 07 - Superfície Específica (cm²) e Volume (cm³) de raízes da variedade SP80-1842 em três profundidades, 0-20, 20-40 e 40-60. Estação Experimental de Paranavaí, SCA-UFPR, 2000/2001.

| PROFUNDIDADES | SUPERFÍCIE ESPECÍFICA | VOLUME |
|---------------|-----------------------|--------|
| 0-20 | 218,96 a | 5,34 a |
| 20-40 | 113,98 b | 2,83 b |
| 40-60 | 79,28 b | 1,70 b |

Médias seguidas da mesma letra na vertical não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; Os resultados da análise de variância estão apresentados no Anexo 03.

O teste de Tukey revelou para a variável comprimento que no plantio em Gema a profundidade de 00-20 cm é diferente das outras, superior as demais, resultado idêntico ao plantio em Tolete (Tabela 08).

TABELA 08 - Comprimento de raízes (cm) da variedade SP80-1842 nos tratamentos gema e tolete, em três profundidades, 0-20, 20-40 e 40-60. Estação Experimental de Paranavaí, SCA-UFPR, 2000/2001.

| TRATAMENTOS | PROFUNDIDADES | COMPRIMENTO |
|-------------|---------------|-------------|
| GEMA | 0-20 | 88,5 a |
| | 20-40 | 45,6 b |
| | 40-60 | 22,9 c |
| TOLETE | 0-20 | 55,6 a |
| | 20-40 | 29,6 b |
| | 40-60 | 37,2 b |

Médias seguidas da mesma letra na vertical não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; Os resultados da análise de variância estão apresentados no Anexo 03.

4.3.1 Crescimento do Sistema Radicial

4.3.1.1 Comprimento do Sistema Radicial (cm)

O tratamento tolete apresenta (Figura 14, profundidade 00-20 cm) entre as épocas 0 (41,73 cm) e 56 (136,83 cm) crescimento em comprimento do sistema

radical de 228%, enquanto, no mesmo período, o tratamento gema cresceu apenas 33% (57,50 cm para 76,43 cm). As épocas 92 e 126 apontam queda do comprimento radical para ambos tratamentos, 41% e 53% para o plantio em tolete, e 7% e 63% para o plantio em gema.

Na época 161 os números denotam ascendência, o tratamento gema (83,33 cm) supera o tratamento tolete (60,17 cm) em 38%, a diferença sobe para 70% na época 210 e cai para 47% na época 252.

O déficit hídrico ocorrido em abril (Figura 02) ocasiona a morte das raízes (ROSOLEN, 1994) na época 316, os comprimentos radiciais são 57,70 cm para o tratamento tolete e 41,67 cm para o tratamento em gema. Na época 378 a diferença entre os comprimentos radiciais é de 59%.

Na profundidade 20-40 cm (Figura 14) o tratamento gema inicia as amostragens apresentando 39,80 cm de comprimento radical, contra 22,30 cm do tratamento tolete. Com inversão do comprimento dos tratamentos, na época 56 o tratamento tolete apresenta 47,70 cm e em seguida este valor cai para 38,70 cm. Neste período o tratamento gema apresentou 21,70 cm e 12,90 cm.

Nas épocas 126 e 161 as amostragens indicam 22,07 cm e 16,53 cm de comprimento radical para gema, e para tolete 20,83 cm e 13,73 cm.

O tratamento gema aumenta em 330% o comprimento radical na época 252, comparada a época 161, neste intervalo o tratamento tolete cresce em apenas 82%, mas mantém-se crescendo até a última amostragem, indicando 34,43 cm, contra 45,57 cm do tratamento em gema, que perdeu comprimento radical.

Na profundidade de 40-60 cm o comportamento dos pontos é semelhante ao dos pontos da profundidade 20-40 cm.

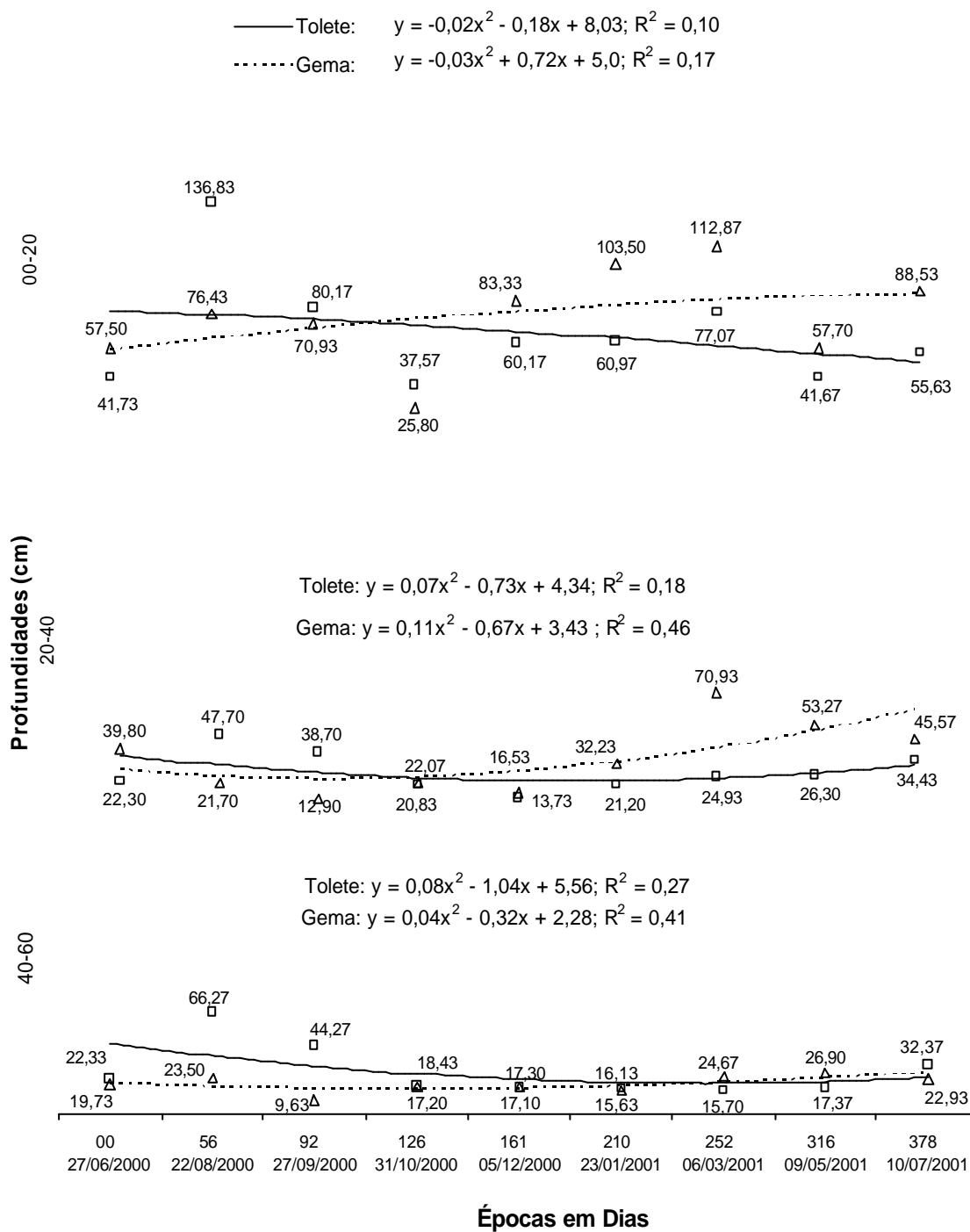


FIGURA 14 – Comprimento de raízes (cm) nas profundidades 0-20 (cm), 20-40 (cm) e 40-60 (cm); em dois sistemas de plantio: tolete e gema, para a Variedade SP80-1842, nas nove épocas de amostragens. Estação Experimental de Paranaíba, SCA-UFPR, PR, 2000/2001.

4.3.1.2 Volume do Sistema Radicial (cm³)

O tratamento tolete apresenta (Figura 15, profundidade 00-20 cm) entre as épocas 0 (3,93 cm³) e 56 (7,88 cm³) crescimento em volume do sistema radicial de 200%, enquanto, no mesmo período, o tratamento gema cresceu apenas 25% (5,37 cm³ para 6,71 cm³). As épocas 92 e 126 apontam queda do volume radicial para ambos tratamentos, 49% e 52% para o plantio em tolete, e 42% e 46% para o plantio em gema.

Na época 161 os números denotam ascendência, o tratamento gema (5,25 cm³) supera o tratamento tolete (3,47 cm³) em 51%, a diferença sobe para 79% na época 210 e cai para 77% na época 252.

O déficit hídrico ocorrido em abril (Figura 02) ocasiona a morte das raízes (ROSOLEN, 1994) na época 316, os volumes radiciais são 5,65 cm³ para o tratamento tolete e 2,26 cm³ para o tratamento em gema. Na época 378 a diferença entre os volumes radiciais é de 80%.

Na profundidade 20-40 cm (Figura 15) o tratamento gema inicia as amostragens apresentando 2,25 cm³ de volume radicial, contra 1,33 cm³ do tratamento tolete. Com inversão do volume dos tratamentos, na época 56 o tratamento tolete apresenta 2,82 cm³ e em seguida este valor cai para 2,21 cm³. Neste período o tratamento gema apresentou 1,50 cm³ e 0,59 cm³.

Nas épocas 126 e 161 as amostragens indicam 1,45 cm³ e 1,25 cm³ de volume radicial para gema, e para tolete 0,91 cm³ e 0,85 cm³.

O tratamento gema aumenta em 136% o volume radicial na época 252, comparada a época 161, neste intervalo o tratamento tolete cresce 127%, mas mantém-se crescendo até a última amostragem, indicando 2,14 cm³, contra 3,77 cm³ do tratamento em gema, que perdeu volume radicial na época 316 (2,34 cm³) e recuperou em seguida.

Na profundidade de 40-60 cm o comportamento dos pontos é semelhante ao dos pontos da profundidade 20-40 cm.

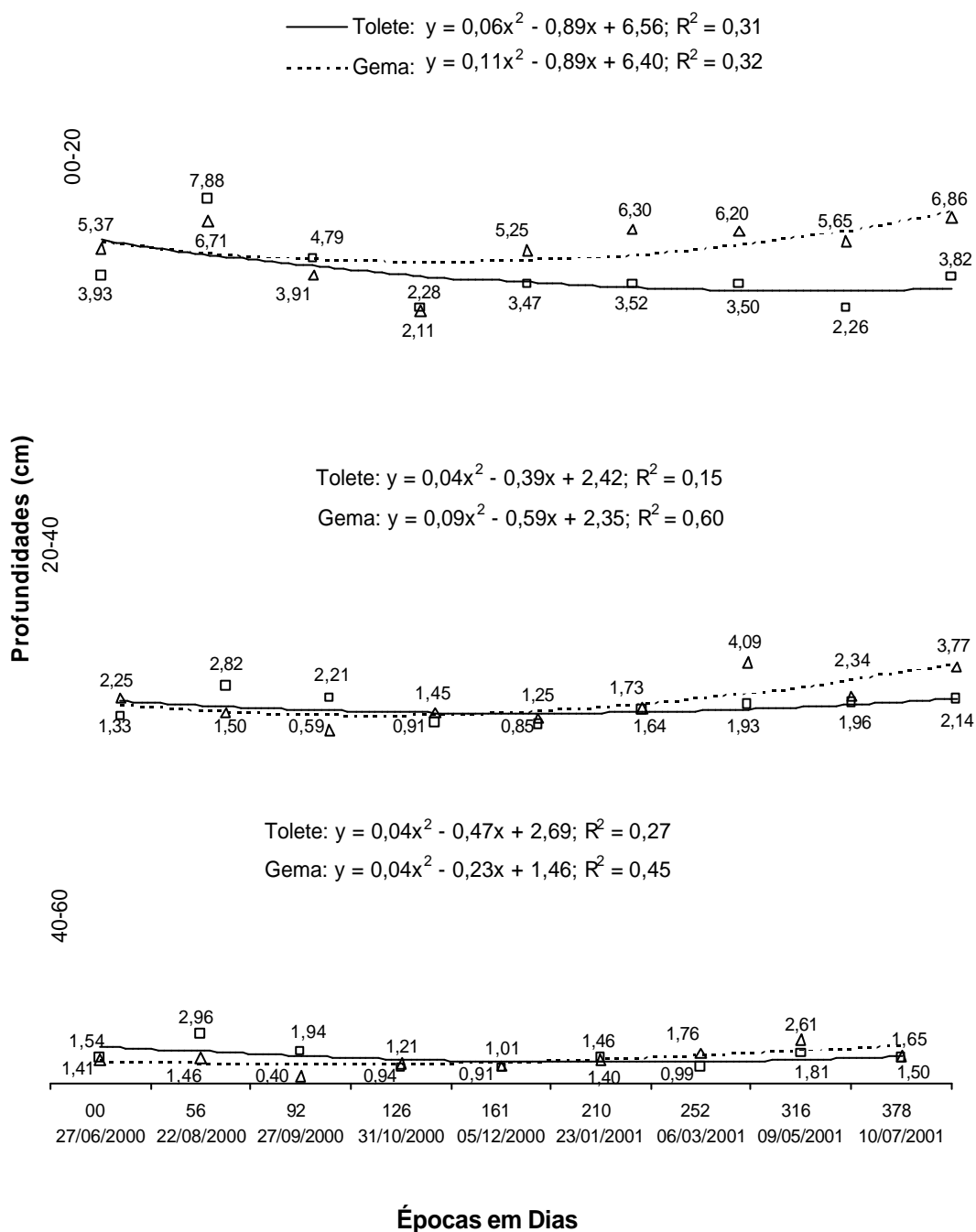


FIGURA 15 – Volume de raízes (cm^3) nas profundidades 0-20 (cm), 20-40 (cm) e 40-60 (cm); em dois sistemas de plantio: tolete e gema, para a Variedade SP80-1842, nas nove épocas de amostragens. Estação Experimental de Paranavaí, SCA-UFPR, PR, 2000/2001.

4.3.2 Crescimento da Parte Aérea

4.3.2.1 Número de Perfilhos

A variedade SP80-1842 apresentou o número máximo de perfilhos na época 126, 24,0 perfilhos para o tratamento tolete e 22,5 perfilhos para o tratamento gema (Anexo 04). Ido (2003), trabalhando em Rizotron com a mesma variedade, solo e plantio em gema, encontrou número máximo de perfilhos (24) em outubro, ocorre estabilização do número de perfilhos até a colheita (época 378) com 11 perfilhos, apresentando queda de 54% no número de perfilhos de outubro a julho.

A partir da época 161 há morte gradativa dos perfilhos até a época 378, a mortalidade entre a época de número máximo de perfilhos e a última é de 58% para o tratamento tolete e 55% para o tratamento gema, em concordância com Ido (2003), anteriormente mencionado.

Na Figura 16 pode-se observar as linhas de tendência apresentam comportamento distinto, o tratamento tolete apresenta menor número de perfilhos que o tratamento gema. No tratamento tolete o número máximo de perfilhos se dá na época. No tratamento gema a linha de tendência indica grande quantidade de perfilhos na época 54, com tendência de queda até a última época, mostrando que neste tratamento é definido mais cedo. A equação de regressão quadrática apresentou R^2 de 0,67 para o tratamento tolete, demonstrando boa correlação entre os dados para este tratamento e 0,55 para o tratamento gema, pois o número de perfilhos apresenta valores a partir da época 161 mais estáveis (Anexo 04), não apresentando comportamento desta equação, com tendência mais linear, não quadrática.

Leva a crer que quando plantada em gema há definição do número de perfilhos antes (Figura 06), pois parece haver competição por luz já no início do desenvolvimento dos perfilhos, que estão mais concentrados em volta daquela touceira no tratamento gema. Terauchi et al. (1999) e Terauchi e Matsuoka (2000), sugerem que o ideal seria pequena emissão de número de perfilhos por área, assim, haverá menor mortalidade do perfilhos e a massa seca dos perfilhos formados seria maior, devido à diminuição da competição intra-específica.

Segundo Machado (1987) a luz (auto sombreamento) é o fator mais importante na definição do número de perfilhos, com o posicionamento dos perfilhos todos em volta da touceira no tratamento gema, o auto sombreamento ocorre mais cedo, e então a definição dos perfilhos.

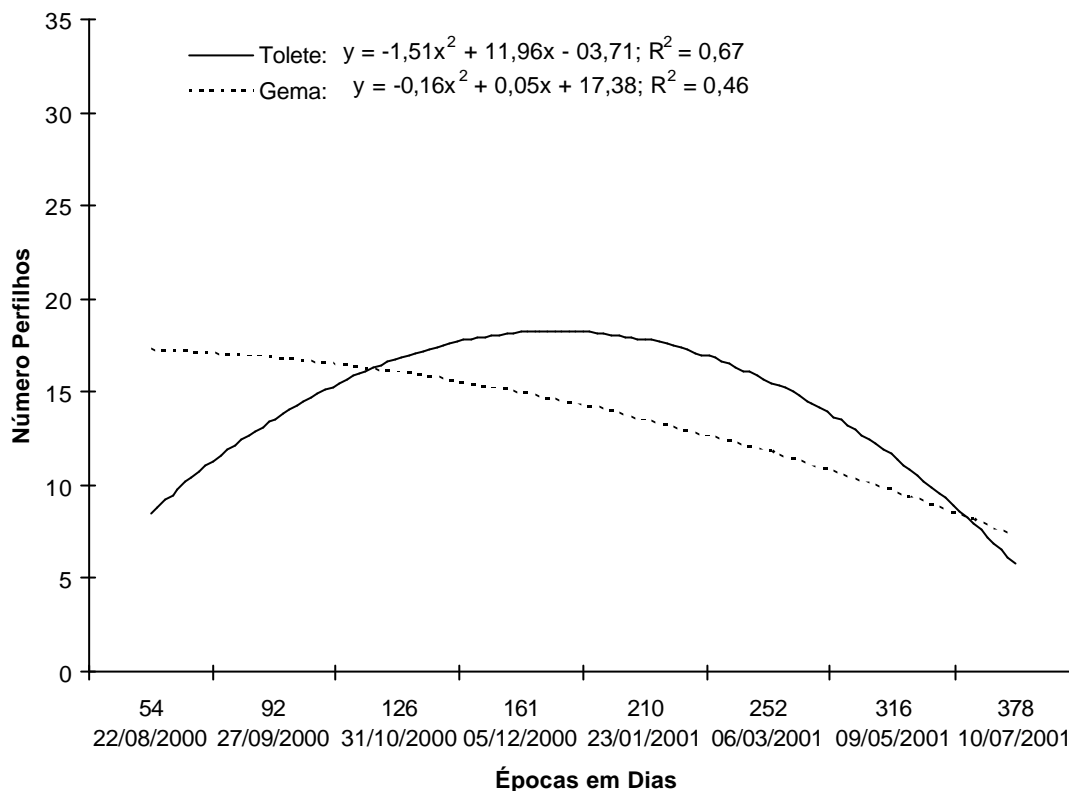


FIGURA 16 – Número de perfilhos em dois sistemas de plantio: tolete e gema, para a Variedade SP80-1842, em sete épocas de amostragem. Estação Experimental de Paranavaí, SCA-UFPR, PR, 2000/2001.

4.3.2.2 Estatura de Colmos (cm)

No Anexo 04 observa-se ganho de 30% (100 cm) para o tratamento tolete e 34% (112 cm) para o tratamento gema entre as épocas 161 e 252, com relação à estatura máxima de cada tratamento. Ido (2003) apresentou valores de 48% (178 cm) neste mesmo período. Ao final do experimento (época 378) este autor encontrou 370 cm de estatura de colmos, valor cerca de 12% superior à 328 cm do tratamento tolete e 334 cm do tratamento gema 334 cm, diferença provavelmente devida à condição de rizotron.

Tal comportamento do desenvolvimento coincide com os resultados encontrados pelos autores Miocque (1999) e Alvarez et. al. (1999) em condição de campo.

A Figura 17 evidencia que a estatura do tratamento gema é maior que a estatura de colmos no tratamento tolete, da época 92 até a 378. O coeficiente de determinação (R^2) é bastante elevado, 0,98 para a equação de regressão quadrática do tratamento tolete e 0,99 para equação do tratamento gema.

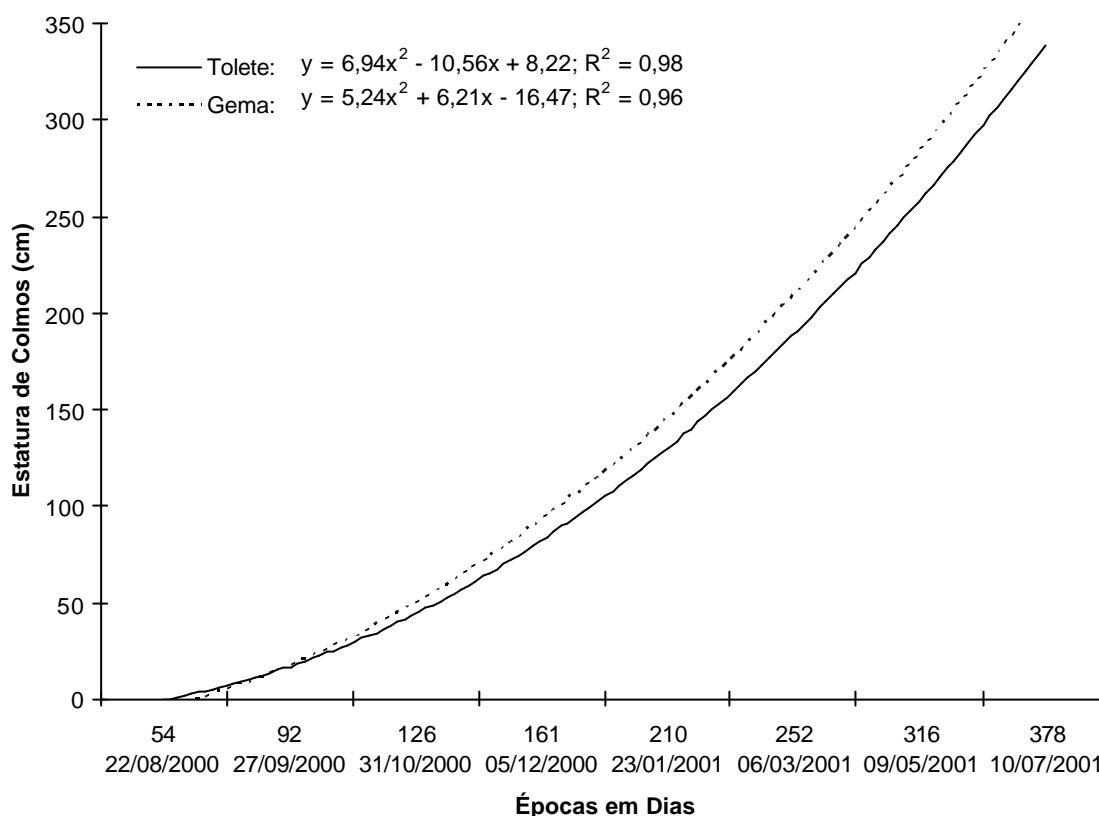


FIGURA 17 – Estatura dos colmos (cm) em dois sistemas de plantio: tolete e gema, para a Variedade SP80-1842, em sete épocas de amostragens. Estação Experimental de Paranavaí, SCA-UFPR, PR, 2000/2001.

4.3.2.3 Área Foliar (cm²)

A AF do tratamento tolete cresceu 260% (de 699 cm² para 2514 cm²) e do tratamento gema 238 cm² (de 818 cm² para 2764 cm²) entre as épocas 126 e 161.

O valor máximo de AF observado no tratamento tolete foi 3666 cm² na época 210, Ido (2003), apesar de também ter observado o valor máximo de AF na época 210 para a variedade SP80-1842, encontrou 4383 cm², 717 cm² superior ao tratamento tolete.

No tratamento gema o valor de máxima área foliar encontrado foi 3097 cm² na época 316. Segundo Oliveira (2004) os maiores valores de AF são registrados entre dezembro e março, em concordância com o que foi aqui encontrado.

Verifica-se na Figura 18 que a AF do tratamento gema é menor no meio do ciclo de desenvolvimento (épocas 126, 161, 210 e 252), e maior no início e no final do ciclo (épocas 56, 316 e 378). O coeficiente de determinação da equação de regressão quadrática é 0,89 para o tratamento tolete e 0,90 para o tratamento gema.

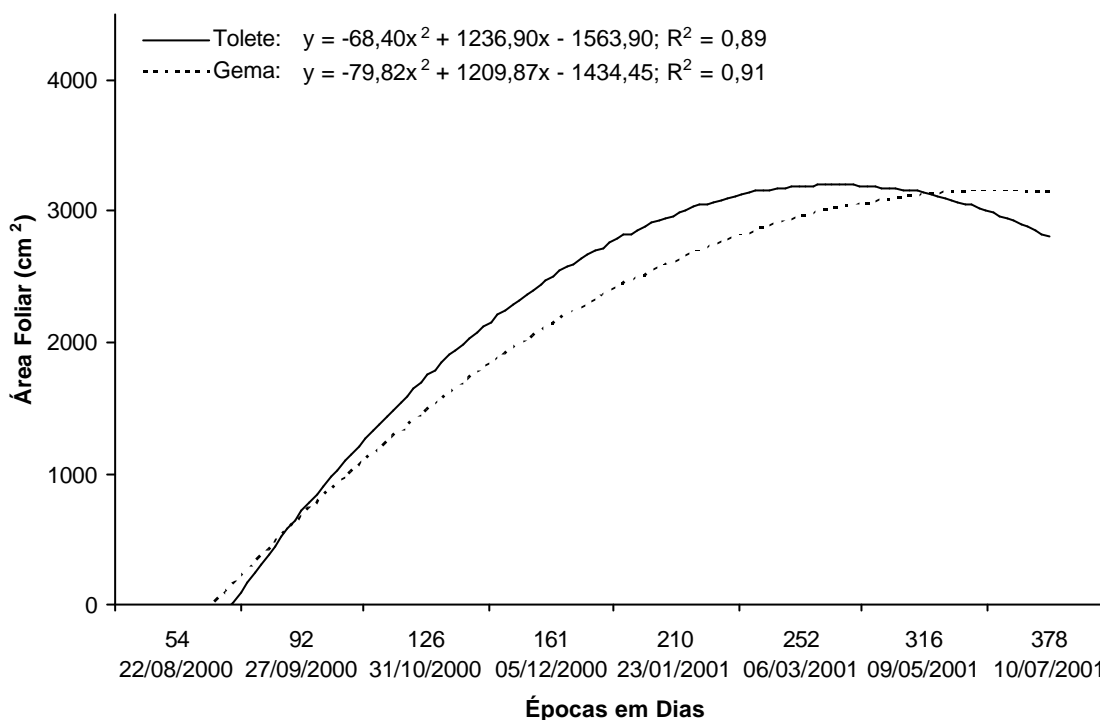


FIGURA 18 – Área Foliar (cm²) em dois sistemas de plantio: tolete e gema, para a Variedade SP80-1842, em sete épocas de amostragens. Estação Experimental de Paranavaí, SCA-UFPR, PR, 2000/2001.

4.3.3 Tolete X Gema

A variedade SP80-1842 apresenta elevado número de perfilhos do início do desenvolvimento do tratamento gema, todavia, mesmo com 150% mais perfilhos (12,5) o seu comprimento radicial não supera o comprimento do tratamento tolete (Anexo 04 e Figura 14).

Casagrande (1991) comenta que maior quantidade de raiz não indica maior produção e Vasconcelos (2002), na mesma linha, explica que maior quantidade de raízes pode causar queda na produção, pois os assimilados que seriam disponibilizados para a parte aérea foi investido no sistema radicial.

Então, na época 161 as raízes chegam ao seu comprimento mínimo, numa tentativa de restabelecer a relação raízes parte aérea (IDO, 2003) período que são selecionados os perfilhos. Em seguida, época 210, o tratamento gema manifesta maior crescimento, mostrando maior vigor de crescimento, certamente utilizando reservas armazenadas nas épocas iniciais de desenvolvimento. Reserva esta que o tratamento tolete utilizou produzindo raízes e queimando na competição intra-específica do sulco de plantio.

Surpreende tal fato, pois o tratamento tolete, em tese, apresentaria maior vigor, pois possuía maior reserva de energia na ocasião do plantio (três entrenós). Isso demonstra que a touceira do plantio de cana-de-açúcar em ciclo de primeira soca em gema tem a mesma capacidade de sustentar seus perfilhos que a touceira do plantio em tolete, senão maior.

O vigor do tratamento gema explica seu ganho em estatura, que é fundamental para manter tamanho sistema radicial, e vice-versa, pois segundo Ido (2003) o equilíbrio da relação parte aérea / sistema radicial é buscado pela planta durante todo ciclo.

Esta relação é bastante evidente ao observar a linha de tendência para comprimento de raiz na profundidade de 00-20 cm (Figura 14) e número de perfilhos (Figura 16) para o tratamento gema. Enquanto a linha de tendência é ascendente para o comprimento radicular é descendente para número de perfilhos.

5 CONCLUSÕES

As variedades de cana-de-açúcar estudadas apresentaram comportamento do sistema radicial e parte aérea diferente quando plantada em gema isolada e tolete.

O comportamento do volume do sistema radicial ao longo das épocas é semelhante ao comportamento do seu comprimento, apenas um destes parâmetros bastaria para estudar o sistema radicial destas variedades.

Na profundidade de 40-60 cm praticamente não houve diferença no comprimento e volume radiciais entre os tratamentos gema e tolete.

Variedade RB835486:

- apresentou maior comprimento e volume de raízes no início e no final do ciclo, no tratamento em gema, para as profundidades 00-20 cm e 20-40 cm.
- apresentou maior número de perfilhos e AF á partir da época 126 no plantio em tolete, enquanto o tratamento gema apresentou maior estatura de colmos em todas as épocas.

Variedade RB855536:

- não apresentou diferença no comprimento e volume de raízes entre os tratamentos gema e tolete em nenhuma das três profundidades.
- o tratamento gema apresentou menor número de perfilhos no início do ciclo e maior AF no final do ciclo.

Variedade SP80-1842:

- o comprimento e volume de raízes é maior no final do ciclo nas profundidades 00-20 cm e 20-40 cm no tratamento gema.
- no final do ciclo o tratamento gema apresentou maior estatura de colmos, enquanto o tratamento tolete apresentou maior área foliar.

6 REFERÊNCIAS

AGUIAR, S.F. **Observações sobre sistema radicular da cana-planta (*Saccharum spp*)**. Trabalho de Graduação em Agronomia – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Campus Jaboticabal. Jaboticabal: FCAV/UNESP. 1978. 24 p.

ALVAREZ, I. A.; CASTRO, P. R. C.. Crescimento da parte aérea de cana crua e queimada. **Scientia Agrícola**. Vol. 56, nº. 4, out./dez. Suplemento. 1999. p.1069-1079.

ALVAREZ, I. A.; CASTRO, P. R. C.; NOGUEIRA, M. C. S.. Crescimento de raízes de cana crua e queimada em dois ciclos. **Sistema Agrícola**. Vol. 57, nº. 4, Oct./Dec. Piracicaba, 2000. pp.653-659.

ARIZONO, H.; *et al.* Guias das principais variedades RB / HIDETO ARIZONO, Coordenador. Araras: **CCA/UFSCar**, 1999. 15 p.

BACCHI, O. O. S.. **Ecofisiologia da cana-de-açúcar**. Piracicaba: AA/Planalsucar, 1985. 20p.

BARAN, et al.. Measurement of available water and root development on an irrigated sugar cane crop in the Ivory Coast. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 15., 1974, Durban. **Proceedings...** Durban: Hayne & Gibson, 1974. Vol. 2. pp.726-735.

BARBER, S. A.. **Soil nutrient bioavailability: a mechanistic approach**. New York: John Wiley & Sons, 1995. 414p.

BARBOSA, M. H. P.; BASTOS, I. T.; SILVEIRA, L. C. I.; OLIVEIRA, M. W. Análise de causa e efeito para produção de colmos e seus componentes na seleção de famílias de cana-de-açúcar. In: 8º CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 2002, Recife - Pernambuco. **Anais...**, 2002. p.366-370.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal: FUNEP, 1988. 42p

BEZUIDENHOUT, C. N.; O'LEARY, G. J.; SINGELS, A.; BAJIC, V. B. A process based model to simulate changes in tiller density and light interception of sugarcane crops. **Agricultural Systems**. v.76, n.2, p.589-599, 2003.

BLACKBURN, F.. **Sugar cane**. Longman, New York, 1984, ISBN: 0-582-46028-X, 414 p.

- BÖHN, W. **Methods of studying root systems**. Berlin: Springer Verlag. 1979. 188 p.
- BURR, G. O. et al.. The sugarcane plant. **Annual Review Plant Physiology**. Vol. 8. Stanford, 1957. pp. 275-308.
- CASAGRANDE, A.A. **Tópicos de morfologia e fisiologia da cana-de-açúcar**. Jaboticabal. FUNEP, 1991. 157 p.
- CASTRO, P. R. C.. Aplicações da fisiologia vegetal no sistema de produção da cana-de-açúcar. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE FISILOGIA DE CANA-DE-AÇÚCAR, 2000, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba, STAB, 2001a. 1 CD-ROM.
- CASTRO, P.R.C. Utilização de reguladores vegetais no sistema de produção da cana-de-açúcar. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE FISILOGIA DA CANA-DE-AÇÚCAR, 2000, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba, STAB, 2001b 1 CD-ROM.
- CHRISTOFFOLETI, P.J. **Aspectos fisiológicos da brotação, perfilhamento e florescimento da cana-de-açúcar**. Piracicaba, ESALQ, 1986. p.80.
- CLEMENTS, H.F. **Sugarcane crop logging and crop control**. principles and practices. London: Pitman Publis.. 1980. 520 p.
- COPERSUCAR. Quarta geração de variedades de cana-de-açúcar. **Boletim Técnico COPERSUCAR**, Edição Especial, São Paulo, 16 p. 1993.
- COSTA, C. et al.. Root morphology of contrasting maize genotypes. **Agronomy Journal**, Vol. 94, January–February 2002. pp. 96-101.
- COSTA, M.C.G.. **Distribuição e crescimento radicular em soqueiras de cana-de-açúcar: dois cultivares em solos com características distintas**. Tese de Doutorado - Escola Superior Agrícola Luiz de Queiroz. Piracicaba: USP, 2005. 88p.
- COSTA LIMA, J. M. J.. **Alterações de Propriedades de solo cultivados com cana-de-açúcar**. Tese de Doutorado – Escola Superior Agrícola Luiz de Queiroz. Piracicaba: USP, 1995. 170p.
- DERNER, J. D. et al.. Root system response of C4 grass seedlings to CO₂ and soil water. **Plant and Soil**. Vol. 231, 2001. pp. 97-104.
- DEMATTE, J. L. I.. **Cultura de Cana-de-açúcar**. Recuperação e manutenção da fertilidade do solo. Encarte Técnico – Informações Agronômicas. Nº. 111, Setembro/2005. Departamento de Solos e Nutrição de Plantas – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba: Universidade de São Paulo, 2005. 24p.

DILLEWIJN, C. Van. **Botany of sugarcane**. Waltham: The Chronica Botanica, 1952. 371p

EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ.) **Sistema brasileiro de classificação de solos**. - Brasília: Embrapa Produções de Informações; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999, 412p.

FERNANDES, J.. **A subsolagem no controle da compactação do solo na cana soca (*Saccharum spp*) variedade CB-4176 e seus efeitos no rendimento agrícola e no sistema radicular**. Dissertação de Mestrado – Escola Superior Agrícola Luiz de Queiroz. Piracicaba: USP, 1979. 157p.

FERNANDES, J.. Observações sobre o sistema radicular da cana-de-açúcar. **Álcool e Açúcar**. Vol. 5, nº. 23, jul./ago.. São Paulo, 1985. pp. 51-52.

FERNANDES, J.; FURLANI NETO, V. L.. Influencia da compactação do solo no comportamento da cana soca. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 2., 1981, Vol. 3. Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: STAB, 1981. pp. 598-608.

FRANCIS, C.A.; RUTGER, J.N.; PLAMER, A.F.E. A rapid method for plant leaf área estimation in maize (*Zea mays* L.). **Crop Science**, v.9, p.537-539, 1969.

GLASZIOU, K.T.; BULL, T.A.; HATCH, M.D.; WHITEMAN, P.C. Physiology of sugar cane. VII. Effects of temperature, photoperiod duration, and diurnal and seasonal temperature changes on growth and ripening. **Australian Journal of Biological Sciences**, East Melbourne, v.18, p.53-66, 1965.

HERMANN, E.R.; CÂMARA, G.M.S. Um método simples para estimar a área foliar de cana-de-açúcar. **Stab. Açúcar, Álcool & Subprodutos**, Vol. 17, nº. 5, 1999. pp. 32-34.

HIMMELBAUER, M.; LOISKANDL, W.; KASTANEK, F.. Estimating length, average diameter and surface area of roots using two different Image analysis systems. **Plant and Soil**. Vol. 260. Cap. 1-2, 2004. pp. 111-120.

HUDSON, J. C.. Available soil water and sugarcane growth and transpiration. In: CONGRESS OF THE ISSCT. 13., Taioei, 1968. **Proceedings...** Amsterdam: Elsevier, 1969. pp. 484-498.

HUMBERT, R. P.. **El cultivo de la caña de azúcar**. México: Companhia Editora Continental S.A., 1974. 719p.

IDO, O. T.; **Desenvolvimento radicial e caulinar, de três variedades de cana-de-açúcar, em Rizotron, em dois substratos**. Curitiba : 2003. 141p. Tese (Doutorado em Agronomia, Produção Vegetal) - Universidade Federal do Paraná.

INFORZATO, R.; ALVAREZ, R. Distribuição do sistema radicular da cana-de-açúcar var. Co 190, em solo tipo terra-roxa legítima. **Bragantia**. Campinas. v. 16. n. 1. p. 11-13, out. 1957.

INMAN-BAMBER, N. G. Sugarcane water stress criteria for irrigation and drying off. **Field Crops Research**. v.89, p.107-122, 2004. in: Elsevier Science, Amsterdam, 2004.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ – IAPAR. **Cartas Climáticas do Estado do Paraná 1994**. Londrina, 1994, 49 p. (IAPAR. Documento, 18)

KOEHLER, H. S.. **Estatística experimental**. Curitiba. Universidade Federal do Paraná, 1998, 124p. (Apostila)

JAMES, N.I. Yeld components in random and selected sugarcane populations. **Crop Science**, 1971. v.11, p.906-908.

LEE, H. A.. The distribution of de roots of sugar cane in the soil in the Hawalin Islands. Vol. 1. **Plant Physiology**, 1926. pp. 363-378.

MACHADO, E. C. et al.. Índices biométricos de duas variedades de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Vol. 17, nº. 9. Brasília, 1982. pp. 1323-1329.

MACHADO, E. C. Fisiologia de produção de cana-de-açúcar. In: PARANHOS, S.B. (Coord) **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização**. Campinas, Fundação Cargil, 1987. v.1, cap.1, p.56-87.

MALAVOLTA, E.; HAAG, H.P.; MELLO, F.A.F.; BRASIL SOBRINHO, M.O.C. **Nutrição mineral de algumas culturas tropicais**. São Paulo: Livraria Pioneira; EDUSP, 1967. p.251.

MANTOVANI, E. C. Máquinas e implementos agrícolas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 23, n. 1, p. 56-63, 1987.

MARIOTTI, J.A. Associations among yeld and quality components in sugarcane hybrid progênes. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 14, New Orleans, 1971. **Proceedings**. New Orleans: ISSCT, 1971. p. 177-184.

MATSUOKA, S.. **Botânica e ecofisiologia da cana-de-açúcar**. In: CURSO DE QUALIFICAÇÃO EM PLANTAS INDUSTRIAIS – Cana-de-açúcar (Apostila). Maringá: UFPR/SENAR, 1996. 34p.

MATSUOKA, S. et al. Variedades RB de cana-de-açúcar / SIZUO MATSUOKA, Coordenador. Araras : **CCA/UFSCar**, 1997. (Catálogo).

MATSUOKA, S. et al. Seis novas variedades RB de cana-de-açúcar / SIZUO MATSUOKA, Coordenador. Araras : **CCA/UFSCar**, 1998. 24 p.

MAULE, R. F.; MAZZA, J. A.; MARTHA JR., G. B. Produtividade agrícola de cultivares de cana-de-açúcar em diferentes solos e épocas de colheita. **Scientia Agrícola**. Piracicaba, v.58, n.2, p.295-301, 2001.

MELLO IVO, W. M. P.. Distribuição do sistema radicular da cana-de-açúcar em solo de tabuleiro costeiro. In: WORKSHOP SOBRE SISTEMA RADICULAR: METODOLOGIAS E ESTUDO DE CASOS. 1999. Aracajú. **Anais...** Aracajú: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 1999. pp. 101-114.

MIOCQUE, J. Avaliação de crescimento e de produtividade de matéria verde da cana-de-açúcar na região de Araraquara – SP. **Revista da STAB**. Piracicaba, v.17, n.4, p.45-47, 1999.

MOHAN-SING; AGRAWAL, M. P.. Chemical composition of sugarcane roots and its role in sugarcane ratoons. **Indian-Sugar**. New Delhi, Vol. 38, nº. 3. 1984. pp. 293-296.

MONGELARD, J. E.. The effect of different water regimes on the growth of two sugar cane varieties. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 13., Taipei, 1968. **Proceedings**. Amsterdam: Elsevier, 1969. pp. 643-651.

MORGADO, Ivan Ferreira, CARNEIRO, José Geraldo de Araujo, LELES, Paulo Sérgio dos Santos *et al.* **Pressed industrial residues as substrate for sugar cane seedling production**. *Sci. agric.*, Oct./Dec. 2000, vol.57, no.4, p.709-712. ISSN 0103-9016.

NEGI, O.P.; NAITHANI, S.P.; PODDAR, S. Root studies of outstanding sugar cane varieties of Bihar, Índia. In: CONGRESS OF THE ISSCT. 14. Baton Rouge. 1971. **Proceedings...** Baton Rouge: Franklin Press. 1972. p. 733-738

OLIVEIRA, R. A.. **Análise de crescimento da cana-de-açúcar, na região noroeste do Paraná**. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Paraná. Curitiba - Paraná, 2004. 65p

OPPELT, A. L. et al.. Structure and fractal dimensions of root systems of four co-occurring fruit tree species from Botswana. *Ann. For. Sci.*, Vol. 57. INRA, EDP Sciences, 2000. p. 463-475.

ORTIZ-RIBBING, L. M., EASTBURN, D. M. **Evaluation of digital image acquisition methods for determining soybean root characteristics**. Online. Crop Management doi:10.1094/CM-2003-0702-01-RS; 2003.

PAZ-VERGARA, J.E. *et al.* Root development of the sugarcane cultivars H32-8560 and H57-5174, under normal conditions of cultivation and irrigation in Chicama Valley. In: CONGRESS OF THE ISSCT. 17. Manila. 1980. **Proceedings...** v. 1. p. 534-535.

PEREIRA, A.R.;MACHADO, E.C. Um simulador dinâmico do crescimento de uma cultura de cana-de-açúcar. **Bragantia**, v.45, n.1, p.107-122, 1986.

PEREIRA, A.R.;MACHADO, E.C. **Análise quantitativa do crescimento de comunidade de vegetais**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1987. 33p. (IAC - Boletim Técnico).

PRIBERAM. Dicionário de Língua Portuguesa On-Line. Disponível em: <<http://www.priberam.pt/dlpo>>. Acessado em: 19/04/2006.

PRADO, A. P. A. **Perfilhamento e produção da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) em função da densidade de plantio**. Dissertação de Mestrado – Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz. Universidade de São Paulo. Piracicaba, 1988. 69p.

PRADO, H. **Solos do Brasil: gênese, morfologia, classificação, levantamento, manejo agrícola e geotécnico**. 3 ed. ver. amp. Piracicaba - SP, 2003.

QUEIROZ-VOLTAN, R. B.; PRADO, H. do; MORETTI, F. C.. **Aspectos estruturais de raízes de cana-de-açúcar sob o efeito da compactação do solo**. Vol. 57, nº. 1. **Bragantia**, 1998.

RAMESH, P.; MAHADEVASWAMY, M. Effect of formative phase drought on different classes of shoots, shoot mortality, cane attributes, yield and quality of four sugarcane cultivars. **J. Agronomy & Crop Science**. Berlim, v.185, p.249-258, 2000.

ROCHA, A. M. C.. **Emergência, perfilhamento e produção de colmos de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) em função das épocas de plantio no Estado de São Paulo**. Dissertação de Mestrado – Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz. Universidade de São Paulo. Piracicaba, 1984. 154p.

RODRIGUEZ, D.; ANDRADE, F.H.; GOUDRIAAN, J. Effects of phosphorus nutrition on tiller emergence in wheat. **Plant and Soil**, 1999. v.209, p.283-295.

ROSOLEM, C. A.. Interpretação de análise de solo e desenvolvimento radicular da cana-de-açúcar. In: SEMINÁRIO SOBRE TECNOLOGIAS DE MANEJO DO SOLO E

ADUBAÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR, 1., 1994, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: SOPRAL SUCRESP/ALCOPLAN. 1994. pp. 53-73.

ROSTRON, H.. Radiant energy interception, root growth, dry matter production and apparent yield potential of two sugar cane varieties. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 15., 1974, Durban. **Proceedings...** Durban, Hayne & Gibson, 1974. pp. 1001-1010.

SALATA, J. C. et al.. **Influência do tipo de sulcador no desenvolvimento do sistema radicular e produtividade de cana-de-açúcar**. Vol. 5, nº. 4. Piracicaba: STAB, 1987. pp. 12-18.

SEAB, Secretaria de Estado da Agricultura e Abastecimento. Agropecuária no Paraná. **Principais Culturas - Comparativo de Área e Produção - Paraná / Brasil e Ranking - Safra 2004/05**. Disponível em: <<http://www.pr.gov.br/seab/>>. Acessado em: 22/04/2006.

SILVA, D. K.. **Crescimento de cultivares de cana-de-açúcar em primeira soca na região noroeste do Paraná na safra de 2002/2003**. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Paraná. Curitiba - Paraná, 2005. 73p

SILVA, P. C.; STRINI JR, A. E.. Compactação de solos cultivados com cana-de-açúcar. In: SEINÁRIO DE TECNOLOGIA AGONÔMICA COPERSUCAR, 6., 1994, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: COPERSUCAR, 1994. pp. 57-66.

SOUSA, J. A. G. C.. **Efeito da tensão da água do solo na cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*)**. Tese de Doutorado – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Limeira: Universidade Estadual de Campinas. 1976. 163p.

SMITH, J. P. et al.. Investigations into the root: shoot relationship of sugarcane, and some implications for crop productivity in the presence of sub-optimal soil conditions. In: CONFERENCE OF THE AUSTRALIAN SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 1999, Townsville, Queensland, Australia. **Proceedings...** Brisbane, PK Editorial Services, 1999. pp. 18-113.

SMITH, D. M.; INMAN-BAMBER, N. G.; THORBURN, P. J.. Growth and function of the sugarcane root system. **Field Crops Research**. Vol. 92 . Elsevier B.V., 2005. pp. 169-183.

SRIVASTAVA, A. K.. Study on effects of soil compaction on rooting pattern of sugarcane. **Journal of Nuclear Agriculture and Biology**. Vol. 14, nº. 2. 1985. pp. 82-83.

STEVENSON, G.C. Investigation into the root development of the sugar cane in Barbados. II – Further observations on root development in several varieties under one environment. **Brisch West Indies Central Sugarcane Breeding Station Bulletin**. Barbados, 1936. 11p.

STEVENSON, G.C. **Genetics and breeding of sugar cane**. London: Longmans, 1965. p.284.

STEVENSON, G.C.; McINTOSH, A. E. S.. Investigation into the root development of the sugar cane in Barbados. I – Root development in several varieties under one environment. **Brisch West Indies Central Sugarcane Breeding Station Bulletin**. Barbados, 1935. 5p.

TAYLOR, D.; ARKIN, G.F. Root zone modification fundamentals and alternatives. In: TAYLOR, H.M.; ARKIN, G.F. (Eds.). **Modifying the root environment to reduce crop stress**. St. Joseph : ASAE, 1981. p.3-16.

TERAUCHI, T.; MATSUOKA, M. Ideal characteristics for the early growth of sugarcane. **Japanese Journal of Crop Science**. Japan, v.69, n.3, p.286-292, 2000.

TERAUCHI, T.; NAKAGAWA, H.; MATSUOKA, M.; NAKANO, H. Comparison of the early growth between sugarcane and sweet sorghum. **Japanese Journal of Crop Science**. Japan, v.68, n.3, p.414-418, 1999. Resumo.

TOKESHI, H. Perfilamento e perdas pelo carvão da cana-de-açúcar. **STAB**, Piracicaba, v.4, n.5, p.34-44, 1986.

THOMPSON, G. D.. Water use by sugar cane. **South African Sugar Journal**. Durba. Vol. 60. 1976. pp. 627-635.

TROUSE JR, A. C.. Effects of soil compression on the development of sugarcane roots. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 12., 1965, San Juan. **Proceedings...** Amsterdam, Elsevier, 1967. pp. 136-152.

TROUSE JR, A. C.; HUMBERT, R. P.. Some effects of soil compactions on the development of sugarcane roots. **Soil Science**, Baltimore, Vo. 91, nº. 3. 1961. pp. 208-217.

VAMERALI, T. et al.. Analysis of root images from auger sampling with a fast procedure: a case of application to sugar beet. **Plant and Soil**. vol. 255 (1), 2003. pp. 387-397.

VASCONCELOS, A. C. M.. **Comportamentos de clones IAC e variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) nas condições edafoclimáticas da região do Vale do Paranapanema.** Dissertação de Mestrado em Agronomia, Produção Vegetal – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista. Jaboticabal: FCAV/UNESP, 1998. 108p.

VASCONCELOS, A.C.M. **Desenvolvimento do sistema radicular e da parte aérea de socas de cana-de-açúcar sob dois sistemas de colheita: crua mecanizada e queimada manual.** 2002. 140 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2002.

VASCONCELOS, A. C. M.; GARCIA, J. C.. **Cana-de-açúcar: Ambientes de Produção.** Desenvolvimento Radicular da cana-de-açúcar. Encarte Técnico – Informações Agrônomicas. Nº. 110, Junho/2005. Centro de Cana do Instituto Agrônômico (IAC/Apta/SAA), Ribeirão Preto, 2005. 5p.

WAHID, A. Analysis of toxic and osmotic effects of sodium chloride on leaf growth and economic yield of sugarcane. **Botanical Bulletin of Academia Sinica.** Taiwan, v.45, n.2, p.133-141, 2004.

WANG, L. D. et al.. Genetic variability for root hair traits as related to phosphorus status in soybean. **Plant and soil.** Vol. 261, Cap. 1-2. 2004. pp. 77-84

WELLS, C. E.; GLENN, D. M.; EISSENSTAT, D. M.. **Soil insects alter fine root demography in peach (*Prunus persica*).** Plant, Cell and Environment. Vol. 25. Blackwell Science Ltd, 2002. pp. 431-439.

YANG, S. J.. Soil physical properties and the growth of ratoon cane as influenced by mechanical haversting. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 16., 1977, São Paulo. **Proceedings...** São Paulo, 1978. pp. 835-847.

ANEXOS

ANEXO 1 - Resultados da análise de variância para comprimento (cm), superfície específica (cm²), diâmetro (mm) e volume de raízes (cm³), para a variedade RB835486 em dois sistemas de plantio, Gema e Tolete, em três profundidades, 0-20, 20-40 e 40-60. Estação Experimental de Paranavaí, SCA-UFPR, 2000/2001.

| Fonte de Variação | Graus de Liberdade | QUADRADOS MÉDIOS | | | |
|------------------------------|--------------------|----------------------|-------------------------|---------------------|---------------------|
| | | Comprimento | Superfície específica | Diâmetro | Volume |
| Tratamento | 1 | 5824,8 ^{ns} | 30562,161 ^{ns} | 0,071 ^{ns} | 8,528 ^{ns} |
| Erro experimental | 4 | 2383,5 | 14660,928 | 0,012 | 5,899 |
| Profundidade | 2 | 6175,7** | 53285,587** | 0,040 ^{ns} | 30,731** |
| Tratamento X Profundidade | 2 | 1099,6 ^{ns} | 8040,656 ^{ns} | 0,010 | 3,570 ^{ns} |
| Erro experimental | 8 | 274,9 | 1991,402 | 0,030 | 1,196 |
| Total | 17 | | | | |
| Coeficiente de variação (CV) | | 34,38% | 33,11% | 18,06% | 35,30% |

Ns - não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade.

ANEXO 2 - Resultados da análise de variância para comprimento (cm), superfície específica (cm²), diâmetro (mm) e volume de raízes (cm³), para a variedade RB855536 em dois sistemas de plantio, Gema e Tolete, em três profundidades, 0-20, 20-40 e 40-60. Estação Experimental de Paranavaí, SCA-UFPR, 2000/2001.

| Fonte de Variação | Graus de Liberdade | QUADRADOS MÉDIOS | | | |
|------------------------------|--------------------|----------------------|------------------------|---------------------|---------------------|
| | | Comprimento | Superfície específica | Diâmetro | Volume |
| Tratamento | 1 | 182,4 ^{ns} | 1691,099 ^{ns} | 0,021 ^{ns} | 1,196 ^{ns} |
| Erro experimental | 4 | 075,5 | 515,078 | 0,007 | 0,416 |
| Profundidade | 2 | 10142,1** | 96761,509** | 0,028 ^{ns} | 59,970** |
| Tratamento X Profundidade | 2 | 1285,4 ^{ns} | 13418,999* | 0,002 | 8,337* |
| Erro experimental | 8 | 400,3 | 2520,440 | 0,013 | 1,216 |
| Total | 17 | | | | |
| Coeficiente de variação (CV) | | 37,58% | 31,43% | 11,76% | 28,28% |

Ns - não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade.

ANEXO 3 - Resultados da análise de variância para comprimento (cm), superfície específica (cm²), diâmetro (mm) e volume de raízes (cm³), para a variedade SP80-1842 em dois sistemas de plantio, Gema e Tolete, em três profundidades, 0-20, 20-40 e 40-60. Estação Experimental de Paranavaí, SCA-UFPR, 2000/2001.

| Fonte de Variação | Graus de Liberdade | QUADRADOS MÉDIOS | | | |
|------------------------------|--------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|---------|
| | | Comprimento | Superfície específica | Diâmetro | Volume |
| Tratamento | 1 | 598,6 ^{ns} | 11543,273 ^{ns} | 0,084* | 11,632* |
| Erro experimental | 4 | 313,3 | 1871,132 | 0,011 | 0,692 |
| Profundidade | 2 | 3011,4** | 31731,662** | 0,004 | 20,858* |
| Tratamento X Profundidade | 2 | 857,9* | 6750,112 ^{ns} | 0,019 ^{ns} | 3,747 |
| Erro experimental | 8 | 113,8 | 2210,631 | 0,015 | 2,425 |
| Total | 17 | | | | |
| Coeficiente de variação (CV) | | 22,91% | 34,22% | 12,71% | 47,32% |

Ns - não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

* - significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade.

ANEXO 4 – Número de perfilhos, estatura de colmos (cm) e área foliar (cm²), dos tratamentos gema e tolete, para três variedades de cana-de-açúcar (RB835486, RB855536 e SP80-1842), em sete épocas de amostragem. Estação Experimental de Paranaíba, SCA-UFPR, 2000/2001.

| Época | RB835486 | | | | | | RB855536 | | | | | | SP80-1842 | | | | | |
|-------|-----------|------|----------|------|-------------|------|-----------|------|----------|------|-------------|------|-----------|------|----------|------|-------------|------|
| | Perfilhos | | Estatura | | Área foliar | | Perfilhos | | Estatura | | Área foliar | | Perfilhos | | Estatura | | Área foliar | |
| | Tolete | Gema | Tolete | Gema | Tolete | Gema | Tolete | Gema | Tolete | Gema | Tolete | Gema | Tolete | Gema | Tolete | Gema | Tolete | Gema |
| 56 | 2,0 | 6,0 | 6 | 9 | 86 | 250 | 4,5 | 6,0 | 6 | 7 | 55 | 111 | 5,0 | 12,5 | 8 | 8 | 48 | 83 |
| 92 | 10,0 | 9,5 | 9 | 11 | 288 | 277 | 23,5 | 9,0 | 5 | 9 | 199 | 298 | 13,5 | 20,5 | 13 | 14 | 328 | 289 |
| 126 | 17,0 | 15,0 | 19 | 23 | 964 | 874 | 34,0 | 30,0 | 19 | 16 | 502 | 383 | 24,0 | 22,5 | 30 | 30 | 699 | 818 |
| 161 | 19,5 | 17,5 | 49 | 56 | 2665 | 2655 | 25,5 | 31,0 | 54 | 58 | 2026 | 1896 | 22,5 | 14,0 | 74 | 86 | 2514 | 2764 |
| 210 | 13,0 | 11,0 | 100 | 118 | 2528 | 2755 | 21,0 | 25,5 | 104 | 75 | 1659 | 1958 | 11,5 | 10,0 | 154 | 151 | 3666 | 2715 |
| 252 | 11,0 | 9,5 | 149 | 152 | 4312 | 2572 | 16,0 | 14,5 | 148 | 158 | 1981 | 3417 | 12,5 | 9,0 | 174 | 198 | 3423 | 2974 |
| 316 | 11,0 | 8,0 | 208 | 234 | 4310 | 4320 | 12,0 | 10,0 | 216 | 231 | 2485 | 3369 | 9,0 | 9,0 | 279 | 341 | 3433 | 3097 |
| 378 | 9,3 | 11,0 | 239 | 248 | 3022 | 3445 | 13,3 | 11,0 | 260 | 227 | 2539 | 2718 | 10,0 | 10,0 | 328 | 334 | 2333 | 3057 |