

Curso de Tecnologia em Biocombustíveis

NÍVEIS DE ACIDEZ EM CALDOS DE NÓS E ENTRENÓS DE CULTIVARES DE CANA-DE-AÇÚCAR

LUCIENE CRISTINA CAVICHIOLI

**Orientador(es): Prof. Dr. Marcos Omir Marques
Joana Diniz Rosa da Silva
Prof. Dr. Fábio Camilotti**

**Trabalho apresentado a Faculdade de Tecnologia
de Jaboticabal - Fatec, para obtenção do grau de
Tecnólogo em Biocombustíveis.**

**Jaboticabal – SP
2º Semestre/2010**

Curso de Tecnologia em Biocombustíveis

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: NÍVEIS DE ACIDEZ EM CALDOS DE NÓS E ENTRENÓS DE CULTIVARES DE CANA-DE-AÇÚCAR.

AUTOR: LUCIENE CRISTINA CAVICHIOLI

ORIENTADOR(ES): PROF. DR. MARCOS OMIR MARQUES
JOANA DINIZ ROSA DA SILVA
PROF. DR. FÁBIO CAMILOTTI

Trabalho de Graduação aprovado pela Banca Examinadora como parte das exigências para conclusão do Curso Superior de Tecnologia em Biocombustíveis, apresentado à FATEC-JB para a obtenção do grau de Tecnólogo.

(PROF. DR. MARCOS OMIR MARQUES)

(MS. HÉLIO FRANCISCO DA SILVA NETO)

(PROF. MS. CELSO ANTÔNIO JARDIM)

Data da apresentação: 09 de dezembro de 2010.

Presidente da Comissão Examinadora

Cavichioli, Luciene Cristina

C382n Níveis de acidez em caldos de nós e entrenós de cultivares de cana-de-açúcar. / Luciene Cristina Cavichioli. — Jaboticabal: Fatec, 2010.
52f.

Orientador(es): Prof. Dr. Marcos Omir Marques
Joana Diniz Rosa da Silva
Prof. Dr. Fábio Camilotti

Trabalho (graduação) – Apresentado ao Curso de Tecnologia em Biocombustíveis, Faculdade de Tecnologia de Jaboticabal, 2010.

1. Qualidade da Matéria-prima. 2. Ácidos Orgânicos. 3. *Saccharum* spp. I. Marques, M. O. II. Silva, J. D. r. da III. Camilotti, F. IV. Título.

CDU 633.61

DEDICO

Aos meus pais que tanto amo, que me concederam o dom da vida, pela paciência e compreensão durante minha ausência, pelos ensinamentos diários, pelo amor incondicional que sempre me foi dado, pela oportunidade de estudar e me tornar uma pessoa melhor.

OFEREÇO

Aos meus irmãos por toda a ajuda e carinho e aos meus amigos e demais familiares pelo apoio e credibilidade em todos os momentos da minha vida.

AGRADECIMENTOS

À Deus, em primeiro lugar, que sempre está ao meu lado, me guiando, me dando amor e carinho.

Aos meus pais que me deram a vida.

Aos meus irmãos, pelo incentivo e apoio em todos os momentos de minha vida.

Ao meu orientador Prof. Dr. Marcos Omir Marques por toda sua ajuda, dedicação, confiança, respeito, orientação e por todos os ensinamentos adquiridos durante o tempo que trabalhamos juntos, pela oportunidade de estagiar e desenvolver meu Trabalho de Graduação no Laboratório de Tecnologia do Açúcar e Etanol, e poder conviver com pessoas maravilhosas que me transmitiram conhecimentos, que me ajudaram e colaboraram em todas as atividades efetuadas e no desenvolvimento do meu Trabalho de Graduação, e fora de lá também, pois não só conheci pessoas, mas fiz diversos amigos, que pretendo levar pro resto da vida, assim como todo o conhecimento que ali tive a oportunidade de adquirir.

Ao Dr. Luiz Carlos Tasso Júnior, por toda a ajuda e colaboração para o Trabalho de Graduação.

Aos meus co-orientadores: Prof. Dr. Fábio Camilotti e a mestrandia Joana Diniz Rosa da Silva, pela paciência, dedicação, disponibilidade de tempo e esclarecimentos de dúvidas.

Aos membros da banca examinadora, professor Ms. Celso Antônio Jardim e Ms. Hélio Francisco da Silva Neto, pela disponibilidade e contribuições.

Ao auxiliar de laboratório Wladimir Carnevali (Wlade), por toda ajuda, pelo suporte prestado e necessário para realização das análises e pela amizade vivenciada.

Aos companheiros acadêmicos Bruno Henrique Damião (Xeramônia), Lais Postai Sacco, Taciana Caroline Alvarenga, Amanda Tatiane Camargo (Lanterninha), Rafael Fernandes Modesto Homem (Aja-kú), Rafaela Caroline Cordeiro (Uzina), Rafael Toledo Piza (Fafa), Mário Malagutti, Amanda Célico, Olívia Maria Domingues Santos, Alexandre Polachini (Bomba), Rita Catossi (Kaboca-i) e também aos alunos do curso de Agronomia da Unesp, pela amizade, por toda a ajuda e colaboração nas análises que juntos fizemos, participação em congressos, os churrascos de confraternização, amigo secreto, enfim, por todos os momentos vividos, que jamais esquecerei.

À todos os professores deste curso, pelos ensinamentos adquiridos, companheirismo e amizade.

Aos amigos do Curso de Graduação, pelos momentos inesquecíveis que juntos vivemos durante estes três anos e todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

Página(s)

LISTA DE FIGURAS.....	i
LISTA DE GRÁFICOS.....	iii
LISTA DE TABELAS.....	iv
RESUMO.....	IX
ABSTRACT.....	X
1. INTRODUÇÃO.....	11
2. OBJETIVOS.....	13
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	14
3.1. Histórico cultura da cana-de-açúcar.....	14
3.2. Classificação botânica e anatomia.....	16
3.3. Partes do colmo.....	17
3.3.1. Nó, nódio ou região nodal.....	17
3.3.2. Internódio ou entrenó.....	18
3.4. Composição química e tecnológica.....	18
3.5. Programas de melhoramento genético.....	19
3.6. Acidez do caldo de cana-de-açúcar.....	21
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	24
4.1. Caracterização geográfica da área experimental.....	24
4.2. Clima.....	27
4.3. Caracterização do solo.....	28
4.3.1. Preparo do solo.....	29
4.3.2. Análises química e física do solo.....	29
4.3.3. Acidez do solo.....	30
4.4. Plantio dos cultivares de cana-de-açúcar.....	30
4.5. Corte da cana planta.....	31
4.6. Cana soca.....	32
4.7. Delineamento experimental.....	33
4.8. Cultivares de cana-de-açúcar.....	33
4.8.1. CTC 2.....	33
4.8.2. CTC 6.....	34
4.8.3. CTC 8.....	35
4.9. Procedimentos utilizados com as amostras das cultivares.....	36

SUMÁRIO

	Página(s)
4.9.1. Acidez total.....	38
4.9.2. Acidez volátil.....	38
4.9.3. Acidez fixa.....	39
4.10. O programa utilizado para análises estatísticas.....	39
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	40
6. CONCLUSÃO.....	43
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	44
8. ANEXOS.....	49

LISTA DE FIGURAS

	Página(s)
FIGURA 1 - Composição tecnológica da cana-de-açúcar.....	19
FIGURA 2 – Vista aérea da localização da área experimental.....	26
FIGURA 3 – Plantio das cultivares de cana-de-açúcar.....	31
FIGURA 4 - Corte da cana planta.....	32
FIGURA 5 - Aplicação de adubo.....	32
FIGURA 6 - O cultivar de cana-de-açúcar CTC 2.....	34
FIGURA 7 - O cultivar de cana-de-açúcar CTC 6.....	35
FIGURA 8 - O cultivar de cana-de-açúcar CTC 8.....	36
FIGURA 9 - Coleta feita manualmente.....	37
FIGURA 10 - Feixes de cana-de-açúcar que foram despontados, despalhados e etiquetados.....	37
FIGURA 11 - Serra elétrica do tipo “tico-tico”.....	37
FIGURA 12 – As partes (Nó e Entrenó).....	37
FIGURA 13 - Pesagem.....	38
FIGURA 14 - Prensa hidráulica.....	38
FIGURA 15 - Titulação com NaOH.....	39

LISTA DE FIGURAS

Página(s)

FIGURA 16 - Destilador	39
-------------------------------------	-----------

LISTA DE GRÁFICOS

Página(s)

GRÁFICO 1 - Temperatura média do ar (°C) mensal correspondente aos anos de 2008/2009, em Jaboticabal-SP.....27

GRÁFICO 2 - Umidade relativa do ar (%) mensal correspondente aos anos de 2008/2009, em Jaboticabal-SP.....27

GRÁFICO 3 - Precipitação pluviométrica (mm) mensal correspondente aos anos de 2008/2009, em Jaboticabal-SP.....28

GRÁFICO 4 - Evapotranspiração (mm) mensal correspondente aos anos de 2008/2009, em Jaboticabal-SP.....28

LISTA DE TABELAS

	Página(s)
TABELA 1 - Análise química do solo da área experimental em Jaboticabal-SP, 2007-2008	29
TABELA 2 - Análise física do solo da área experimental em Jaboticabal-SP, 2007-2008	30
TABELA 3 - Características e reações às pragas e doenças referentes ao cultivar CTC2.....	50
TABELA 4 - Características e reações às pragas e doenças referentes ao cultivar CTC6.....	51
TABELA 5 - Características e reações às pragas e doenças referentes ao cultivar CTC8.....	52
TABELA 6 - Resultados das análises químicas realizadas para as variáveis: Acidez Total, Volátil e Fixa de três cultivares de cana-de-açúcar e as diferentes partes do colmo (nó e entrenó).....	40
TABELA 7 - Desdobramento da Interação Cultivares (C) x Partes da planta (P), para a Acidez Volátil.....	41

RESUMO

Os teores de acidez em níveis elevados no caldo podem ocasionar diversos problemas durante o processamento da cana-de-açúcar, sendo de extrema importância sua quantificação visando à qualidade da matéria-prima. A acidez do caldo pode ser decorrente do ácido láctico, denominada acidez fixa. De outra forma, a sua origem é o ácido acético, que por sua vez é denominada acidez volátil. A acidez total é tida como a somatória da acidez volátil com a fixa. Na indústria sucroalcooleira esta é a forma mais utilizada para a determinação da acidez, sendo expressa em ácido sulfúrico por litro de caldo. O presente trabalho teve como objetivo avaliar os teores de acidez total, volátil e fixa presentes em caldos dos nós e entrenós e entre os cultivares de cana-de-açúcar. O experimento foi desenvolvido na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Produção da FCAV/UNESP-Jaboticabal, SP. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso com esquema fatorial 3x2 com quatro repetições. Os tratamentos principais foram os três cultivares tardios de cana-de-açúcar (CTC 2, CTC 6 e CTC 8) e os tratamentos secundários foram as diferentes partes do colmo (nó e entrenó). Em cada parcela, de cada bloco, foi coletado, para cada cultivar, um feixe de cana contendo 15 colmos industrializáveis, os quais foram encaminhados para o Laboratório de Tecnologia do Açúcar e Etanol. Com o auxílio de uma serra elétrica os colmos foram separados em nós e entrenós. Após a extração do caldo de cada parte, realizou-se a determinação das seguintes variáveis: acidez total, volátil e fixa presente no caldo. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F e quando houve significância, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Pode-se constatar, de modo geral, que não houve diferença entre os cultivares estudados devido aos desempenhos semelhantes que obtiveram para acidez total, volátil e fixa. Assim como na comparação dos cultivares, também não foi constatada diferença entre o nó e o entrenó para as diferentes formas de acidez. Porém, ao analisar a interação entre cultivares e partes do colmo para a acidez volátil, verificou-se que o cultivar CTC 6 obteve maior valor na parte representada pelo nó quando comparado ao entrenó, e quando comparado ao nó dos demais cultivares. A acidez volátil não foi significativa devido à ordem de grandeza dos valores encontrados e do alto coeficiente de variação obtido que foi de 50,82%, enquanto que os coeficientes de variações da acidez total e fixa ficaram em 22,9% e 23,41%, respectivamente. No entanto, pode-se concluir que, os valores obtidos neste estudo estão dentro dos limites estabelecidos por parâmetros, que determinam a qualidade da matéria-prima para a produção de açúcar e etanol.

Palavras-chave: qualidade da matéria-prima, ácidos orgânicos, *Saccharum spp.*

ABSTRACT

Acidity contents at high levels in the juice cause several problems during the sugarcane processing, that's why it is very important to quantify that contents to reach cane quality. The acidity of the juice may be due to lactic acid, called fixed acidity. Otherwise, its origin is acetic acid, which in turn is called volatile acidity. Total acidity is taken as the sum of volatile acidity with the fix. Sugar industry as this is the most frequently used to determine the acidity, expressed as sulfuric acid per liter of broth. This study was conducted to evaluate and compare the total, volatile and fixed acidity contents in the juice from node and internode of three varieties of sugarcane. The experiment took place at Teaching, Research and Production Farm in the FCAV/UNESP-Jaboticabal, SP. The experiment was arranged in randomized design in blocks in a 3x2 factorial arrangement with four replications. The main treatments were three late varieties of sugarcane (CTC 2, CTC 6 e CTC 8) and the secondary treatments were the different parts of the stem (node and internode). In each plot, from each block was collected, for each variety, a bundle of cane containing 15 industrialized stalks, which were sent to the Sugar and Ethanol Technology Laboratory. Stalks were separated into nodes and internodes. After juice's extraction from each part, the following analysis was determined: total, volatile and fixed acidity contents in the juice. The data were submitted to variance analysis by F test and means were compared by Tukey test ($P= 0,05$). For all varieties the data show no difference for total, volatile and fixed acidity contents. No difference was observed as well in the same analysis for acidity contents in node and internode. However, the data for varieties interaction and stalk parts to volatile acidity, show that the CTC 6 variety had the major content in the node when compared to internode, and when compared to the other varieties nodes. The volatile acidity was not significant because of the magnitude of the values found and the high coefficient of variation obtained which was 50,82%, while the coefficients of variation of acidity and were fixed at 22,9% and 23,41 %, respectively. It is possible to conclude that the values obtained in this study are those that determine the cane quality for sugar and ethanol production.

Key words: cane quality, organic acids, *Saccharum* spp.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, que é plantada em várias regiões do país (UNIÃO DOS PRODUTORES DE BIOENERGIA, 2010). Atualmente no Brasil ocorre entre as Usinas mais avançadas uma predominância do modelo de produção simultânea de etanol e açúcar (CENTRO DE TECNOLOGIA CANAVIEIRA, 2005). Em termos médios, aproximadamente 55% da cana-de-açúcar transforma-se em etanol e 45% em açúcar (UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR, 2010).

No período desde a queima e corte até o processamento industrial há biodeterioração da cana-de-açúcar sendo os microrganismos dos gêneros *Bacillus* e *Leuconostoc* os mais predominantes, gerando impacto negativo na qualidade da cana a ser processada, seja no processo de obtenção de açúcar como na fermentação alcoólica (HERNÁNDEZ-NODARSE, 1973).

A colheita mecanizada retalha em segmentos menores a cana-de-açúcar, e esta maior exposição dos tecidos faz com que aumente a deterioração, que pode ser ainda pior, se na época de corte houver chuvas e geadas, além de fatores como temperatura e umidade elevadas, contato com a terra e se a cana for submetida à despalha a fogo (STUPIELLO, 1982; LÓPEZ et al., 1988). Esta despalha causa excreção do caldo, remoção da cera que age como um filme protetor, além de promover rachaduras no caule expondo-o rapidamente à contaminação, provocando a aceleração da biodeterioração (YOKOYA, 1990; GAYLARDE; LATORRE, 1990).

A cana contaminada por microorganismos no qual a multiplicação celular ocorre exponencialmente é crítico. A qualidade da cana é primordial para melhorar o desempenho da fermentação alcoólica. Nas aguardentes após o processo fermentativo, os teores dos ácidos presentes e em particular o acético, possui grande importância sensorial e ácidos graxos

produzidos durante a fermentação do mosto são também indesejáveis, pois causam à bebida aromas desagradáveis. A acidez do caldo está correlacionada à qualidade da matéria-prima (FRANCO, 2008).

O destilado pode obter acidez elevada devido a contaminações por bactérias que podem vir a ocorrer desde a obtenção da matéria prima, durante a estocagem do caldo após a cana-de açúcar a ser moída, e mesmo após o processo fermentativo, quando a destilação do vinho não é realizada logo após o término da fermentação (FRANCO, 2008).

O metabolismo da planta é considerado mais ativo nos nós, restando aos entrenós, como função primordial o acúmulo de sacarose (SILVA NETO et al., 2010). Os teores de acidez em níveis elevados no caldo podem ocasionar diversos problemas durante o processamento da cana-de-açúcar, sendo de extrema importância sua quantificação visando à qualidade da matéria-prima. Canas com altos níveis de deterioração resultam em caldos com acidez acima de 1,5g de $\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ L}^{-1}$ de caldo, o que irá prejudicar a decantação e posteriormente recuperação e qualidade do açúcar. O recomendado é obter um caldo com teores de acidez inferiores a 0,80g de $\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ L}^{-1}$ de caldo de cana (RIPOLI; RIPOLI, 2004).

2. OBJETIVOS

O presente trabalho teve como objetivo avaliar os níveis de acidez total, volátil e fixa em caldos de nós e entrenós e entre os cultivares de cana-de-açúcar.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Histórico da cultura da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) teve origem na Nova Guiné e posteriormente foi levada para o sul da Ásia (MOZAMBANI et al., 2006), e a partir daí, durante séculos foi disseminada para ilhas do Sul do Oceano Pacífico, Indochina, Bengala, Arquipélago da Malásia, e na Índia tropical, onde já era usada como planta para produção de açúcar (RIPOLI et al., 2006).

Os árabes, na época das invasões foram responsáveis pela propagação da cultura da cana-de-açúcar no norte da África e sul da Europa, enquanto que os chineses introduziram a cultura em Java e Filipinas. A partir do século VIII as conquistas árabes no Ocidente disseminaram-na pela região do Mediterrâneo (MOZAMBANI et al., 2006). Por meio das cruzadas, nos séculos XI e XII, foi disseminada por toda a Europa, China, África, e chegou à Ilha da Madeira (MARQUES; MARQUES; TASSO JUNIOR, 2001).

Em 1494, a cana foi introduzida na América por Cristóvão Colombo em São Domingos, e no Brasil, em 1532, por Martim Afonso de Souza, em São Vicente (MARQUES et al., 2001), o que promoveu a formação dos engenhos de açúcar no país (RIPOLI et al., 2006).

A indústria do açúcar foi estabelecida em 1538 na Bahia; em Alagoas a cultura da cana-de-açúcar foi introduzida em 1575; já na Paraíba foi em 1579. A partir de 1615, a cultura da cana atingiu o planalto paulista e em 1798 já estava negligenciada em Santos e São Vicente. Em 1622 era a vez do Maranhão; em 1730 em Mato Grosso e, em 1878, no Acre (CESNIK; MIOCCQUE, 2004).

Com o auxílio dos holandeses, no século XVII, a indústria açucareira se expandiu, o que fez naquela época aumentar a produção brasileira de açúcar. Logo no século seguinte, ocorreu novamente uma queda da produção devido à concorrência exercida pelo mercado europeu. Nos séculos XIX e XX também houve períodos de altos e baixos por causa da concorrência de outros mercados (MARQUES et al., 2001).

Em 1970, com a crise do petróleo, a produção de etanol a partir da cana-de-açúcar intensificou-se, devido também a sua utilização de forma direta em motores à explosão (hidratado) ou misturado à gasolina (anidro) (MOZAMBANI et al., 2006).

Pode-se dizer que a cultura da cana-de-açúcar está diretamente ligada à própria história e desenvolvimento do Brasil, pois o seu uso como matéria-prima para fabricação do açúcar, etanol, além de diversos subprodutos, tanto para utilidades alimentícias como para a indústria química faz com que o Brasil seja o líder mundial no setor (CESNIK; MIOCQUE, 2004), e através dos subprodutos da cana-de-açúcar desenvolva tecnologia de co-geração de energia elétrica, assim como adubos orgânicos e organominerais (MARQUES et al., 2001).

O cultivo da cana-de-açúcar abrange mais de 80 países (COLEN, 2003), porém o Brasil se consagrou como um excelente produtor e devido ao seu campo fértil conseguiu uma rápida expansão e perpetuação da cultura da cana-de-açúcar, por quase quinhentos anos (SILVA NETO, 2010).

De um total de 1,3 bilhão de toneladas produzidas de cana-de-açúcar, o Brasil representa 31,4% desse total, seguido da Índia com 20,6%, a China com 7,4% e o México com 3,7%. No total são aproximadamente 20 milhões de hectares cultivados com a cana-de-açúcar. A região Centro Sul concentra 85% da produção, deixando o Norte-Nordeste com 15% de participação. Esta cultura ocupa cerca de 2 a 3% da terra arável do país, sendo 1,5% destinada para fabricação de etanol. Em operação, encontram-se 420 usinas no país, sendo 248 unidades mistas (etanol e açúcar), 126 unidades produzem somente etanol (destilarias autônomas) e 16 usinas de açúcar. A produção brasileira em 2008/2009 atingiu 27,6 bilhões de litros de etanol (18 bilhões de etanol hidratado e 9,6 de etanol anidro). A produção brasileira de açúcar representa 18% da produção mundial com 31,0 milhões de toneladas de açúcar (NEVES; CONEJERO, 2010).

O setor sucroalcooleiro movimentava R\$ 51 bilhões e representa 1,76% do PIB. O investimento é de R\$ 6 bilhões ao ano. Estima-se que 23 novas usinas comecem a operar em 2009/2010, e que a safra deste mesmo período seja de 692 milhões de toneladas no país (NEVES; CONEJERO, 2010).

Goldemberg (2009 apud NEVES; CONEJERO, 2010), revela que a produtividade média mundial é de 84 toneladas por hectare, porém existem produções comerciais com 148 t ha⁻¹, sendo possível obter 212 t ha⁻¹ e sua capacidade teórica é de 472 t ha⁻¹.

3.2. Classificação botânica e anatomia

A cana-de-açúcar é uma monocotiledônea que pertence à família das poáceas, é um híbrido multiespecífico, criado a partir das seis espécies existentes: *Saccharum. officinarum*, *spontaneum*, *sinense*, *barberi*, *robustum* e *edule* (DANIELS ; ROACH, 1987). Atualmente, a terminologia taxonômica é *Saccharum* spp, pois, comercialmente não se cultivam canas que não sejam advindas de melhoramento genético. Os híbridos possuem nomenclatura específica, onde é identificado a instituição, o ano do cruzamento e o número do clone. No Brasil, as principais siglas são: CB, IAC, RB, SP, CTC, PO e PB (SCARPARI; BEAUCLAIR, 2008).

A cana-de-açúcar possui mecanismos fisiológicos para produção de sacarose, a partir de açúcares simples, visto que, suas vias fotossintéticas (C₄ ou via do ácido dicarboxílico) são altamente eficientes para produzi-la (TAUPIER; RODRÍGUEZ, 1999), assim, conforme o ambiente que a cultura é instalada ocorre à manifestação de suas características genéticas (COCK, 2003). A produtividade de cana é influenciada por fatores ambientais, que também permitem a obtenção de uma matéria-prima com qualidade elevada ou baixa, para a fabricação do açúcar ou etanol (SILVA NETO, 2010).

Esta poácea, comparada às outras culturas comerciais, é a que possui maiores qualidades devido à elevada eficiência de assimilação de fotossíntese e ser capaz de produzir massa verde constituída por açúcares, proteínas, amidos, compostos lignocelulósicos, que servem como matérias-primas destinadas a um grande campo de produções de importância econômica (TAUPIER; RODRÍGUEZ, 1999).

O desenvolvimento característico da cana se dá em forma de touceira (CESNIK; MIOQUE, 2004), portanto, ocorre perfilhamento que influencia no manejo da cultura, como um todo (SCARPARI; BEAUCLAIR, 2008). Da constituição morfológica da cana-de-açúcar, temos: rizomas, raízes, colmo, folhas e inflorescências (PARANHOS, 1987).

3.3. Partes do colmo

O colmo possui forma cilíndrica, com diâmetro e comprimento variados, sendo fibroso e conforme fatores ambientais (hídricos e térmicos) ocorrem variação do teor de açúcar. Suas funções são: armazenamento de sacarose e outros materiais, sustentação para folhas e inflorescência e condução de água e nutrientes entre as folhas e o sistema radicular. Constitui-se de nós e entrenós, que possuem inúmeras formas (MARQUES; MARQUES; TASSO JÚNIOR, 2001), sendo os nós bem marcados e os entrenós são distintos (MOZAMBANI et al., 2006).

3.3.1. Nó, nódio ou região nodal

Os nós são mais duros e possuem baixo teor de sacarose, porém possuem características fundamentais para identificar variedades, como a cicatriz foliar, gemas, região ponteada, região cerosa (localizada abaixo da cicatriz foliar), além do anel de crescimento (MARQUES; MARQUES; TASSO JUNIOR, 2001). Estas estruturas estão descritas logo abaixo, conforme Mozambani et al. (2006).

Gema: possui um poro vegetativo, que emite um broto quando ocorre germinação.

Anel de crescimento: sua coloração auxilia na sua diferenciação das demais partes do colmo, e encontra-se na parte basal do entrenó.

Cicatriz foliar: é formada quando a base da bainha da folha destaca-se do colmo. É identificado como um anel seco e marrom. Sua parte proeminente apresenta-se como um lábio.

Zona radicular: está situada entre o anel de crescimento e a cicatriz foliar, possuindo coloração parecida com a do entrenó, engloba a gema e os primórdios radiculares. Pode ser plana, saliente ou reentrante, como também, estreita, média ou larga.

Ao ocorrer germinação da planta, os primórdios radiculares (pequenos pontos esbranquiçados, com coloração central castanha ou lilás) emergem, crescem e formam o conjunto de raízes (CESNIK; MIOCQUE, 2004).

3.3.2. Internódio ou entrenó

O entrenó é considerado a parte mais mole, onde há acumulação da maior parte de sacarose (MARQUES; MARQUES; TASSO JUNIOR, 2001). Os entrenós mais novos possuem poucos milímetros de tamanho (SCARPARI; BEAUCLAIR, 2008).

Esta parte se situa entre dois nós, e apresenta-se de diversas formas: cilíndrica, em carretel, em barril, obconoidal, conoidal ou tumescente, e em relação ao colmo, podem ser de formato reto, curvado ou em ziguezague, variando de diâmetro, que podem ser fino, médio e grosso (MOZAMBANI et al., 2006), e conter ou não rachaduras, ranhura ou depressão da gema ou região cerosa, que pode ser denominada distinta ou indistinta (CESNIK; MIOCQUE, 2004).

Nos entrenós mais velhos, surgem marcas de cor clara com frequência e são denominadas marcas do tempo e também aparecem riscos longitudinais que afetam somente a epiderme (CESNIK; MIOCQUE, 2004). A exposição ao sol pode alterar a cor da casca do entrenó variando do amarelo ao vermelho, já a polpa pode ser verde, creme, branca ou castanha (MOZAMBANI et al., 2006).

3.4. Composição química e tecnológica

A composição química da cana-de-açúcar varia conforme as condições climáticas, propriedades físicas, químicas e microbiológicas do solo, variedades, entre outros fatores (PARANHOS, 1987).

O colmo da cana-de-açúcar constitui-se de duas fases: sólida e líquida. A fase sólida é formada por celulose, pentosanas e lignina, que geralmente é denominada como fibra. A fase líquida, ou seja, o caldo é uma solução aquosa, composta por uma grande variedade de substâncias orgânicas e deste total, cerca de 90% é constituído de sacarose (PAYNE, 1989). As composições tecnológicas dos cultivares comerciais possuem variações, porém dentro de limites restritos, conforme o apresentado na FIG. 1. Waldemar (2007) relata valores diferentes

para algumas variáveis, como: (8-14%) para fibra, (15-24%) para açúcares, (14-24%) para sacarose e (0,2-1%) para frutose.

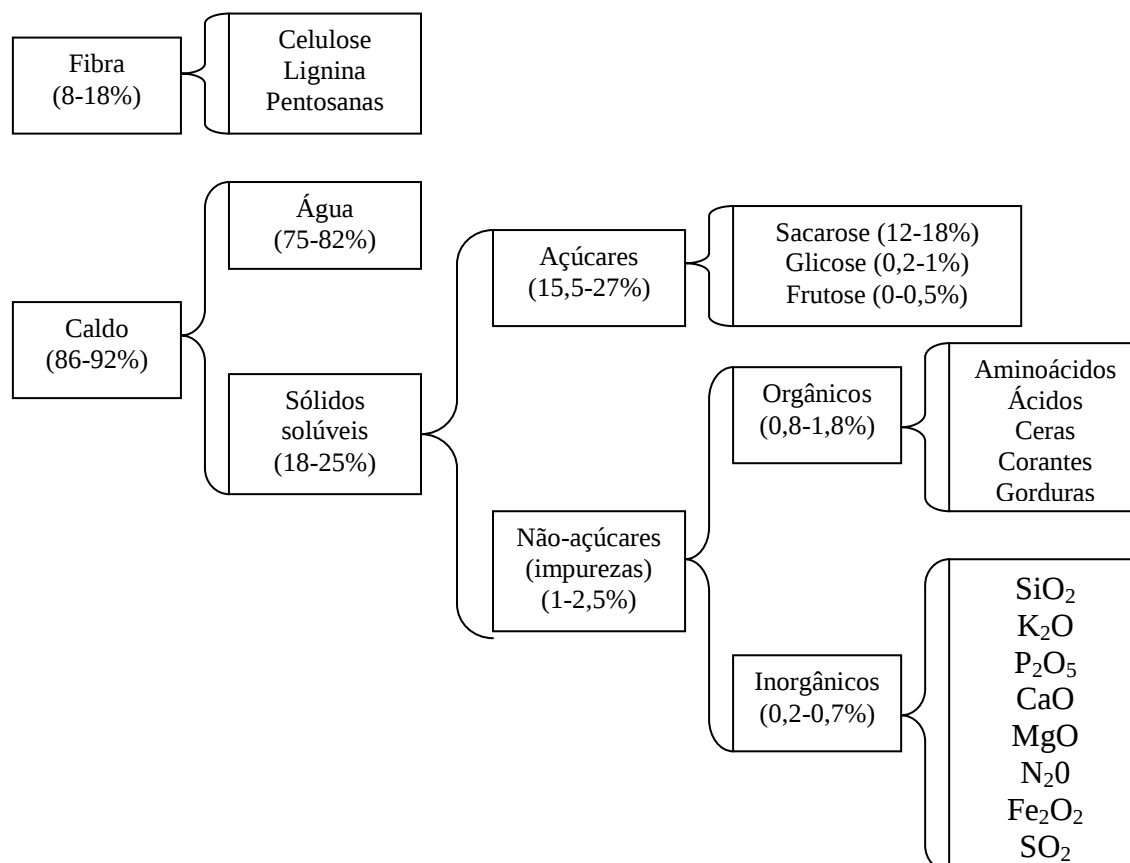


FIGURA 1 - Composição tecnológica da cana-de-açúcar.

FONTE: Marques; Marques e Tasso Júnior (2001).

3.5. Programas de melhoramento genético

O melhoramento genético, a princípio, foi desenvolvido, para conferir resistência às principais doenças identificadas da cana-de-açúcar, utilizando para isto, o cruzamento interespecífico que envolviam os cultivares *Saccharum officinarum*, *S.spontaneum*, *S. barberi* e *S. sinense*. A partir de hibridações manipuladas foi possível distinguir o perfil varietal e oferecer à indústria, uma inovadora concepção de matéria-prima. Os programas de melhoramento genético são conduzidos em várias partes do mundo, sendo responsáveis por esta mudança, utilizando como ferramenta as estratégias de hibridação e seleção diferenciadas (RIPOLI et al., 2006), porém é um processo demorado, devido à cana-de-açúcar ter um

genoma complexo, quando comparada a outras culturas (VETTORE et al., 2001). No geral, existem 25 programas de melhoramento genético no mundo (MACHADO JÚNIOR, 2000).

No Brasil, devido à atuação de forma dinâmica de três principais programas de melhoramento genético ocorreu-se a estratificação da área cultivada em um elevado número de genótipos (RIPOLI et al., 2006).

O programa Coopersucar, atualmente CTC, era produtor dos cultivares de sigla SP, que foram cultivados na década de oitenta, como: SP70-1143, SP70-1284, SP71-1406, SP71-6163 (LANDELL; BRESSIANI, 2008).

Em 1992, efetivou-se o programa RIDESA (programa RB), substituindo o antigo PLANALSUCAR, e em aproximadamente três anos, foram obtidos os cultivares: RB765418, RB785148 e a RB72454, em sequência vieram os seguintes: RB806043, RB825336, RB835089, RB835486, RB845257, RB855536, e RB855453 (RIPOLI et al., 2006).

Na década de 90, o programa IAC foi reorganizado com o lançamento do projeto PROCANA IAC, quando um grupo de empresas viabilizou sua rede experimental, e atualmente, nesta rede existem cerca de 250 ensaios de competição varietal (RIPOLI et al., 2006).

Em 2003, focando a viabilidade econômica que possui sustentação na política de *royalties*, foi criado um programa de melhoramento genético privado, denominado Canavialis (LANDELL; BRESSIANI, 2008).

No país, devido ao elevado potencial produtivo dos programas de melhoramento é alto o número de cultivares que são adaptados às condições específicas de época de colheita, manejo agrônômico, solo e clima. No período de 1995 a 2007 foram lançados 89 cultivares, sendo 17 lançados pelo IAC, 31 pelo RIDESA e 41 pelo COPERSUCAR/CTC (LANDELL et al., 2008).

Na atualidade, o objetivo primordial dos programas de melhoramento genético de cana-de-açúcar é produzir cultivares que aumentem a produtividade de energia (açúcar, etanol e fibra) (LANDELL et al., 2008).

No Brasil, os cultivares obtidos a partir de seleções regionais, conseguem atender às condições edafoclimáticas da região, gerando ganhos importantes para nichos específicos de produção, como em regiões que antes eram deixadas em segundo plano para o desenvolvimento de tecnologia (LANDELL; BRESSIANI, 2008).

É fundamental que haja um processo contínuo de substituição de cultivares de cana-de-açúcar para a sustentação da agroindústria sucroalcooleira (MAMEDE et al., 2002).

Os estudos de comparação entre cultivares de cana-de-açúcar, principalmente os efetuados em novas regiões produtoras, são muito importantes (TASSO JÚNIOR, 2007), permitindo a escolha de cultivares que atendam às necessidades que são apresentadas, e devem ser realizados trabalhos em escala regional, para ser possível estabelecer previsões comportamentais com elevadas taxas de acerto (PEREIRA, 2007).

Em estudo realizado por Tasso Júnior (2007), comparando a produtividade agrícola de 20 variedades de cana-de-açúcar, com épocas distintas de maturação, pode-se concluir que os melhores desempenhos de produtividades agrícolas ocorreram para os cultivares: RB 855453, RB865486 (precoces); SP87-365, IAC87-3396, SP80-1842, RB928064 (médios); SP83-2874, RB867515, IACSP6006 (tardios). Os precoces e o tardio RB867515 apresentaram elevados valores de ATR. Os cultivares SP90-3414, SP80-1816, IAC91-3186, não apresentaram produtividades elevadas, porém resultaram os maiores valores de ATR.

Em estudo efetuado por Silva Neto (2010) que teve objetivo de comparar e identificar potenciais produtivos de 12 cultivares de cana-de-açúcar, sendo 6 cultivares precoces e 6 cultivares tardios, pode-se concluir que os cultivares precoces CTC 9 e CTC 7 e o tardio CTC 6 apresentaram maior potencial produtivo e contribuição financeira em relação aos demais. Os cultivares precoces IACSP93-3046 e SP80-1842 apresentaram baixo desempenho, com pouca produção de açúcar, etanol e produtividade baixa de cana. No geral, os cultivares tardios apresentaram altos potenciais produtivos.

3.6. Acidez do caldo de cana-de-açúcar

Segundo Mantelatto (2005) na composição dos caldos de cana-de-açúcar, os ácidos orgânicos variam entre 1,0 - 3,0%, enquanto que os ácidos inorgânicos variam na faixa de 1,5 - 4,5% e os ácidos carboxílicos variam entre 1,1 - 3,0%.

Dentre os compostos não-açúcares, os ácidos orgânicos possuem papel importante na produção de açúcar e etanol. No caldo, os ácidos orgânicos encontrados são: oxálico, trans-aconíticos, maléico, shikimico, cis-aconítico, succínico, láctico, acético, entre outros. Estes ácidos e seus sais alcalinos são solúveis em água, têm efeito importante nas reações de clarificação e limitam a recuperação do açúcar, além de ser a provável causa da formação de

substâncias melancigênicas não naturais. Os sais dos ácidos orgânicos afetam a velocidade de cristalização do açúcar (ALBUQUERQUE, 2009).

Os ácidos orgânicos são responsáveis pela grande porcentagem da acidez titulável do caldo de cana-de-açúcar. A cana madura e sadia possui um pH na faixa de 5,0 a 5,5 (ALBUQUERQUE, 2009). Mostos industriais variam na faixa de 4,5 a 5,5, já os melaços possuem pH entre 5,8 e 5,9. A fermentação alcoólica inicia-se com valores baixos de pH finalizando com valores de 3,5 a 4,0 (LIMA et al., 2001).

O mais abundante dos ácidos no caldo é o ácido aconítico. Os ácidos acéticos e lácticos podem ser formados a partir da deterioração da cana após o corte. Os ácidos oxálicos e aconíticos formam incrustações nas superfícies de aquecimento da fábrica (ALBUQUERQUE, 2009).

Os ácidos orgânicos presentes no caldo de cana podem ser advindos do próprio processo metabólico da planta, sendo uma característica influenciada pelas condições ambientais e idade da cultura, porém é possível que os ácidos orgânicos sejam oriundos do metabolismo de bactérias pela contaminação da cana e dos caldos no decorrer dos processos industriais (YOKOIA, 1991). Os ácidos orgânicos são inibidores da fermentação, pois afetam as concentrações de etanol e de células de leveduras, além da qualidade do etanol (PARANHOS, 1987).

A acidez é muito importante à medida que prejudica a recuperação de açúcar, interferindo na clarificação/cristalização e na recuperação do etanol, interferindo no processo fermentativo, além de influenciar na viabilidade das leveduras (PEREIRA, 2007).

Quanto menor a acidez do caldo, melhor será a qualidade da matéria-prima. Esta acidez pode ser constituída por ácidos orgânicos não-voláteis (essencialmente em cana sadia) e voláteis (em cana deteriorada é maior). Canas que se encontram em estágios avançados de deterioração possuem acidez acima de 1,5g de $\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ L}^{-1}$ de caldo (RIPOLI; RIPOLI, 2004).

A acidez irá prejudicar no processo de decantação e posteriormente na recuperação da fábrica e qualidade do açúcar. O valor recomendado como indicador de qualidade da matéria-prima para a acidez deve ser inferior a 0,8g de $\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ L}^{-1}$ de caldo (RIPOLI; RIPOLI, 2004).

Conforme o Centro de Tecnologia Canavieira (2005) o valor utilizado como parâmetro para determinação de qualidade da cana para a variável acidez deve ser, no máximo, de 0,9g de $\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ L}^{-1}$ de caldo.

As bactérias das espécies *Lactobacillus* spp., produtoras de ácidos provocam sérios problemas de floculação da levedura nas dornas de fermentação alcoólica, aumentando o tempo de fermentação e custo de produção para o controle de infecções. O antagonismo entre

organismos contaminantes e leveduras ocorre visto que, a bactéria produz ácido láctico, que pode inibir fortemente o metabolismo da levedura e diminuir o rendimento fermentativo (OLIVA NETO; YOKOYA, 2001), ou seja, a eficiência de conversão de açúcar em etanol (LIMA et al., 2001).

As bactérias de ácido láctico promovem a inibição do crescimento de outras bactérias. Desenvolvem-se mesmo na faixa de 45° C, sendo heterofermentativas ou homofermentativas. São Gram (+), anaeróbicas ou microaerófilas. As espécies mais encontradas são: *Lactobacillus fermentum*, *L. plantarum*, *L. bulgaricus*, *L. delbruckei*, *L. casei*, *L. lactis*, *Streptococcus thermophilus* (LAVANHOLI, 2008).

A elevada acidez identificada nas aguardentes é devido à contaminação da cana ou do mosto por meio de bactérias acéticas, entre outras, decorrentes da estocagem da cana ou do próprio caldo, o que faz com que o substrato sofra fermentação acética, elevando a acidez e fazendo com que diminua o rendimento da produção de etanol (CARDOSO et al., 1999).

Na presença de oxigênio e utilizando-se do levedo de *Saccharomyces cerevisiae* é possível converter até 30% do açúcar em ácido acético, já na ausência de oxigênio, esta levedura produz pouca quantidade deste ácido, que está associado à contaminação do mosto, devido às bactérias acéticas, decorrentes de um grande tempo de descanso entre o processo fermentativo e a destilação. Além do ácido acético, existe o cítrico, málico, maléico, oxalacético entre outros, que são formados pela oxidação dos componentes da cachaça, e a maioria destes, ficam retidos no vinhoto na etapa de destilação (ANDRADE; CARDOSO, 2008).

As bactérias formadoras de ácido acético são bactérias acéticas, que realizam a oxidação do etanol a ácido acético. Possuem tolerância a meios ácidos. Desenvolvem-se entre 15 e 45°C, com temperatura ideal variando entre 15 e 34°C. São Gram (-), aeróbicos e possuem forma de bastonetes curtos. As espécies mais encontradas são: *Acetobacter aceti*, *A. pasteurianum*, *A. acetosum*, *A. sub-oxydans* (LAVANHOLI, 2008).

A acidez do caldo pode ser decorrente do ácido láctico (bactérias – *Lactobacillus* spp.), sendo denominada acidez fixa. Também, pode ser decorrente do ácido acético (bactérias – *Acetobacter* spp.), que por sua vez, é denominada de acidez volátil (ALCARDE et al., 2002).

A acidez total é tida como o resultado da soma da acidez volátil com a acidez fixa, sendo a acidez fixa, a maior componente da acidez total, em função de seus valores elevados, quando comparados à acidez volátil. Na indústria sucroalcooleira é o método mais utilizado

para a determinação da acidez, sendo esta, expressa em ácido sulfúrico por litro de caldo (PEREIRA, 2007).

Pereira (2007) em estudo das variáveis: acidez total, volátil e fixa, comparou e caracterizou 20 cultivares de cana-de-açúcar (cana planta e soca), em épocas de maturação distintas e em dois locais distintos. Concluiu-se que os teores de acidez total e fixa, estão diretamente relacionadas com a fertilidade do solo e quantidade de cortes (cana planta / cana soca), sendo que quanto mais fértil, maior o teor de ácidos, e em cana soca foram obtidos altos níveis de acidez, em decorrência da alta quantidade de restos vegetais encontrados no solo, ao longo do ciclo, quando comparado à cana planta, em consequência da morte do sistema radicular emitido no ciclo anterior.

Uma quantidade elevada de matéria orgânica faz com que a cana fique no estágio vegetativo por mais tempo, promovendo uma alta atividade metabólica na planta, o que causariam elevados níveis de acidez (PEREIRA, 2007).

Os cultivares que apresentaram menores valores, com relação à acidez total e fixa, foram os seguintes: RB 83-5486 (precoce); SP 90-3014; SP 79-1011 e IAC 91-5155, IAC (médias) e SP 83-2847 (tardia). A acidez volátil não foi significativa, devido à ordem de grandeza dos valores encontrados e dos altos coeficientes de variação obtidos. Quanto menor a acidez apresentada pela matéria-prima, maior será a quantidade de ácido sulfúrico adicionado no processo fermentativo, que é utilizado como anti-séptico, sem que ultrapasse o limite máximo de acidez titulável, que é de 2g L^{-1} de caldo, para fermentação alcoólica (PEREIRA, 2007).

Zaninetti Filho (2008) avaliou a acidez (total, volátil e fixa) de 18 cultivares de cana-de-açúcar em quatro épocas distintas e concluiu-se que os diferentes cultivares estudados ao longo da safra comportaram-se de forma distintas, e que em momento oportuno ocorra o encaminhamento para a indústria, evitando assim, uma produção de açúcar e etanol de baixa qualidade. Os cultivares que apresentaram maior acidez foram os seguintes: IAC94-2101 (precoce), IACSP93-3046 (média), e também, a CTC 8 (tardia), revelando que não há influência do ciclo dos cultivares em relação à presença de ácidos, em baixas ou altas concentrações.

Em estudo efetuado por Dias (2008) com os cultivares: CTC 7, CTC 9 e SP91-1049 e com 4 tratamentos (CI – colmo cru e inteiro; CP – colmo cru e picado; QI – colmo queimado e inteiro; QP – colmo queimado e picado), foi possível concluir que (CI) é uma matéria-prima de melhor qualidade para obtenção de açúcar e etanol, seguida por: (CP), (QI) e (QP), representando esta mesma sequência, a menor velocidade de deterioração, ao longo do tempo.

Em relação à acidez, foi possível observar que a quantidade de ácidos presentes na cana queimada é superior à cana crua, assim como a acidez da cana inteira é inferior à cana picada. A cana crua inteira obteve 1,26g de $\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ L}^{-1}$ de caldo, enquanto a cana queimada picada obteve 1,8g de $\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ L}^{-1}$ de caldo (DIAS, 2008).

Em estudo realizado por Silva Neto et al. (2010) que teve o objetivo de comparar e relacionar os processos de deterioração que ocorrem nas diferentes do colmo (nó e entrenó) ao longo de 0, 48, 120 e 168 horas. O cultivar utilizado foi o RB86-7515, com 18 meses de idade. Os autores concluíram que a deterioração foi crescente, ao longo do tempo, em ambas as partes, porém foi mais lento no entrenó. No geral, acidez, dextrana e pH apresentaram-se sensíveis e constantes.

Em relação à acidez, pode-se concluir que ao longo do tempo de armazenamento houve aumento nos valores de acidez fixa e volátil, o que indica maiores problemas com estes caldos, interferindo no processo fermentativo para produção de etanol (SILVA NETO et al., 2010).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Caracterização geográfica da área experimental

A área experimental localizava-se na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Produção – FEPP (FIG. 2) da FCAV/UNESP, situada no município de Jaboticabal, região Centro-Norte do Estado de São Paulo, que possui uma altitude média de 595 metros do nível do mar, latitude de 21°15'22"S, longitude de 48°18'58"W.

A cidade está localizada em um entroncamento rodoviário importante do interior do estado, composto pelas rodovias Brigadeiro Faria Lima [SP-326] e Carlos Tonanni [SP-333], que liga Jaboticabal a Ribeirão Preto. E, fica a 359 km da cidade de São Paulo.



FIGURA 2 – Vista aérea da localização da área experimental.

FONTE: Laboratório de Tecnologia de Açúcar e Etanol – FCAV/UNESP

4.2. Clima

O clima onde o experimento foi instalado é do tipo subtropical mesotérmico, ou seja, com verão úmido e inverno seco. O período de chuvas e altas temperaturas ocorrem entre os meses de outubro e março, já de maio a agosto registra-se o período de seca. E, é classificado como Aw conforme o Sistema Internacional de Classificação de Koeppen.

Os dados meteorológicos mensais referentes aos anos de 2008 e 2009 em Jaboticabal, estão expostos nos: GRAF. 1, GRAF.2, GRAF. 3 e GRAF. 4, que se encontram logo abaixo.

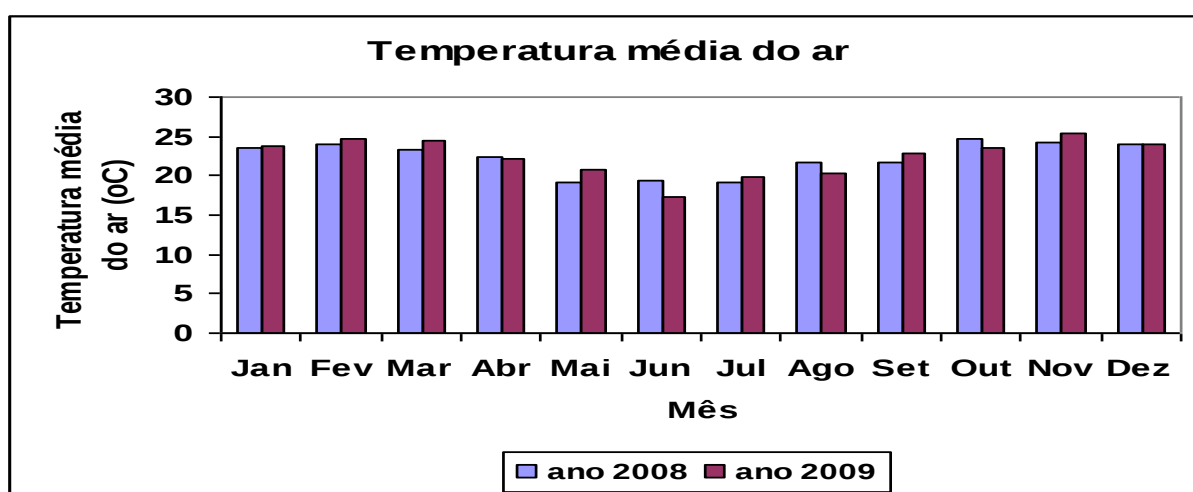


GRÁFICO 1 - Temperatura média do ar (°C) mensal correspondente aos anos de 2008/2009, em Jaboticabal-SP.

FONTE: Departamento de Ciências Exatas - Estação Agroclimatológica - FCAV/UNESP

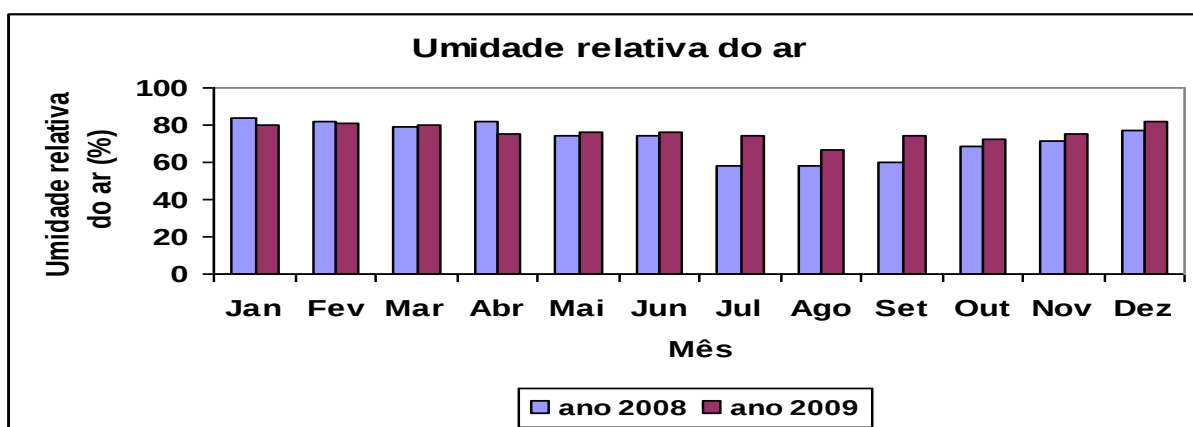


GRÁFICO 2 - Umidade relativa do ar (%) mensal correspondente aos anos de 2008/2009, em Jaboticabal-SP.

FONTE: Departamento de Ciências Exatas - Estação Agroclimatológica - FCAV/UNESP

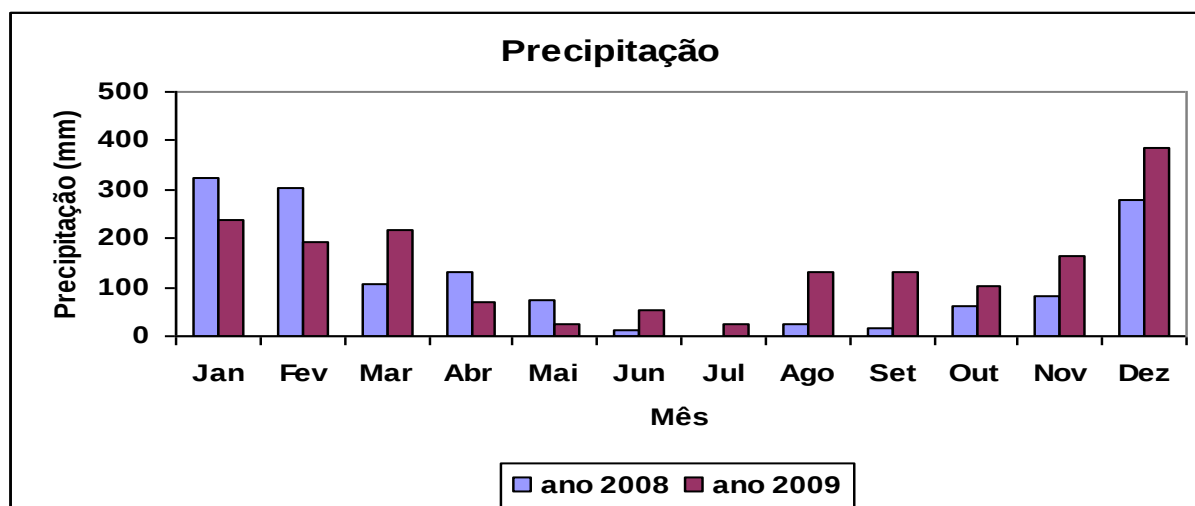


GRÁFICO 3 - Precipitação pluviométrica (mm) mensal correspondente aos anos de 2008/2009, em Jaboticabal-SP.

FONTE: Departamento de Ciências Exatas - Estação Agroclimatológica - FCAV/UNESP

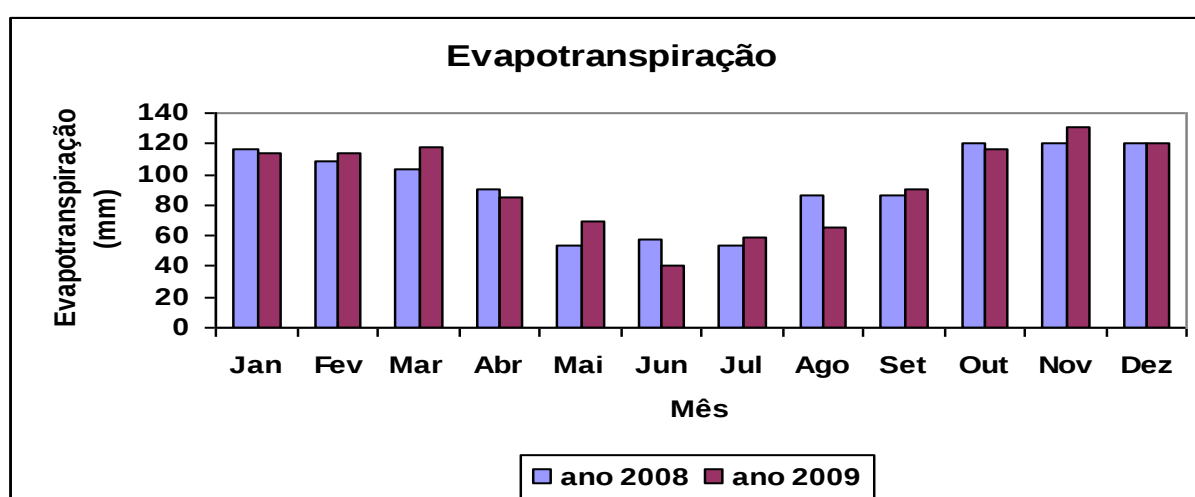


GRÁFICO 4 - Evapotranspiração (mm) mensal correspondente aos anos de 2008/2009, em Jaboticabal-SP.

FONTE: Departamento de Ciências Exatas - Estação Agroclimatológica - FCAV/UNESP

4.3. Caracterização do solo

O solo possuía características de um Latossolo Vermelho-Escuro eutrófico A moderado, com textura muito argilosa (EMBRAPA, 1999) com relevo suavemente ondulado.

4.3.1. Preparo do solo

O preparo do solo da área experimental foi efetuado no sistema convencional, com uma aração com arado de disco de 26'' x 4,75 mm e duas gradagens, sendo uma grade aradora de 270 mm com discos de 26'' x 6 mm e uma grade niveladora de 195 mm com discos de 20'' x 3,5 mm.

4.3.2. Análises química e física do solo

Antigamente onde foi instalado o experimento era realizado pelo método de plantio direto, a cultura da soja IAC-Foscarin-31, e após sua colheita iniciou-se a amostragem do solo. Para esta amostragem foi utilizado o método de coleta em zig-zag em toda a área e coletaram-se 20 sub-amostras de solo nas profundidades de 0-25 cm e 25-50 cm.

Em seguida, a amostra foi enviada para a secagem em ambiente com ausência de luz, depois foi peneirada e levada para a realização das análises química e física, de acordo com os resultados descritos nas TAB. 1 e TAB. 2, respectivamente.

TABELA 1 - Análise química do solo da área experimental em Jaboticabal-SP, 2007-2008.

	pH	P (resina)	M.O.	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V
<i>Amostras (cm)</i>	<i>CaCl₂</i>	<i>Mgdm⁻³</i>	<i>gdm⁻³</i>	-----	-----	<i>mmol_cdm⁻³</i>	-----	-----	-----	%
0 - 25	5,3	56	19	3,8	37	16	31	56,8	87,8	65
25 - 50	5,3	26	15	3,5	28	12	25	43,5	68,5	54

FONTE: Departamento de solos – FCAV/UNESP

TABELA 2 - Análise física do solo da área experimental em Jaboticabal-SP, 2007-2008.

<i>Amostras (cm)</i>	Argila	Limo	<u>Areia</u>		Classe Textural
			Fina	Grossa	
		g kg ⁻¹			
0 - 25	590	120	150	140	Argilosa
25 - 50	610	120	140	130	Muito Argilosa

FONTE: Departamento de solos – FCAV/UNESP

De acordo com os resultados obtidos das análises química e física comprovou-se que o experimento foi instalado em um solo de textura argilosa e com acidez média. Foram identificados teores altos de Cálcio e Fósforo e níveis médios de Magnésio, Potássio e Saturação de Bases de acordo com Raij et al. (1996).

4.3.3. Acidez do solo

De acordo com as recomendações de adubação e calagem de Raij et al. (1996) não precisou realizar a correção da acidez através da calagem do solo.

4.4. Plantio dos cultivares de cana-de-açúcar

O plantio dos cultivares de cana-de-açúcar (FIG.3) sucedeu-se entre os dias 23 a 29 do mês de março de 2007.



FIGURA 3 – Plantio das cultivares de cana-de-açúcar

FONTE: Laboratório de Tecnologia de Açúcar e Etanol – FCAV/UNESP

Nos sulcos os colmos foram dispostos de maneira cruzada "pé e ponta" e objetivou-se alcançar uma média de 18 gemas visíveis por metro linear. Foram utilizados 500 kg. ha⁻¹, da fórmula N-P-K, respectivamente, 20-05-20 para a adubação (SPIRONELLO et al., 1996). Em seguida, para o fechamento do sulco utilizou-se o inseticida-cupinícida Regent[®], (250 g. ha⁻¹) que possuía o Fipronil como princípio ativo juntamente com uma calda (130 L. ha⁻¹).

4.5. Corte da cana planta

O corte da cana planta (FIG. 4) ocorreu no dia 28 de agosto de 2008. O sistema de colheita utilizado foi o semi-mecanizado, onde o corte foi realizado manualmente com uso da despalha à fogo e utilizou-se o carregamento mecanizado.



FIGURA 4 - Corte da cana planta.

FONTE: Laboratório de Tecnologia de Açúcar e Etanol – FCAV/UNESP

4.6. Cana soca

A aplicação de adubo (FIG. 5) foi realizada no dia 24 de setembro de 2008 utilizando 537 kg ha⁻¹ de adubo e a fórmula 20-05-20 de N-P-K.

No dia 21 de novembro de 2008 foi aplicado (em barra total) 3,75 kg ha⁻¹ de herbicida Diuron + Hexazinona e 2 L ha⁻¹ de MSMA.



FIGURA 5 - Aplicação de adubo.

FONTE: Laboratório de Tecnologia de Açúcar e Etanol – FCAV/UNESP

Novamente, no dia 05 de janeiro de 2009, foram aplicados por meio de bomba costal os herbicidas Diuron + Hexazinone e MSMA (organoarsênico), sendo o jato dirigido às plantas invasoras.

4.7. Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso por meio de esquema fatorial 3x2 e quatro repetições. Os tratamentos principais foram os três cultivares de cana-de-açúcar classificados como de maturação ao final de safra (CTC 2, CTC 6 e CTC 8) e os tratamentos secundários foram as partes do colmo (nó e entrenó).

O experimento era constituído por quatro blocos. Em cada bloco haviam três parcelas representando as cultivares em estudo. As parcelas experimentais eram compostas por 5 linhas de cana-de-açúcar com 12 metros de comprimento, tendo um espaçamento de 1,5 m entre cada linha, totalizando 90 m². Como área útil foram consideradas as 3 linhas centrais, descartando-se 1 metro nas extremidades de cada linha, totalizando 45 m².

4.8. Cultivares de cana-de-açúcar

Analisaram-se três cultivares com ciclo de maturação tardios, pertencentes ao Centro de Tecnologia Canavieira, que atua desde 1969 e possui o Programa de Melhoramento Genético, que deu origem as novos cultivares de cana que foram utilizados neste trabalho, sendo eles: CTC 2, CTC 6 e CTC 8.

4.8.1. CTC 2

As touceiras crescem de forma ereta a levemente decumbente, com perfilhamento médio e despalhamento fácil. A copa possui um volume que vai de ralo a regular e tom claro a

intermediário. As folhas são consideradas arqueadas, com limbo de largura estreita a média, pequena quantidade de pêlos e quantidade de serrinhas de fraca a média. A lígula é considerada crescente, a aurícula é do tipo dentóide, pequena e assimétrica, cotovelo tipo gola, com tom verde-amarelado e pouco joçal. O palmito possui tamanho médio, com seção transversal oval, tom verde-amarelado e de fraca a regular presença de cera (CENTRO DE TECNOLOGIA CANAVIEIRA, 2010).

Os entrenós possuem tonalidade amarelo-esverdeada quando em contato ao sol e verde-amarelada sob a palha. O comprimento e o diâmetro são médios, de forma curvada, seção transversal circular e com rachaduras rasas. Possuem estrias e pouca cera e ausência de canaletas (CENTRO DE TECNOLOGIA CANAVIEIRA, 2010). Na FIG. 6 pode-se observar o cultivar CTC 2.

Os nós possuem o anel de crescimento de cor verde-amarelado, com largura média e pouca saliência. Os primórdios radiculares têm tonalidade amarelo-arroxeadas, e a zona radicular é de largura média, não possuindo enraizamento aéreo. A zona cerosa do nó é pequena. As gemas são médias, do tipo pentagonal com saliência média, podendo ultrapassar o anel de crescimento, com posição apical do poro germinativo, e com pêlos ao redor e almofada estreita (CENTRO DE TECNOLOGIA CANAVIEIRA, 2010).



FIGURA 6 - O cultivar de cana-de-açúcar CTC 2.

FONTE: Centro de Tecnologia Canavieira (2010).

4.8.2. CTC 6

As touceiras possuem crescimento levemente decumbente, fácil despalhamento e médio perfilhamento. A copa foliar tem volume regular e cor intermediária. As folhas são

eretas, com limbo de largura média, ausência de pêlos e serrilhamento médio. A lígula é do tipo crescente, as aurículas são assimétricas, sendo uma lanceolada de tamanho médio, o cotovelo é do tipo degrau curvo e de tonalidade amarelo-arroxeadada; a bainha possui joal dorsais em quantidade regular. O palmito possui tamanho médio, com pouca presença de cera, tonalidade verde-arroxeadada e seção transversal oval (CENTRO DE TECNOLOGIA CANAVIEIRA, 2010).

Os entrenós possuem tonalidade roxo-amarelada ao sol e amarelo-arroxeadada sob a palha. O comprimento é médio e o diâmetro é de médio a grosso, de forma curvada, seção transversal circular e ausência de rachaduras. Possui ziguezague suave, liso, alta quantidade de cera e têm rasas canaletas (CENTRO DE TECNOLOGIA CANAVIEIRA, 2010).

Na FIG. 7 pode-se observar o cultivar CTC 6.

Os nós têmanel de crescimento com tonalidade amarelo-arroxeadada, a largura é de estreita a média e saliência média. A zona radicular é de cor amarelo-arroxeadada, com largura média e ausência de enraizamento aéreo. A zona cerosa do nó é de tamanho pequeno. As gemas são pequenas, redondas, com saliência média, não ultrapassando o anel de crescimento, com posição apical do poro germinativo, presença de pêlos no ápice e almofada estreita (CENTRO DE TECNOLOGIA CANAVIEIRA, 2010).



FIGURA 7 - O cultivar de cana-de-açúcar CTC 6.

FONTE: Centro de Tecnologia Canavieira (2010)

4.8.3. CTC 8

As touceiras possuem crescimento ereto, com alto perfilhamento e despalhamento médio. A copa foliar têm volume regular e cor clara. As folhas são curvadas nas pontas, com limbo de largura média, serrilhamento fraco e ausência de pêlos. A lígula é do tipo crescente,

as aurículas são assimétricas, sendo uma lanceolada de grande tamanho, o cotovelo tem forma de degrau em cunha e de tonalidade amarelo-esverdeada; a bainha possui joçal em quantidade regular e se situam dorsalmente. O palmito é curto, com seção transversal oval, têm alta quantidade de cera e tonalidade verde-arroxeadada (CENTRO DE TECNOLOGIA CANAVIEIRA, 2010).

Os entrenós possuem cor verde-amarelada na presença de luz e amarelo-esverdeada sob a palha. O comprimento e o diâmetro são médios, de forma conoidal, com seção transversal circular e ausência de rachaduras. Possuem zigzag suave, liso, com alta quantidade de cera e rasas canaletas (CENTRO DE TECNOLOGIA CANAVIEIRA, 2010).

Na FIG. 8 pode-se observar o cultivar CTC 8.

Os nós possuem um anel de crescimento com tonalidade amarelo-esverdeada, de largura média e com pouca saliência. A zona radicular é de cor amarelo-arroxeadada, com largura média e ausência de enraizamento aéreo. Não é visível a zona cerosa do nó. As gemas são pequenas, ovais, com saliência média, não ultrapassando o anel de crescimento, com posição apical do poro germinativo, ausência de pêlos e com almofada estreita (CENTRO DE TECNOLOGIA CANAVIEIRA, 2010).



FIGURA 8 - O cultivar de cana-de-açúcar CTC 8.

FONTE: Centro de Tecnologia Canavieira (2010)

4.9. Procedimentos utilizados com as amostras das cultivares

O experimento foi realizado no dia 19 de outubro de 2009 em condições de cana-soca de segundo corte. Em cada parcela, de cada bloco, foi coletado manualmente, sem despalha a fogo (FIG. 9) um feixe de cana contendo 15 colmos industrializáveis, portanto, das 3 linhas

centrais, escolhia-se aleatoriamente 1 linha de plantio e desta retirava-se 15 colmos em seqüência, os quais foram despontados, despalhados, etiquetados (FIG. 10) e encaminhados ao Laboratório de Tecnologia do Açúcar e Etanol no Departamento de Tecnologia da FCAV/Unesp.

No laboratório, com o auxílio de uma serra elétrica do tipo “tico-tico” (FIG. 11), os colmos foram separados em nós e entrenós (FIG. 12) e foram devidamente ensacados, etiquetados e pesados em balança. Em seguida, as partes foram passadas pelo desintegrador, depois foram homogeneizadas e pesou-se cerca de 500 g, (FIG. 13) que foram enviadas para a prensa hidráulica (FIG. 14), que se aplicou uma força de 250 kg.cm^{-2} por um minuto.

Após a prensagem de cada parte, foram obtidos o bolo úmido (que foi descartado) e o caldo extraído. Realizou-se a determinação das seguintes variáveis: acidez total, volátil e fixa, de acordo com Marques (1998), que estão descritas a seguir.



FIGURA 9 - Coleta feita manualmente.



FIGURA 10 - Feixes de cana-de-açúcar que foram despontados, despalhados e etiquetados.



FIGURA 11 - Serra elétrica do tipo “tico-tico”.



FIGURA 12 – As partes (Nó e Entrenó)



FIGURA 13 - Pesagem.



FIGURA 14 - Prensa hidráulica.

FONTE: Laboratório de Tecnologia de Açúcar e Etanol – FCAV/UNESP

4.9.1. Acidez total

A acidez total foi determinada conforme o método proposto por Zago et al. (1996), que foi adaptado por Marques (1998).

Para a análise de acidez total utiliza-se caldo diluído em água destilada e gotas de fenolftaleína. Em seguida, em agitação, é titulado com Hidróxido de Sódio (NaOH) a 0,01N (FIG. 15) até que ocorra o ponto de viragem (cor levemente rósea). O valor obtido na titulação é empregado em fórmula específica para que se obtenha a acidez total. E, através também de fórmula específica é usado para a acidez fixa.

4.9.2. Acidez volátil

A acidez volátil ocorreu de acordo com a método proposto por Amerine e Ough (1974), que foi adaptado por Marques (1998).

Para realizar a acidez volátil, utiliza-se o material coletado do destilador (FIG. 16) (advindo da destilação do caldo), que é diluído em água destilada, e é acrescentado gotas de fenolftaleína, em seguida, é realizado em agitação a titulação com Hidróxido de Sódio (NaOH) a 0,01N até atingir o ponto de viragem. O valor obtido na titulação é empregado em fórmula específica, para que se obtenha a acidez volátil.



FIGURA 15 - Titulação com NaOH.



FIGURA 16 - Destilador.

FONTE: Laboratório de Tecnologia de Açúcar e Etanol – FCAV/UNESP

4.9.3. Acidez fixa

A acidez fixa foi calculada baseando-se nas determinações da acidez total e volátil segundo o procedimento proposto por Marques (1998). A acidez fixa é calculada por meio dos valores obtidos nas titulações da acidez total e volátil.

4.10. Análises estatísticas

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F, e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na TAB. 6 são apresentados os valores médios de acidez total, volátil e fixa dos cultivares de cana-de-açúcar e das partes do colmo (nós e entrenós).

TABELA 6 – Valores médios para Acidez Total, Volátil e Fixa para os cultivares em estudo e as diferentes partes do colmo (nó e entrenó).

Tratamentos	Acidez Total g H ₂ SO ₄ L ⁻¹	Acidez Volátil g C ₂ H ₄ O ₂ L ⁻¹	Acidez Fixa g C ₃ H ₆ O ₃ L ⁻¹
Cultivares (C)			
CTC 2	0,87a	0,0078a	1,56a
CTC 6	0,89a	0,0072a	1,60a
CTC 8	0,93a	0,0051a	1,67a
Teste F	0,16 ^{NS}	1,40 ^{NS}	0,17 ^{NS}
DMS (5%)	0,26	0,0044	0,49
Partes (P)			
Nó	0,91a	0,0076a	1,63a
Entrenó	0,88a	0,0058a	1,59a
Teste F	0,09 ^{NS}	1,57 ^{NS}	0,08 ^{NS}
DMS (5%)	0,18	0,003	0,33
Estatística			
Interação (C x P)	0,42 ^{NS}	7,97 ^{**}	0,47 ^{NS}
Blocos	0,61 ^{NS}	0,28 ^{NS}	0,60 ^{NS}
Média Geral	0,9	0,0067	1,61
Desvio Padrão	0,2	0,0034	0,38
Erro Padrão	0,1	0,0017	0,19
CV (%)	22,9	50,82	23,41

^{NS} e ^{**} - Não significativo e significativo ao nível de 1 % de probabilidade pelo Teste F, respectivamente. DMS - diferença mínima significativa. CV - coeficiente de variação.

Pode-se constatar que não houveram diferenças significativas entre os cultivares estudados devido aos resultados semelhantes que obtiveram para acidez total, volátil e fixa.

Os valores obtidos neste estudo para a acidez estão dentro dos limites estabelecidos por parâmetros de qualidade da cana-de-açúcar preconizados pelo Centro de Tecnologia Canavieira (2005) que é de no máximo 0,9g de $\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ L}^{-1}$ de caldo para a produção de açúcar e etanol. No entanto, o valor de acidez total obtidos pelos cultivares está abaixo do limite de 0,8g de $\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ L}^{-1}$ de caldo preconizados por Ripoli e Ripoli (2004).

Os teores de acidez total e fixa dos cultivares CTC 2 e CTC 6 encontrados por Catossi et al. (2010) são inferiores aos deste estudo, no entanto, a acidez volátil dos cultivares CTC 2, CTC 6 e CTC 8 são valores elevados comparados aos encontrados neste estudo.

Assim como na comparação entre os cultivares, não foi observada diferença entre o nó e o entrenó para as diferentes formas de acidez. Camargo et al. (2010), em estudo sobre a acidez das diferentes partes do colmo (nó e entrenó), constataram que não houveram diferenças entre o nó e entrenó das cultivares IACSP94-2101, IACSP93-3046, IACSP94-4004, para acidez total e volátil e entre os cultivares para a acidez volátil.

Os valores encontrados para acidez total e fixa, no presente trabalho foram superiores aos valores obtidos por Homem et al. (2010) em relação aos cultivares RB72454 e RB867515 que foram de 0,81 e 0,79g $\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ L}^{-1}$ de caldo e de 1,44 e 1,42g $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3 \text{ L}^{-1}$ de caldo, respectivamente. Não houve diferenças entre os cultivares RB72454, SP81-3250 e RB867515 e entre as partes do colmo para a acidez volátil pesquisados por Homem et al. (2010), assim como também os cultivares CTC 2, CTC 6 e CTC 8.

Em relação às partes do colmo o entrenó obteve resultados semelhantes aos encontrados neste estudo como a acidez total e fixa, sendo 0,87g $\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ L}^{-1}$ de caldo e 1,57g $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3 \text{ L}^{-1}$ de caldo, respectivamente (HOMEM et al., 2010).

Na TAB. 7 é apresentado o desdobramento da interação obtida entre os Cultivares (C) x Partes do colmo (P), para a acidez volátil.

TABELA 7 - Desdobramento da Interação Cultivares (C) x Partes do colmo (P), para a Acidez Volátil (g $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2 \text{ L}^{-1}$).

Cultivares	Nó	Entrenó	Teste F
CTC 2	0,0087ABa	0,0069Aa	0,55 ^{NS}
CTC 6	0,011Aa	0,0030Ab	12,51**
CTC 8	0,0025Ba	0,0076Aa	4,45 ^{NS}
Teste F	7,24**	2,13 ^{NS}	

Letras maiúsculas comparação na vertical, e minúsculas na horizontal. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. ^{NS} e ** - Não significativo e significativo ao nível de 1 % de probabilidade pelo Teste F, respectivamente.

Não houve diferença entre os cultivares estudados quando comparados nos entrenós. O cultivar CTC 6 obteve maior valor de acidez volátil ($0,011\text{g C}_2\text{H}_4\text{O}_2\text{ L}^{-1}$ de caldo) na parte representada pelo nó, quando comparado ao entrenó, e quando comparado ao nó dos demais cultivares.

A acidez volátil não foi significativa devido à ordem de grandeza dos valores encontrados e do alto coeficiente de variação obtido que foi de 50,82%, enquanto que os coeficientes de variações da acidez total e fixa ficaram em 22,9% e 23,41%, respectivamente. O mesmo ocorreu com Homem et al. (2010) que obtiveram um coeficiente de 40,24% para acidez volátil enquanto que, para acidez total e fixa obtiveram 9,20% e 9,26%, respectivamente.

6. CONCLUSÃO

Não houveram diferenças significativas entre os cultivares estudados devido aos resultados semelhantes que obtiveram para acidez total, volátil e fixa.

Ao analisar a interação entre cultivares e partes do colmo para a acidez volátil, verificou-se que o cultivar CTC 6 obteve maior valor na parte representada pelo nó quando comparado ao entrenó, e quando comparado ao nó dos demais cultivares.

A acidez volátil não foi significativa devido à ordem de grandeza dos valores encontrados e do alto coeficiente de variação obtido que foi de 50,82%, enquanto que os coeficientes de variações da acidez total e fixa ficaram em 22,9% e 23,41%, respectivamente.

No entanto, pode-se concluir que, os valores obtidos neste estudo estão dentro dos limites estabelecidos por parâmetros, que determinam a qualidade da matéria-prima para a produção de açúcar e etanol.

7. ANEXOS

TABELA 3 - Características e reações às pragas e doenças referentes ao cultivar CTC2.

Características	CTC 2
Produtividade	
Cana-planta	Muito alta
Cana-soca	Muito alta
Exigência em fertilidade do solo	Baixa
Brotação de soqueira	Ótima
Perfilhamento	Ótimo
Fechamento nas entrelinhas	Bom
Tombamento	Médio
Florescimento	Pouco
Isoporização	Média
Teor máximo pol	Médio
Pol % cana em abril	Baixo
Teor fibra % cana	Médio
Sensibilidade a herbicidas	Não
Reação às pragas e doenças	
Ferrugem	Resistente
Carvão	Intermediária
Escaldadura	Resistente
Mosaico	Suscetível
Amarelecimento	Não
Reação à broca dos colmos	Intermediária

FONTE: Centro de Tecnologia Canavieira (2010).

TABELA 4 - Características e reações às pragas e doenças referentes ao cultivar CTC6.

Características	CTC 6
Produtividade	
Cana-planta	Alta
Cana-soca	Alta
Exigência em fertilidade do solo	Média
Brotação de soqueira	Boa
Perfilhamento	Bom
Fechamento nas entrelinhas	Bom
Tombamento	Médio
Florescimento	Pouco
Isoporização	Pouca
Teor máximo pol	Alto
Pol % cana em abril	Baixo
Teor fibra % cana	Baixo
Sensibilidade a herbicidas	Não
Reação às pragas e doenças	
Ferrugem	Resistente
Carvão	Resistente
Escaldadura	Resistente
Mosaico	Resistente
Amarelecimento	Não
Reação à broca dos colmos	Intermediária

FONTE: Centro de Tecnologia Canavieira (2010)

TABELA 5 - Características e reações às pragas e doenças referentes ao cultivar CTC8.

Características	CTC 8
Produtividade	
Cana-planta	Alta
Cana-soca	Muito alta
Exigência em fertilidade do solo	Média
Brotação de soqueira	Excelente
Perfilhamento	Ótimo
Fechamento nas entrelinhas	Bom
Tombamento	Não
Florescimento	Raro
Isoporização	Pouca
Teor máximo pol	Alto
Pol % cana em abril	Baixo
Teor fibra % cana	Alto
Sensibilidade a herbicidas	Não
Reação às pragas e doenças	
Ferrugem	Resistente
Carvão	Resistente
Escaldadura	Resistente
Mosaico	Intermediária
Amarelecimento	Não
Reação à broca dos colmos	Intermediária

FONTE: Centro de Tecnologia Canavieira (2010)